



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias
Escuela de Biología Marina

PROFESOR PATROCINANTE: Dr. Luis Miguel Pardo S.
INSTITUTO: Ciencias Marinas y Limnológicas

PROFESOR COPATROCINANTE: Dr. Eduardo Jaramillo L.
INSTITUTO: Ecología y Evolución

PROFESOR INFORMANTE: Mg. Cs. Alejandro Bravo S.
INSTITUTO: Ciencias Marinas y Limnológicas

“ISÓPODOS (CRUSTACEA: PERACARIDA) DEL ESTUARIO DEL RIO VALDIVIA, ESTRUCTURA DEL ENSAMBLE Y VARIABLES AMBIENTALES”

Tesis de Grado presentada como parte
de los requisitos para optar al grado de
Licenciado en biología Marina y
Título de Biólogo Marino.

FERNANDO ANTONIO GOYENCHE RAMIREZ

VALDIVIA – CHILE
2011

Dedicado a toda mi familia...

Con mucho amor...

Y en especial a ti Florencio y Silvia...

AGRADECIMIENTOS

Quisiera primero que todo dar las gracias a la vida que me ha entregado tantas cosas, experiencias, cariños, amistades, amores, penas, ideales, tiempo, niñez, juventud, conocimiento, valores, vida, muerte, perseverancia, disciplina, maestros, paisajes, naturaleza, desilusiones, bendiciones y demasiadas cosas que quisiera nombrar, por todo esto gracias al mas alto.

Dar las gracias a mi padre Florencio, quien puso muchos de sus esfuerzos para que este proceso concluya el día de hoy y siga mañana con muchas cosas mas y quien más que nadie quisiera haber vivido este momento junto a mí, sin duda estas en mi corazón y lo estarás por siempre. A mi madre Silvia por su inmenso amor, entrega, compañía y ejemplo de que uno siempre se puede volver a levantar. Mucho de esto te lo debo a ti.

A mis hermanas Patricia y Ainara por todas las vivencias compartidas en nuestra niñez y juventud, por los juegos, las alegrías, conversaciones y experiencias. Son una parte muy importante de mí.

A mi compañera del corazón, Katy, quien con su amor ha calado hondo en mi y me ha hecho una persona muy feliz y querida. A mi hija hermosa Ayelen que con su ternura y sensibilidad borra toda amargura. Y en quien encuentro esa motivación para hacer lo imposible.

A Marina Ester quien con su longeva vida me ha acompañado desde que abrí mis ojos y me ha encomendado siempre a la protección divina y espiritual con su devota fe me ha alejado de los males y de las desgracias.

A mis amigos y amigas del corazón con quienes hemos compartido valiosos momentos de crecimiento y de alegría en este camino que no se detiene nunca, aquellos que hoy están lejos, aquellos de la infancia y a los que he reconocido como tales en esta segunda patita de vida aquí en Valdivia.

Gracias a todos porque con un poco de sus vidas me han ayudado a formar la mía.

Gracias al profesor Luis Miguel Pardo quien puso su confianza, disposición y compartió sin egoísmo su conocimiento y tiempo para llevar a cabo este trabajo. Al profesor Alejandro Bravo por su apoyo en materia de fotografía, valiosos comentarios y correcciones.

Gracias...

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	1
SUMMARY.....	3
INTRODUCCION.....	5
HIPOTESIS DE TRABAJO.....	11
OBJETIVOS.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos.....	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Área de Estudio.....	13
Muestreo.....	17
Procedimiento Analítico.....	18
Análisis de las variables abióticas.....	18
Propiedades Físico-químicas del Agua.....	18
Sustrato.....	19
Materia Orgánica Total.....	19
Caracterización granulométrica del sedimento.....	20
Análisis de la Fauna.....	20
Índices Ecológicos Univariados.....	21
Taxonomía y Sistemática.....	23
Estructura Comunitaria.....	23

Estructura del ensamble de Isópodos.....	23
Relaciones Entre Variables Abióticas y Estructura Comunitaria.....	24
RESULTADOS.....	25
Análisis de las Variables Abióticas.....	25
Salinidad y Temperatura.....	25
Caracterización de Variables Sedimentológicas.....	31
Contenido de Materia Orgánica Total.....	31
Caracterización Granulométrica del Sedimento.....	32
Análisis de la Fauna.....	35
Riqueza Específica.....	35
Abundancia Relativa.....	38
Densidad.....	41
Índice de Diversidad.....	45
Estructura comunitaria.....	48
Estructura del Ensamble de Isópodos.....	48
Relación Entre Variables Abióticas y Estructura Comunitaria.....	55
DISCUSIÓN.....	58
CONCLUSIONES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXO I.....	85
ANEXO II.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio. Estuario Río Valdivia ($39^{\circ}51' S$; $73^{\circ}24' W$), se indican los sitios de muestreo Mancera, Los Molinos, San Carlos junto con los sitios de comparación de fauna al norte y sur del estuario: Bonifacio, La Misión, Morro Gonzalo y Huape.

Pagina 14

Figura 2. Secciones a lo largo del eje central de la Bahía de Corral y Río Valdivia para verano (enero 2001). Arriba: salinidad (en colores) y temperatura (líneas blancas) en marea llenante. Abajo: salinidad y temperatura en marea vaciante. (modificado de Ruiz 2010).

Pagina 15

Figura 3. Secciones a lo largo del eje central de la Bahía de Corral y Río Valdivia para invierno (junio 2001). Arriba: salinidad (en colores) y temperatura (líneas blancas) en marea llenante. Abajo: salinidad y temperatura en marea vaciante. (modificado de Ruiz 2010).

Pagina 16

Figura 4. San Carlos. Salinidad (psu) y temperatura ($^{\circ}C$). Media de la medición por hora (azul) y media diaria (rojo), datos sensor CTD (Conductivity, Temperature and Depth) a 5 m de profundidad. Desde abril 2008 a septiembre 2009.

Pagina 28

Figura 5. Los Molinos. Salinidad (psu) y temperatura (°C). Media de la medición por hora (azul) y media diaria (rojo), datos sensor CTD a 5 m de profundidad. Desde abril 2008 a septiembre 2009.

Pagina 29

Figura 6. Mancera. Salinidad (psu) y temperatura (°C). Media de la medición por hora (azul) y media diaria (rojo), datos CTD a 5 m profundidad. Abril 2008 a junio 2010.

Pagina 30

Figura 7. % Materia Orgánica (%MO) (círculos y triángulos) y error estándar (líneas verticales) versus meses de muestreo (noviembre 2007 a junio 2009) para sitios del estuario Río Valdivia.

Pagina 32

Figura 8. San Carlos. Contenido (%) de grava, arena y fango y error estándar (líneas verticales) desde noviembre 2007 a junio 2009.

Pagina 34

Figura 9. Los Molinos. Contenido (%) de grava, arena y fango y error estándar (líneas verticales) desde noviembre 2007 a junio 2009.

Pagina 34

Figura 10. Mancera. Contenido (%) de grava, arena y fango y error estándar (líneas verticales) desde noviembre 2007 a junio 2009.

Pagina 35

Figura 11. Riqueza específica (S) de los sitios de recolección: San Carlos, Los Molinos, Mancera y los sitios adyacentes. Al norte Pilolcura, Bonifacio, La Misión y al sur Morro Gonzalo y Huape.

Pagina 37

Figura 12. Riqueza específica (S) de los sitios de recolección: San Carlos, Los Molinos, Mancera y los sitios adyacentes. Al norte Pilolcura, Bonifacio, La Misión, y al sur Morro Gonzalo y Huape.

Pagina 38

Figura 13. Abundancia relativa del ensamble de isópodos a nivel de especies para el sitio de San Carlos en fondo sedimentario y rocoso.

Pagina 39

Figura 14. Abundancia relativa del ensamble de isópodos a nivel de especies para el sitio de Los Molinos en fondo sedimentario y rocoso.

Pagina 40

Figura 15. Abundancia relativa del ensamble de isópodos a nivel de especies para el sitio de Mancera en fondo sedimentario y rocoso.

Pagina 40

Figura 16. Densidad (ind/m^2) promedio del ensamble de isópodos para todo el periodo de muestreo y los sitios separados según tipo de fondo del estuario del Río Valdivia.

Pagina 42

Figura 17. (A) densidad (ind/m^2) promedio mensual en San Carlos en fondo sedimentario. (B) densidad (ind/m^2) promedio mensual en San Carlos en fondo rocoso. Noviembre 2007 a noviembre 2009.

Pagina 43

Figura 18. (A) densidad (ind/m^2) promedio mensual en Los Molinos en fondo sedimentario. (B) densidad (ind/m^2) promedio mensual en Los Molinos en fondo rocoso. Noviembre 2007 a noviembre 2009.

Pagina 44

Figura 19. (A) densidad (ind/m^2) promedio mensual en Mancera en fondo sedimentario. (B) densidad (ind/m^2) promedio mensual en Mancera en fondo rocoso. Noviembre 2007 a noviembre 2009.

Pagina 44

Figura 20. Diversidad de Shanonn ($H' \log_e$) y desviación estándar (líneas verticales) de fondo sedimentario para todo el periodo de muestreo.

Pagina 47

Figura 21. Diversidad de Shanonn ($H' \log_e$) y desviación estándar (líneas verticales) de fondo rocoso para todo el periodo de muestreo.

Pagina 47

Figura 22. Ordenamiento multidimensional (nMDS) para la abundancia (transformación raíz cuadrada; Índice de similitud de Bray-Curtis) del ensamble de isópodos del Río Valdivia para todo el periodo y sitios de muestreo. San Carlos (SC); Los Molinos (LM); Mancera (MAN).

Pagina 49

Figura 23. Ordenamiento multidimensional (MDS) para la abundancia (transformación raíz cuadrada; Índice de similitud de Bray-Curtis) del ensamble de isópodos del Río Valdivia para todo el periodo de muestreo, según tipo de fondo

Pagina 51

Figura 24. Ordenamiento multidimensional (nMDS) para la abundancia (transformación raíz cuadrada; Índice de similitud de Bray-Curtis) del ensamble de isópodos del Río Valdivia para todo el periodo de muestreo para cada sitio y tipo de fondo. San Carlos fondo sedimentario (SC Sed); San Carlos fondo rocoso (SC Roc); Los Molinos sedimentario (LM Sed); Los Molinos rocoso (LM Roc); Mancera sedimentario (MAN Sed); Mancera rocoso (MAN Roc).

Pagina 51

Figura 25. Ordenamiento espacial de las principales especies del ensamble de isópodos que contribuyen en similitud a cada sitio con su respectivo tipo de fondo. San Carlos sedimentario (A= *Isocladus* sp, B= *Isocladus bahamondei*); San Carlos rocoso (C= *Edothea dalhi*, D= *Cymodocella foveolata*); E= nMDS de todos los sitios y tipos de fondo; Los Molinos sedimentario (F= *Edothea transversa*, G= *Cristaserolis plana*); Los Molinos rocoso (D= *Cymodocella foveolata*, H= *Cleantis linearis*).

Pagina 54

Figura 26. (A) Ordenamiento espacial de los sitios de muestreo en base a la matriz de distancia Euclidiana de variables físicas de mejor correlación con la estructura biológica del ensamble de isópodos de fondo sedimentario. San Carlos (SC), Los Molinos (LM) y Mancera (MAN). nMDS para la variable %MO (B). nMDS para la variable % grava (C). NMDS para la variable salinidad (D).

Pagina 57

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultado en porcentaje del análisis granulométrico y materia orgánica para cada mes y sitio de muestreo dentro del estuario.

Pagina 85

Tabla 2. ANOVA on ranks (análisis de una vía Kruskal-Wallis) de % materia orgánica total para San Carlos, Los Molinos y Mancera.

Pagina 86

Tabla 3. Test Tukey. Procedimiento de comparación de múltiples pares entre datos de % materia orgánica total para los sitios San Carlos, Los Molinos y Mancera.

Pagina 86

Tabla 4. Especies presentes en el estuario de Río Valdivia y sitios control adyacentes por tipo de fondo: fondo sedimentario (S) y fondo rocoso (R). San Carlos (SC), Los Molinos (LM), Mancera (MAN), Pilolcura (PIL), Bonifacio (BON), La Misión (LAM), Morro Gonzalo (MG) y Huape (HUA).

Pagina 87

Tabla 5. ANOVA on rank (una vía Kruskal-Wallis) de densidad promedio por sitio por sustrato. San Carlos (SC), Los Molinos (LM), Mancera (MAN), fondo sedimentario (Sed) y fondo rocoso (Roc).

Pagina 88

Tabla 6. Densidad (ind/m^2) promedio mensual para los tres sitios de estudio del estuario del Río Valdivia San Carlos, Los Molinos y Mancera en fondo sedimentario y rocoso.

Pagina 89

Tabla 7. Test Tukey. Procedimiento de comparación de pares múltiples entre datos de densidad promedio (ind/m^2), para los sitios San Carlos (SC), Los Molinos (LM) y Mancera (MAN) en fondo sedimentario (Sed) y rocoso (Roc).

Pagina 90

Tabla 8. ANOVA factorial sobre el índice de diversidad de Shannon – Weiner (\log_e) para los sitios de estudio San Carlos, Los Molinos y Mancera. Factores: sitio, mes y sustrato.

Pagina 91

Tabla 9. ANOSIM entre sitios SC= San Carlos, LM= Los Molinos y M= Mancera en base a matriz de similitud Bray-Curtis, previa transformación de los datos a la raíz cuadrada. Test global y test de grupos pareados.

Pagina 92

Tabla 10. ANOSIM. Test Global entre tipo de fondo, sedimentario y rocoso, en base a matriz de similitud Bray-Curtis, previa transformación de los datos a la raíz cuadrada entre los sitios San Carlos, Los Molinos y Mancera.

Pagina 92

Tabla 11. ANOSIM entre sitios San Carlos (SC), Los Molinos (LM) y Mancera (MAN) y sus respectivos tipos de fondo: sedimentario (Sed) y rocoso (Roc). En base a matriz de similitud Bray-Curtis, previa transformación de los datos a la raíz cuadrada. Test global y test de grupos pareados.

Pagina 93

Tabla 12. Resultados de la rutina SIMPER de Primer v6. Especies y contribuciones porcentuales que definen la similitud intra grupos. Para los sitios San Carlos (SC) y Los Molinos (LM) en fondo sedimentario (Sed) y rocoso (Roc). AP= abundancia promedio; SP= similitud promedio; SimDS= desviación estándar similitud; Contrib%= contribución porcentual; %Acum= porcentaje acumulativo.

Pagina 94

Tabla 13. Resultados de la rutina SIMPER de Primer v6. Especies y contribuciones porcentuales que definen la disimilitud entre grupos. Para los sitios San Carlos (SC) y Los Molinos (LM) en fondo sedimentario (Sed) y rocoso (Roc). AP= abundancia promedio; DIP= disimilitud promedio; DisDS= desviación estándar disimilitud; Contrib%= contribución porcentual; %Acum= porcentaje acumulativo.

Pagina 96

Tabla 14. ANOSIM entre los sitios del estuario del rio Valdivia San Carlos (SC), Los Molinos (LM) y Mancera (MAN) en base a matriz de similitud Euclidiana de variables ambientales x meses x sitios.

Pagina 96

Tabla 15. Lista de las 17 especies pertenecientes a 8 familias, de las que 6 especies habían sido registradas para la zona, 10 amplían su distribución geográfica y 1 presenta su primer registro para Chile.

Página 97

RESUMEN

Las comunidades bentónicas están influenciadas por una variedad de procesos a diferentes escalas espaciales y temporales. La estructura comunitaria y la composición son resultado de la interacción entre los factores ambientales y bióticos. Los ecosistemas estuarinos presentan una alta variabilidad temporal y espacial de estos mismos factores, por lo que los macroinvertebrados bentónicos, tales como los crustáceos-peracaridos, muestran cambios considerables en su estructura y composición como respuesta a los diversos factores ambientales. El objetivo de este estudio es determinar la dinámica espacio-temporal de la diversidad de isópodos del estuario del Río Valdivia-Chile, para lo cual se colectaron muestras biológicas submareales en fondo sedimentario y rocoso. Paralelamente se obtuvo muestras de sedimento y se instaló un CTD para registrar salinidad y temperatura. Esto en tres sitios del estuario en un gradiente ambiental. Para describir la distribución espacial y temporal se utilizó análisis univariados de riqueza, abundancia relativa, densidad y diversidad. Para la estructura comunitaria se utilizó técnicas multivariadas ANOSIM y nMDS y para relacionar las variables físicas con las biológicas se utilizó la rutina BIO-ENV del programa PRIMER v6.

Los resultados muestran la presencia de 17 especies y un total de 7073 individuos, 14 especies ocurrieron en fondo sedimentario con 6099 individuos y 13 especies en fondo rocoso con 974 individuos. Las mayores densidades fueron registradas en fondo sedimentario en San Carlos y Los Molinos, siendo los grupos más abundantes Sphaeromatidos del género *Isocladus* y la familia Idoteidae, respectivamente. Según el análisis multivariado se observó que San Carlos y Los Molinos en fondo sedimentario

presentan un ensamble de isópodos particular y distinto significativamente entre si, no así en fondo rocoso donde se observaron mayores similitudes. Mancera sitio ubicado en la zona interna del estuario presentó una baja ocurrencia de individuos, bajas densidades y diversidad. Esta estructura se encuentra asociada a las variables ambientales que determinan la dinámica de un estuario, tales como salinidad, composición del sedimento y %MO. Por último los resultados demostraron diferencias significativas en la estructura del ensamble de isópodos a través de una gradiente ambiental en el estuario del Rio Valdivia.

SUMMARY

Benthic communities are influenced by a variety of processes at different temporal and spatial scales. Their community structure is the outcome of interactions between environmental and biotic factors. The estuarine ecosystems have high temporal and spatial variability, thus benthic macroinvertebrate such peracarid-crustaceans show substantial changes in structure and composition in response to a variety of environmental factors. The aim of this study was to study the spatial and temporal dynamic of the isopods diversity in the Valdivia River estuary (southern Chile). Thus, subtidal biological samples on sedimentary and rocky bottoms were collected. At each site sediment samples were collected to describe sediment quality and CTD was maintained on site to record water salinity and temperature. This sampling was carried out at San Carlos, Los Molinos and Mancera, all these located along an environmental estuarine gradient. To describe spatial and temporal distribution univariate analyses was used such as richness, relative abundance, density and diversity. For the community structure multivariate analyses ANOSIM and nMDS was used and to related physical and biological variables BIO-ENV routine of PRIMER v6 was carried out.

The results indicate the presence of 17 species and a total of 7073 individuals, 6099 and 14 species occurred on sedimentary bottoms and 974 individuals and 13 species in rocky bottom. The highest densities were recorded in the sediments bottoms of San Carlos and Los Molinos, being the most abundant the Sphaeromatids genus *Isocladus* and the family Idoteidae, respectively. According to multivariate analysis we observed that sedimentary bottom of San Carlos and Los Molinos have a particular and statistically different isopod assemblage from each other, but not in rocky bottoms where there were

more similarities. Mancera site located in the inner zone of the estuary present a reduced occurrence of individuals, low density and diversity. This structure is associated with the environmental variables that determine the dynamics of an estuary, such as water salinity, sediment composition and % organic matter (OM). Thus significant differences were observed in the community structure of the isopod assemblage along the environmental gradient studied in the Valdivia river estuary.

INTRODUCCIÓN

Las comunidades biológicas están influenciadas por una variedad de procesos que tienen lugar a diferentes escalas temporales y espaciales (Álvarez-Cabria *et al.* 2011). Adicionalmente la estructura y composición comunitaria puede ser vista como el resultado de la interacción entre los factores bióticos y ambientales, por lo que los límites de distribución de cada especie reflejan su relación con el ambiente, incluyendo por ejemplo las respuestas fisiológicas a las características físico-químicas del ambiente y las diversas interacciones con otras especies (ej. depredadores, presas, patógenos, hospedadores de parásitos, agentes de dispersión) (Schluter and Ricklefs 1993). Así la diversidad ecológica revela el grado en que cada especie llena un nicho determinado, por lo que puede dar una idea de la regulación local de la diversidad (Cousins 1991). La fenomenología de la diversidad de comunidades incluye patrones de variación con respecto al tamaño de la muestra (curva especies/área), condiciones ecológicas (gradiente latitudinal de diversidad) y similitud entre muestras (intercambio de especies a través de gradientes y comparaciones entre continentes) (Schluter and Ricklefs 1993). Estudios ecológicos han descubierto relaciones entre los datos de abundancia y diversidad con la latitud, el clima, la productividad biológica, heterogeneidad del hábitat y perturbaciones (Schluter and Ricklefs 1993), muchas de estas relaciones han sido sugeridas como mecanismos que regulan la diversidad.

Las perturbaciones están definidas como cualquier evento que provoque cambios en las comunidades o en su ambiente, capaces de generar desde mortalidad denso-independiente a cambios en el recurso base de una comunidad (Zajac and Whitlatch 1982; Sousa 1984). En su nivel más alto son capaces de excluir especies del ambiente, y por otro

lado en su nivel más bajo o casi nulo permiten la exclusión competitiva por las especies competidoras superiores que acaban dominando el ambiente. Ambos casos reducen la biodiversidad. Por lo que las perturbaciones a niveles moderados en los ambientes, resultan en una mayor diversidad de especies, esta es la “hipótesis de las perturbaciones intermedias” (Paine 1966; Connell 1978; Huston 1979). Estas han sido reportadas como factor importante que influye en la estructura comunitaria, por lo tanto en la riqueza y diversidad de especies (Zajac and Whitlatch 1982; Brey 1991). Los estudios que examinan la heterogeneidad ambiental indican que las respuestas de las especies y las comunidades a las perturbaciones pueden ser afectadas por una variedad de factores bióticos y abióticos. También se ha mencionado que la diversidad puede ser mantenida por reducciones periódicas en las poblaciones o por una baja tasa de exclusión por competencia, esta es la hipótesis del equilibrio dinámico (Huston 1979). La producción biológica también ha sido relacionada con la diversidad, proponiéndose que en ambientes poco fértiles, se reduce la diversidad a través de la limitación por nutrientes, mientras que en ambientes muy fértiles tal limitación es removida y la diversidad de la comunidad resulta de la exclusión por competencia (Rosenzweig and Abramsky 1993).

La biodiversidad es la unidad básica de muchas de las ciencias biológicas y ecológicas, ya que las unidades de estudio de estas son las especies. El desconocimiento de la existencia de una especie hace incompleto el conocimiento biológico de los ambientes estudiados. En el ámbito de la ecología reduce la comprensión amplia de los procesos tales como competencia, facilitación y depredación que se llevan a cabo en las comunidades de estudio. El dato fundamental en los estudios de biodiversidad es el número de especies en los distintos sistemas estudiados. Sin embargo es común en muchos estudios, el mero conteo de especies, asignándole el mismo peso o valor a todos los taxa o especies

involucradas, indistintamente si ellos ocurren repetidamente en el muestreo o si están representados por un solo individuo. Para esto se han ideado índices de diversidad que ponderan la contribución de las especies de acuerdo a su abundancia (Whittaker 1972).

En los últimos años ha surgido un gran interés por la cuantificación y valoración de la diversidad biológica (Simpson 2002), sobre todo en ambientes poco estudiados, como lo son las profundidades del océano (Kensley 1982; Brandt 1997; Bruce 2008), las islas oceánicas (Sivertsen and Holthuis 1980; Kensley 2003), los hábitats polares árticos y antárticos (Brandt 1999; Brandt *et al.* 1999; Choudhury and Brandt 2007; Choudhury and Brandt 2009). Este proceso también ha ocurrido en nuestro país, notándose un incremento en el interés y las investigaciones científicas y en los programas gubernamentales como el programa de investigación CIMAR-fiordos (Cruceros de Investigación Marina en Áreas Remotas, Comité Oceanográfico Nacional; CONA) tendientes a conocer la biodiversidad de especies que habitan nuestro país, tanto en sus aguas como en el ambiente terrestre. Estos estudios han sido dirigidos hacia ambientes poco conocidos, como las costas australes de Chile, fiordos e islas oceánicas (Winkler 1992; Winkler 1994; Lorenti and Mariani 1997; Kensley 2003; Ríos *et al.* 2003; Doti *et al.* 2005; Ríos *et al.* 2010) y/o principalmente focalizados sobre grupos de especies conspicuas o en ambientes recientemente descubiertos (i.e. fuentes hidrotermales) o recientemente investigados, como la fosa de Atacama (Aydogan *et al.* 2000). Así pequeños crustáceos tales como los isópodos marinos han tenido poca atención en el ambiente estuarino, a pesar de ser un grupo diverso, muy abundante y con alta relevancia ecológica (Menzies 1962; Toft *et al.* 2002; Espinoza-Pérez and Hendrickx 2006).

Uno de los ambientes con menor conocimiento respecto a biodiversidad de crustáceos peracaridos son los estuarios, a pesar de ser ambientes frecuentes en la geografía del sur de Chile. El ecosistema estuarino es altamente dinámico, debido a los factores físicos, químicos y biológicos que lo determinan (Pritchard 1967; Niemayer y Cereceda 1984; Werlinger 2004). En este tipo de ambiente costero se produce la mezcla entre las aguas continentales drenadas a través de los ríos y las aguas marinas aportadas por el océano, generando una interacción entre las masas de agua que provoca consecuencias en la distribución de las propiedades de la columna de agua originando amplios gradientes en salinidad, temperatura y densidad (Stuardo y Valdovinos 1989). Las corrientes superficiales generadas por los vientos y las corrientes más profundas generadas por los movimientos de mareas y por el caudal del río, determinan diferentes condiciones de aporte y transporte de sedimento, generando de este modo distintos mecanismos y zonas de sedimentación y/o resuspensión, las que en conjunto resultan en diferentes facies sedimentológicas (Pritchard 1967; Rojas 1985; Low 1993). Todos estos factores generan una amplia gama de ambientes disponibles para las comunidades de especies bentónicas, lo cual está correlacionado positivamente con la diversidad (Huston 1979). Así, un incremento en la heterogeneidad ambiental estaría emparejado con un incremento en la diversidad.

Sin embargo son pocos los organismos que han podido adaptarse a ambientes tan variables como los estuarios, muchos de ellos basan su éxito ecológico en el uso, en alguna parte del ciclo de vida, de estos ambientes, como áreas de crianza, desove o reclutamiento (Beck *et al.* 2001). Uno de los grupos más abundantes, tanto en ambientes marinos como estuarinos son los Crustáceos Peracáridos. Estos habitualmente exceden en abundancia y diversidad de especies a los demás grupos de crustáceos e incluso a los otros grupos de invertebrados (Jaramillo 1982; Jaramillo *et al.* 1985; Gonzalez y Thiel 2004; Gonzalez *et*

al. 2008). Dentro de los peracaridos, destaca en abundancia y riqueza de especies el grupo de los isópodos. Los isópodos son de gran importancia en la ecología, ya que muchos de ellos son detritívoros y sirven de alimento para otros organismos superiores, especialmente otros crustáceos y peces (Pires 1987; Muñoz and Ojeda 1998), aportando significativamente a la transferencia de energía a través de la trama trófica. Además este grupo es de gran interés en materias ecológicas como potenciales indicadores de biodiversidad y cambios medioambientales (Ferrando *et al.* 2010), junto con ser usados como bio-indicadores de contaminación (Giarratano *et al.* 2007) y en estudios biogeográficos (Brandt *et al.* 1999; Camus 2001; Espinoza-Pérez and Hendrickx 2006). En Chile, los estudios sobre distribución y diversidad de isópodos se han centrado en playas de arena y planicies mareales (Carvacho 1977; Jaramillo 1977; Carvacho 1982; Jaramillo 1982; Carvacho y Saavedra 1994; Carvacho 1997; Carvacho 1997) y en los mares australes y subantárticos (Brandt *et al.* 1997; Lorenti and Mariani 1997; Castelló 2004; Doti *et al.* 2005). Así la información sobre diversidad de isópodos estuarinos chilenos y de los factores abióticos del ambiente que pueden regular su ensamble y diversidad es escasa (Menzies 1962). Dentro de la escasa información de isópodos en ambiente estuarinos, destaca el registro de *Uromunna schauinslandi*, especie colectada en el Estero de Reloncaví y señalada como eurihalina (Menzies 1962). En Sudáfrica y Oceanía han habido mayores registros de isópodos estuarinos, tales como *Cirolana fluviatilis* y *Exosphaeroma hylocoetes*, especies eurihalinas y euritermas (sobrevivencia entre 7-35ppm) (Newman *et al.* 2007; Henninger *et al.* 2008).

El complejo estuarial Valdivia-Tornagaleones, ubicado en la Región de Los Ríos ha sido caracterizado como un ambiente de origen tectónico formado principalmente por terrazas costeras constituidas por arenisca volcánica, de allí que sus fondos sedimentarios

posean arena como sedimento predominante (Low 1993; Pino *et al.* 1994). También han sido mencionados como componentes de los fondos sedimentarios, el aporte derivado de las rocas metamórficas, como grava, en zonas de mayor velocidad de transporte y resuspensión, y fango en zonas de baja velocidad de transporte y resuspensión. La materia orgánica deriva principalmente de la vegetación palustre de las áreas inundadas predominantes en las riveras del estuario. En el estuario del Río Valdivia, Low (1993) estudio la distribución y abundancia de la macrofauna bentónica y la distribución de las facies sedimentológicas, encontrando grupos faunísticos asociados a sedimentos característicos en ciertas zonas del estuario. También encontró una riqueza de especies mayor que en los estuarios, Lingue y Queule, de la misma zona y de menor tamaño. Por otro lado el complejo estuarial Valdivia-Tornagaleones ha sido investigado en relación a la dinámica de su circulación, transporte de sedimento, distribución de la salinidad y de materia particulada por Pino *et al.* (1994) y en relación a sus características hidrográficas y estratificación de la columna de agua por Ruiz (2010). Este estuario es uno de los mas importantes dentro de la costa centro-sur de Chile (ca. 37° - 41° S), la cual se caracteriza por la presencia de numerosos estuarios micromareales de 1 a 2 m de rango mareal y de regulación andina (Pino *et al.* 1994).

De esta forma, este trabajo tiene como objetivo determinar la composición específica y la dinámica temporal de la diversidad de isópodos en uno de los primeros estuarios nord-patagónicos de Chile, el estuario del Río Valdivia-Tornagalones. Esto en una mesoescala espacial con un fuerte gradiente estuarino, el cual permitirá además observar los cambios en diversidad en relación a los factores ambientales dominantes (temperatura, salinidad, materia orgánica y tipo de sustrato) en cada sección del estuario.

HIPOTESIS DE TRABAJO

H₁: La estructura del ensamble de isópodos del Río Valdivia está asociada a la variabilidad de los factores abióticos dados por el gradiente ambiental del estuario.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la dinámica espacio-temporal de la diversidad de isópodos en el estuario del Río Valdivia.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1 Revisar la biología y distribución de isópodos registrados para costas chilenas.
- 2 Identificar las especies del grupo de isópodos que ocurren en el estuario del Río Valdivia.
- 3 Cuantificar la abundancia de las especies del grupo de isópodos que ocurren en el estuario del Río Valdivia.
- 4 Determinar las variaciones de los índices de diversidad biológica para los ensambles de isópodos del estuario del Río Valdivia, en una escala temporal y espacial.
- 5 Evaluar la asociación de factores abióticos como salinidad, temperatura, materia orgánica del sedimento y tipo de sustrato, sobre la biodiversidad de isópodos.

MATERIALES Y METODOS.

Área de Estudio

Este estudio se realizó en la zona centro sur de Chile en la boca del complejo estuarial Valdivia-Tornagaleones (39°51' S; 73°24' W), XIV Región de Los Ríos, en tres sitios de muestreo en un gradiente de exposición marina de menor a mayor grado; Mancera (39°53'48''LS; 73°23'33''LW), Los Molinos (39°50'53''LS; 73°23'44''LW) y San Carlos (39°51'35''LS; 73°26'28''LW) respectivamente (Fig. 1). El Río Valdivia se caracteriza por originarse de una cadena de lagos andinos dispuestos en serie que evacuan a través del Río San Pedro, que al juntarse con el Río Quinchilca origina el Río Calle-Calle, este último al fusionarse con el Río Cruces, proveniente del norte de una subcuenca preandina, van a formar el Río Valdivia el que finalmente forma el estuario, que desemboca en la Bahía de Corral (Fig 1). Así la extensión total de la cuenca es de 10.275 km² (Niemayer y Cereceda 1984; Pino *et al.* 1994; Cade-Idepe 2004).

Es un estuario abierto que no forma barra en su desembocadura, presenta un régimen pluvial estacional con un promedio anual de descarga de agua dulce de 475 m³ s⁻¹ siendo máximo en invierno (aproximadamente 980 m³ s⁻¹ en julio) y mínimo en verano (aproximadamente 132 m³ s⁻¹ en marzo) (Arcos *et al.* 2000). La boca del estuario tiene un ancho aproximado de 600 m y las profundidades varían de los 3 a los 10 m. Los sedimentos de fondo del Río Valdivia son principalmente arenosos, debido a que la mayoría de los sedimentos litorales provienen de terrazas costeras formadas por arenisca volcánica, gravas provenientes de las rocas metamórficas desarrollan depósitos dentro de los canales del río,

y micas las cuales son depositadas junto al fango en las áreas de circulación reducida (Pino *et al.* 1994).

El régimen mareal de la Bahía de Corral es semi-diurno, con una desigualdad diaria promedio de 0,8 m, variando de 1,48 m en mareas de sicigia a 0,53 m en mareas de cuadratura (Pino *et al.* 1994). Así el estuario del Río Valdivia se puede clasificar como un estuario micromareal, de cuña salina (Pino *et al.* 1994; Arcos *et al.* 2000; Ruiz 2010; Werlinger 2004).

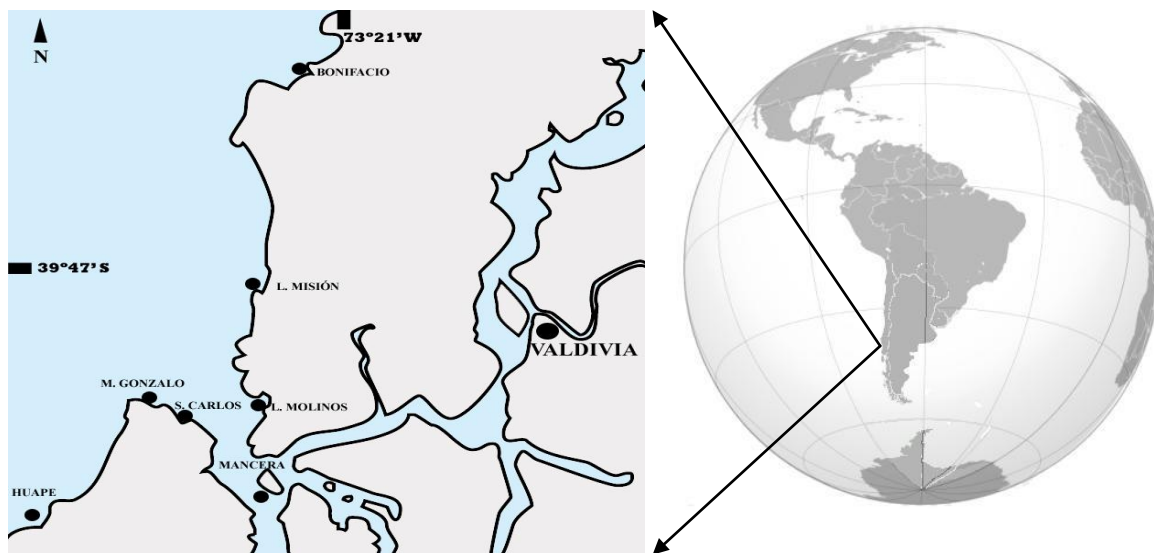


Figura 1. Mapa del área de estudio. Estuario Río Valdivia (39°51' S; 73°24' W), se indican los sitios de muestreo Mancera, Los Molinos, San Carlos junto con los sitios de comparación de fauna al norte y sur del estuario: Bonifacio, La Misión, Morro Gonzalo y Huape.

El complejo estuarial Valdivia-Tornagaleones presenta una orientación al norte, provocando una diferencia en el nivel de exposición de los sitios de muestreo, San Carlos ubicado en la cara sur de la bahía presenta una exposición N-W, en cambio Los Molinos emplazado en la cara norte mas resguardado debido a la forma particular de su costa una exposición moderada. Mancera se presenta en la zona media del estuario sin exposición directa del frente marino.

Para caracterizar la zona de muestreo se presentan las secciones del estuario con los parámetros físico-químicos salinidad y temperatura de la bahía de Corral y el Río Valdivia, durante verano (Fig. 2) e invierno (Fig. 3), en marea creciente y vaciante.

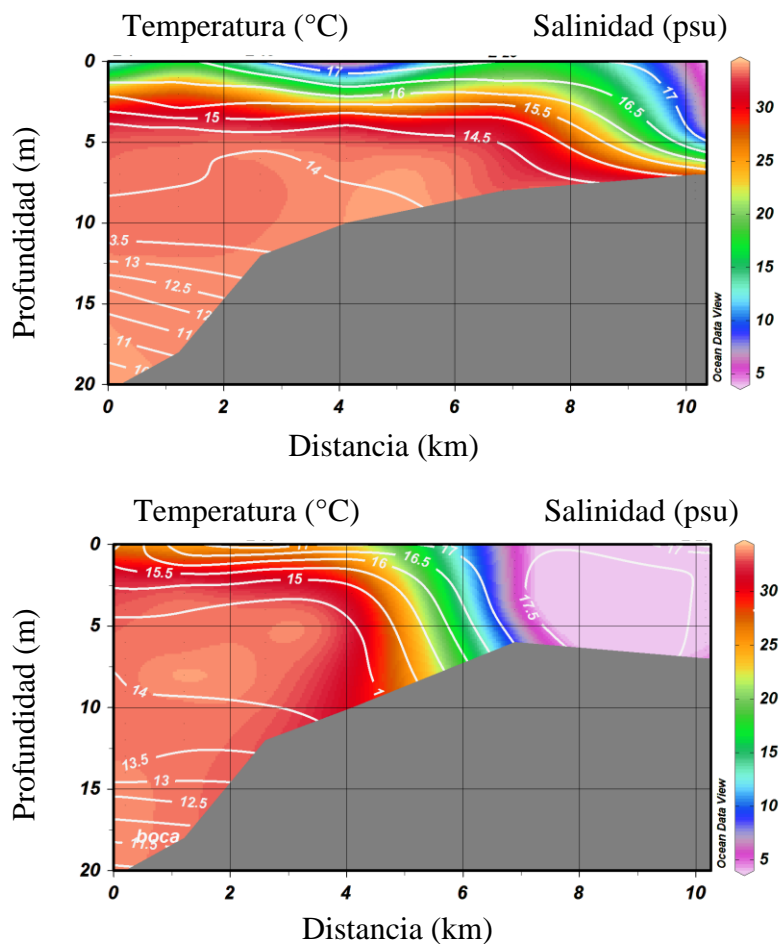


Figura 2. Secciones a lo largo del eje central de la Bahía de Corral y Río Valdivia para verano (enero 2001). Arriba: salinidad (en colores) y temperatura (líneas blancas) en marea creciente. Abajo: salinidad y temperatura en marea vaciante. (modificado de Ruiz 2010).

En verano se observa que la salinidad en la boca del estuario (San Carlos y Los Molinos) presenta una haloclina superficial entre los 0 y 5 m, en el fondo una salinidad superior a 30 psu, tanto en marea creciente y vaciante. Un patrón similar se registro con la temperatura. En cambio en la zona media del estuario (Mancera) se presenta la haloclina en un mayor rango de profundidad, no obstante de igual forma presenta una salinidad mayor a 30 psu en el fondo, y en marea vaciante se observa una zona de mezcla en cuanto a salinidad y temperatura desde la superficie al fondo.

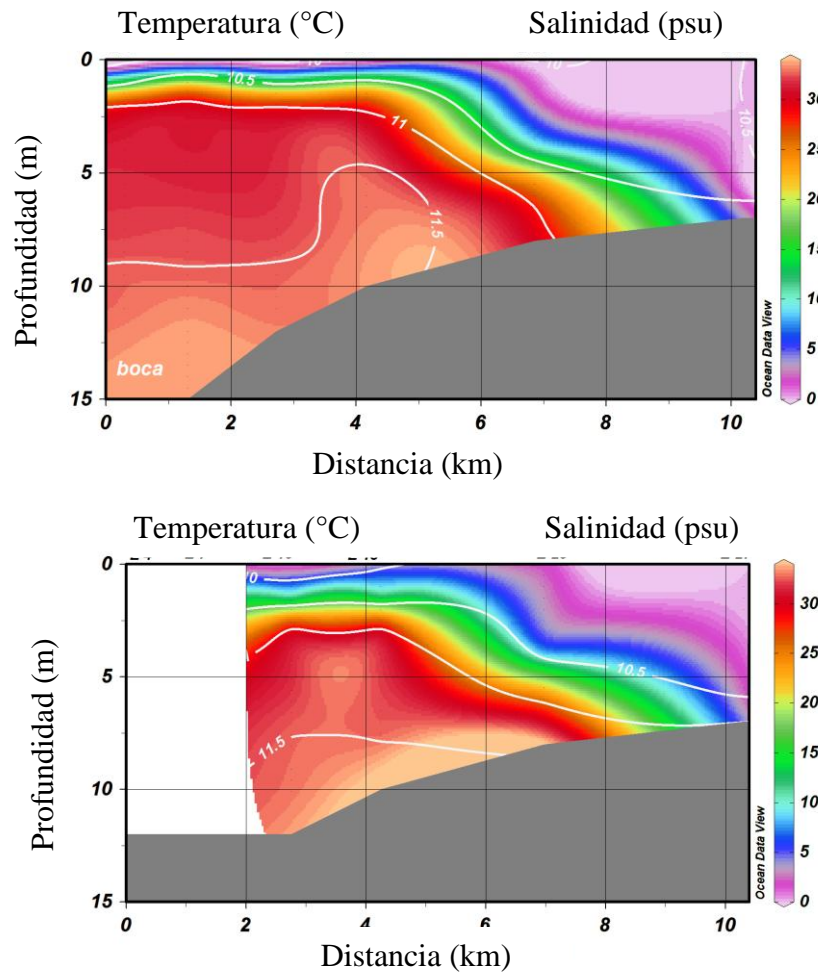


Figura 3. Secciones a lo largo del eje central de la Bahía de Corral y Río Valdivia para invierno (junio 2001). Arriba: salinidad (en colores) y temperatura (líneas blancas) en marea creciente. Abajo: salinidad y temperatura en marea vaciante. (modificado de Ruiz 2010).

En invierno se observa una menor penetración de la cuña salina en el estuario, debido principalmente al aporte mayor de agua dulce debido al aumento del caudal del río. Así la salinidad en la boca del estuario (San Carlos y Los Molinos) presenta una haloclina superficial teniendo en el fondo una salinidad superior a 30 psu, en marea creciente y en marea vaciante la haloclina se presenta en un rango de profundidad mayor a la marea creciente y la cuña marina aun mas disminuida. Similar patrón con la temperatura. En cambio en la zona media del estuario (Mancera) se presenta la haloclina en un mayor rango de profundidad, no obstante de igual forma una salinidad mayor a 30 psu en el fondo, y en marea vaciante se observa una zona de mezcla en cuanto a salinidad y temperatura desde la superficie al fondo.

Muestreo

Se realizaron campañas mensuales de muestreo durante dos años, noviembre de 2007 a noviembre de 2009, estos fueron submareales (5-8 m) mediante buceo autónomo y semiautónomo, utilizando el método de succión de fondo. En cada sitio se colectó un total de 14 muestras (n=14) utilizando un cuadrante de 0,25 m². Considerando el número estándar de réplicas para investigaciones de diversidad, este número es un balance entre lo óptimo y lo posible. Las muestras fueron tomadas al azar, 7 sobre sustrato sedimentario y 7 sobre sustrato rocoso. Además se realizó muestreos puntuales, durante la época estival, en zonas costeras adyacentes al norte y al sur del estuario con propósitos comparativos de la composición faunística del ensamble de isópodos. Estos sitios fueron; al norte Pilolcura (39°40'07''S; 73°21'23''W), Bonifacio (39°41'28''S; 73°23'02''W), La Misión (39°47'42''S; 73°23'49''W) y al sur Morro Gonzalo (39°51'08''S; 73°28'18''W) y Huape

(39°54'56''S; 73°31'59''W). Las muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas, etiquetadas y transportadas al Laboratorio Costero de Recursos Acuáticos Calfuco de la Universidad Austral de Chile, donde fueron conservadas bajo congelamiento para su posterior análisis.

PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

Análisis de variables abióticas.

Propiedades físico-químicas del agua

Para caracterizar las propiedades físico-químicas del agua (salinidad y temperatura) en los sitios de estudio en el estuario del Río Valdivia, San Carlos, Los Molinos y Mancera se instaló un sensor mini-CTD Star Oddi ® (Conductivity, Temperature and Depth) a 10 cm del fondo a una profundidad de 5 m. Este instrumento registró la salinidad, la temperatura y la profundidad a intervalos continuos de 10 minutos desde noviembre 2007 a junio 2009. De esta forma se obtuvo el promedio por hora y el promedio diario de los registros. A su vez se calculó el promedio mensual con el propósito de comparar espacial y estacionalmente los sitios de estudio. Estos promedios fueron tabulados para ser entregados como resultados. Se graficó el valor por hora y el valor diario de estos parámetros por separado para cada sitio con el propósito de representar de manera visual la variación de estos parámetros a lo largo del tiempo.

Sustrato

Para el análisis de las variables sedimentológicas de cada sitio de estudio del estuario del Río Valdivia, se colectaron 3 testigos, mediante buceo autónomo y semiautónomo, utilizando un core de 10 cm de diámetro. Las muestras fueron almacenadas en bolsas y etiquetadas para su posterior análisis en laboratorio.

Materia Orgánica Total (MOT)

El contenido de materia orgánica del sedimento fue determinado mediante la técnica de pérdida de peso por calcinamiento (Byers *et al.* 1978). Se tomó una submuestra de 20 gr aproximadamente de cada muestra y se dejó secar en una estufa a 60°C por 24 h, luego se registró el peso de la muestra. Una vez seco el sedimento se procedió a disgregar el material en un mortero de porcelana y se dejó calcinar en la mufla a 475°C por 4-6 h, finalmente se pesaron las muestras y los resultados se expresaron en porcentaje (%) de materia orgánica.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA on ranks), con el fin de testear diferencias significativas en el contenido de materia orgánica total entre los sitios. Posterior a esto se realizó la comparación de pares múltiples mediante test de Tukey para obtener la significancia de tales diferencias entre los sitios.

Caracterización granulométrica del sedimento.

Tomando en cuenta el valor total de sedimento extraído en cada muestreo, se obtuvo la fracción porcentual de tamaño de grano predominante para cada sitio y para el período de muestreo, mediante el análisis de proporcionalidad simple. En el Laboratorio Costero de Recursos Acuáticos Calfuco de la Universidad Austral de Chile se efectuó esta caracterización granulométrica colando cada réplica con dos tamices, el primero de 1000 μm para separar el contenido de grava, el segundo de 63 μm para obtener la fracción de arena y el sobrante, el contenido de fango. Estos fueron secados en una estufa a 60°C por 24 h, luego pesados, los resultados fueron expresados en porcentaje de cada fracción del sedimento (% grava, % arena y % fango). Se graficó por separado para cada sitio de muestreo el porcentaje de cada fracción de sedimento con el fin de expresar visualmente las características granulométricas de cada uno de ellos

Análisis de la Fauna

El análisis de la fauna de isópodos del estuario del Río Valdivia fue realizado en el Laboratorio Costero de Recursos Acuáticos de Calfuco. El material biológico extraído de las succiones y separado del sedimento fue preservado en alcohol al 70% en agua destilada y la fauna fue identificada al nivel taxonómico mas bajo posible, mediante el uso de una lupa estereoscópica. También se realizaron disecciones y análisis con microscopía óptica con el fin de observar las características diagnósticas y hacer la comparación con la literatura disponible (Menzies 1962; Jaramillo 1977; Carvacho 1982; Jaramillo 1982; Harrison and Ellis 1991; Carvacho y Saavedra 1994; Carvacho 1997; Carvacho 1997).

Luego de identificados y contabilizados cada uno de los individuos colectados, se tabularon los datos de abundancia de especies en una planilla (replica x especies) para cada sitio de muestreo, esta contendrá la información básica para los análisis comunitarios posteriores.

Índices ecológicos univariados

Se obtuvo la riqueza específica (S) para todo el período de muestreo, para los sitios de estudio del estuario del Río Valdivia y para los sitios de comparación al norte y al sur de este. Asimismo, se obtuvo este valor por separado, para el sustrato sedimentario y rocoso de cada sitio. Se realizó una comparación de la riqueza específica entre los sitios del estuario y los sitios muestreados fuera de este, tomando en cuenta solo un período de muestreo para estandarizar la comparación. Ambos análisis fueron graficados con el fin de representar visualmente las diferencias.

La abundancia relativa fue calculada para los sitios del estuario del Río Valdivia tomando la composición cuantitativa de cada tipo de fondo, sedimentario y rocoso, como un subtotal en base al cual se obtuvo el porcentaje de contribución de cada especie.

La densidad promedio para cada sitio por tipo de fondo para todo el período de muestreo fue calculada y expresada como número de individuos/m². Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA on Rank) y una prueba posterior de Tukey, para determinar las diferencias en la densidad respecto de los sitios y sus respectivos sustratos analizados. Este análisis fue realizado con el programa SigmaPlot 11. Se calculó la

densidad mensual de individuos para los sitios estudiados, según tipo de fondo y se estandarizó a individuos/m². Para evidenciar la variabilidad temporal de este parámetro los valores obtenidos fueron graficados.

Se calculó el índice de Shannon-Weiner (H') para estimar la biodiversidad (α) de cada réplica y obtener el promedio mensual con su desviación. Esto fue realizado para cada sitio del estuario del Río Valdivia y segregado según el tipo de fondo. Este es un índice de equidad que está basado en la estructura de la comunidad, expresa la uniformidad de los valores de importancia (abundancia) a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre para predecir a que especie pertenecerá el siguiente individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Camargo 1995; Hill 1997; Moreno 2001). La mayor limitante de este índice es que no toma en cuenta la distribución espacial de las especies en el ambiente.

Con el objeto de evaluar posibles diferencias estadísticamente significativas entre el índice de diversidad obtenido para cada sitio, mes y tipo de sustrato (sedimentario y rocoso) se realizó un análisis de varianza (ANOVA factorial) en el programa STATISTICA 7.

Taxonomía y sistemática

Se identificaron las especies de isópodos colectados durante los dos años al nivel taxonómico mas bajo posible con la ayuda de la literatura especializada (Boone 1920; Menzies 1962; Glynn and Glynn 1974; Carvacho 1977; Jaramillo 1977; Sivertsen and Holthuis 1980; Carvacho 1982; Jaramillo 1982; Harrison and Ellis 1991; Carvacho y Saavedra 1994; Carvacho 1997; Carvacho 1997; Keable 2006; Rocha-Ramírez *et al.* 2010) . Se confecciono una lista sistemática y taxonómica con la descripción de cada una de las especies y su distribución citada en la literatura.

Estructura comunitaria

Estructura del ensamble de isópodos

Para evaluar las diferencias en composición de especies del ensamble de isópodos, en los distintos sitios de muestreo, meses del año y sustratos, se realizaron:

Análisis de Similitud (ANOSIM) con el objeto de obtener un valor de prueba estadístico que determine si existen diferencias significativas entre los grupos testeados (sitios, meses y sustratos). Se utilizó un Escalamiento Multidimensional No-Paramétrico (nMDS) para visualizar las diferencias y agrupaciones entre las especies del ensamble de isópodos a través de los grupos de análisis. Además, se aplicó la rutina SIMPER con el objeto de evaluar el rol de cada especie en la contribución a la similitud/disimilitud entre las muestras de cada sitio y su respectivo tipo de fondo.

Estos análisis están basados en la Matriz de Similitud de Bray-Curtis, la que fue obtenida mediante el cálculo de su coeficiente, el que está basado en las abundancias de las especies en las réplicas. Para disminuir la contribución de las especies cuantitativamente dominantes y mejorar los análisis y los gráficos, se transformaron los datos a la raíz cuadrada ($\sqrt{}$).

Todos estos análisis fueron trabajados en el programa PRIMER 6 (Clarke and Warwick 2001)

Relaciones entre las variables abióticas y la estructura comunitaria

Mediante la rutina Bio-Env de Primer v6 (Clarke and Gorley 2006) se buscó la mejor relación entre los patrones biológicos de las muestras del ensamble de isópodos de los sitios de estudio del estuario del Río Valdivia y las variables ambientales asociadas a estas muestras, tales como la salinidad, temperatura, % grava, % arena, % fango y %MO. Esta rutina trabaja en base a la matriz de similitud de Bray-Curtis de abundancia de especies y la matriz de similitud Euclidiana de las variables abióticas. Buscando la mejor correlación, utilizando el coeficiente de Spearman (Clarke and Gorley 2006) entre estas dos matrices.

RESULTADOS.

Análisis de variables abióticas.

Salinidad y Temperatura

La salinidad en el estuario del río Valdivia muestra en general un comportamiento estacional en los sitios estudiados. San Carlos (Fig. 4) presenta un promedio de salinidad para todo el período de muestreo de $28,2 \pm 5,8$ psu. Presentando un rango de variación del promedio mensual entre 34 psu durante el mes de marzo 2008 y 13,4 psu en el mes de agosto 2008. Sin embargo si se considera la variación en la salinidad por hora estos valores pueden ser aun mayores, como alcanzar 36,1 psu en junio 2008 en las primeras horas del mes. En la figura 4 se observa la estacionalidad de la variación en salinidad en el sitio San Carlos con bajos promedio en los meses invernales (16,6 en julio y 13,4 psu en agosto 2008). Y promedios superiores durante los meses estivales (32,5 y 33,8 en enero y febrero 2009).

Los Molinos (Fig. 5) presenta un promedio en la salinidad para el período de muestreo de $28,2 \pm 5,0$ psu, con un rango de variación del promedio mensual de 34,6 psu en febrero 2009 y 18,7 psu en septiembre 2008. Si se examina la variación por hora, los valores de salinidad se acentúan, 35,8 psu el máximo valor registrado en el mes de mayo 2008, el mínimo valor fue 0 psu en agosto y septiembre 2008, 8,8 psu en mayo 2009. La estacionalidad en este sitio no se presenta tan marcada como en San Carlos, sin embargo se

observa (Fig. 5) bajos promedios mensuales desde mayo a septiembre 2008 y marzo, junio y agosto 2009.

Mancera (Fig. 6) presenta un promedio de salinidad para todo el período de muestreo de $22,2 \pm 9,9$ psu con un rango de variación del promedio mensual de 33,4 psu en marzo 2008 y 0 psu en junio 2009. Los valores de salinidad por hora pueden llegar a ser aun mas extremos, con una medición de 35 psu en marzo 2008 a 0 psu por lo menos en una medición en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre 2008. Este sitio presenta una marcada estacionalidad en este parámetro (Fig. 6). Desde mayo a septiembre 2008 se presentan valores promedio entre 17 y 23 psu. En cambio desde octubre 2008 a abril 2009 los promedios fluctúan entre 24 y 31 psu. Mayo, junio, julio y septiembre 2009 se observan con valores bajos (Fig. 6).

La temperatura presenta una variación estacional singular. Se observa en los tres sitios San Carlos, Los Molinos y Mancera (Fig. 4, 5 y 6) durante los meses estivales se produce una importante variabilidad en temperatura, tanto en el promedio diario como en el promedio por hora de los registros del CTD. Esto se observa en las desviaciones estándar de los promedios mensuales, las cuales superan la unidad en los meses anteriormente referidos.

Así San Carlos (Fig. 4) presenta un promedio de temperatura de $11,6 \pm 0,5^\circ\text{C}$ para todo el periodo de muestreo con un rango de variación del promedio mensual de $12,5^\circ\text{C}$ en abril de 2009 y el mes con la temperatura promedio mensual mas baja de $10,5^\circ\text{C}$ enero 2009. Detalladamente la variación por hora de la temperatura registro una máxima de $16,2^\circ\text{C}$ en diciembre de 2008 y una mínima de $8,3^\circ\text{C}$ en noviembre de 2008.

Los Molinos (Fig. 5) presenta una temperatura promedio de $11,7\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ para el total de meses muestreados. El rango de variación del promedio mensual de la temperatura fluctuó entre $12,8^{\circ}\text{C}$ en el mes de mayo de 2009 y $10,9^{\circ}\text{C}$ en enero 2009. La temperatura por hora registro como valor máximo $16,7^{\circ}\text{C}$ en diciembre 2008 y valor mínimo $8,4$ en noviembre 2008.

Mancera (Fig. 6) presenta una temperatura media para todo el periodo de muestreo de $11,9\pm 0,8^{\circ}\text{C}$, siendo el mes de diciembre 2008 con un promedio mensual de $13,7^{\circ}\text{C}$ el de mayor temperatura y agosto 2008 con $10,4^{\circ}\text{C}$ el mes de menor temperatura. El registro de la mayor temperatura puntual ocurrió en diciembre 2008 con $19,9^{\circ}\text{C}$ y la menor temperatura en el mes de noviembre 2008 con $8,3^{\circ}\text{C}$.

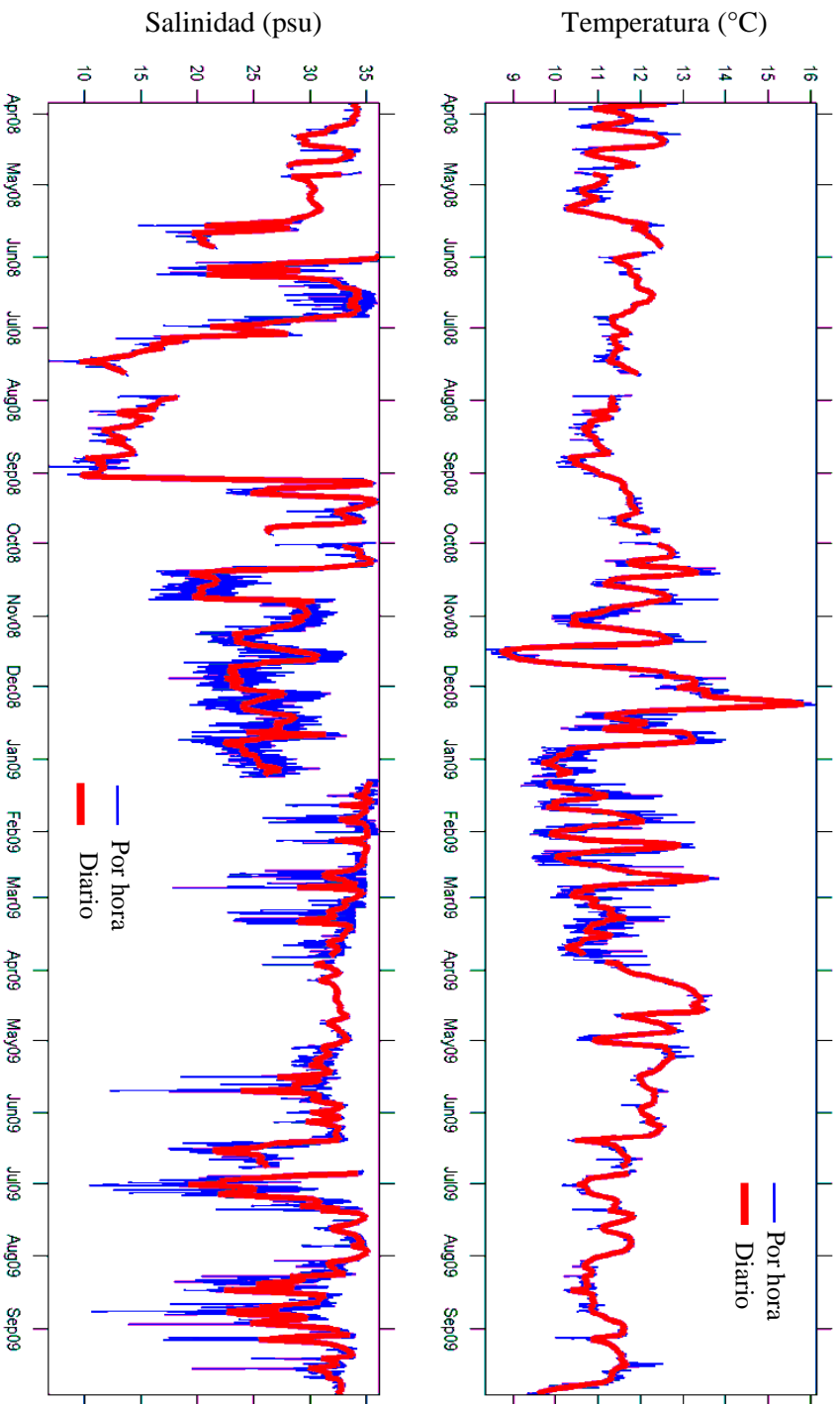


Figura 4. San Carlos. Salinidad (psu) y temperatura ($^{\circ}$ C). Media de la medición por hora (azul) y media diaria (rojo), datos sensor CTD (Conductivity, Temperature and Depth) a 5 m de profundidad. Desde abril 2008 a septiembre 2009.

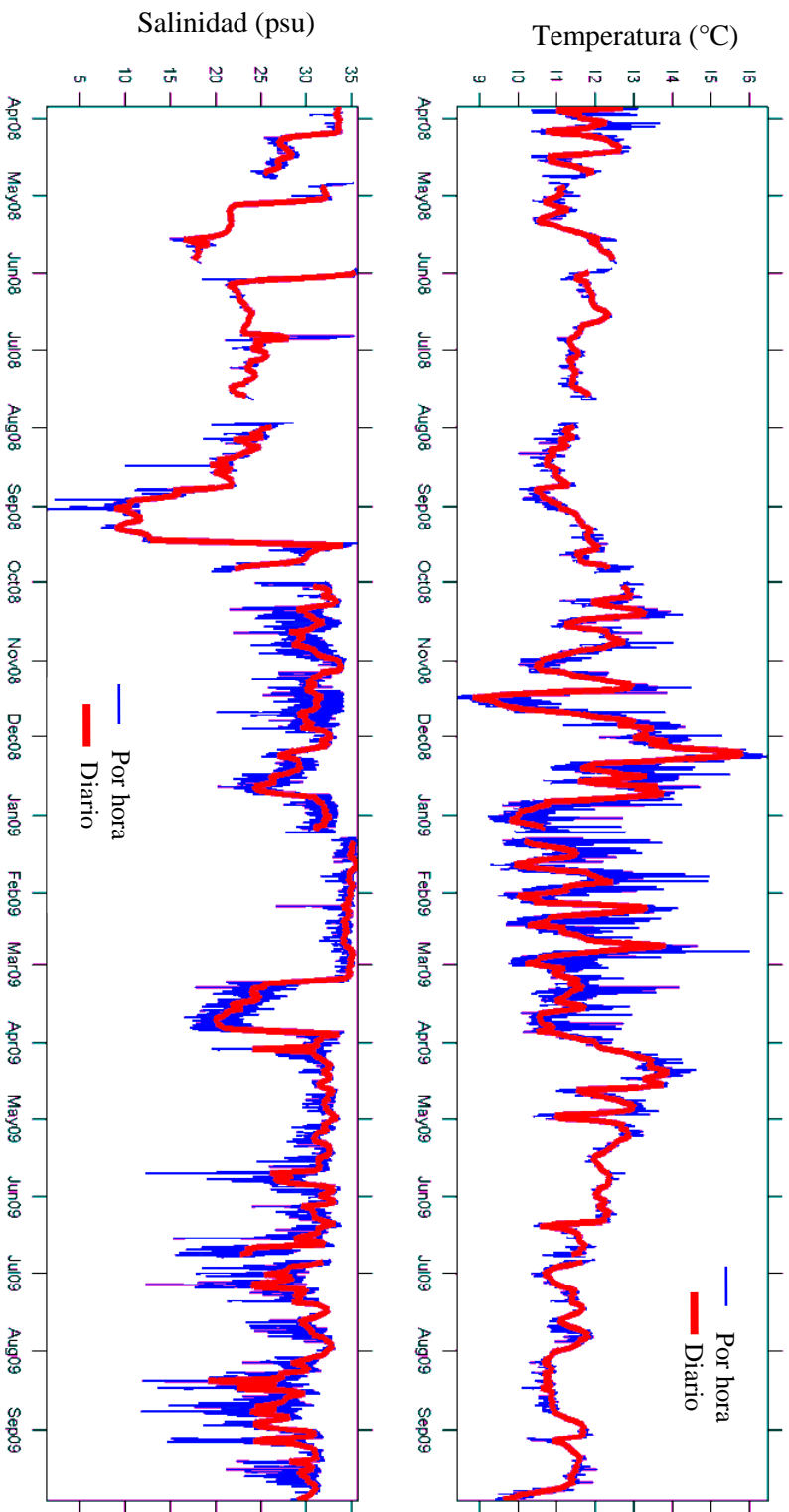


Figura 5. Los Molinos. Salinidad (psu) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Media de la medición por hora (azul) y media diaria (rojo), datos CTD a 5 m profundidad. Desde abril 2008 a septiembre 2009.

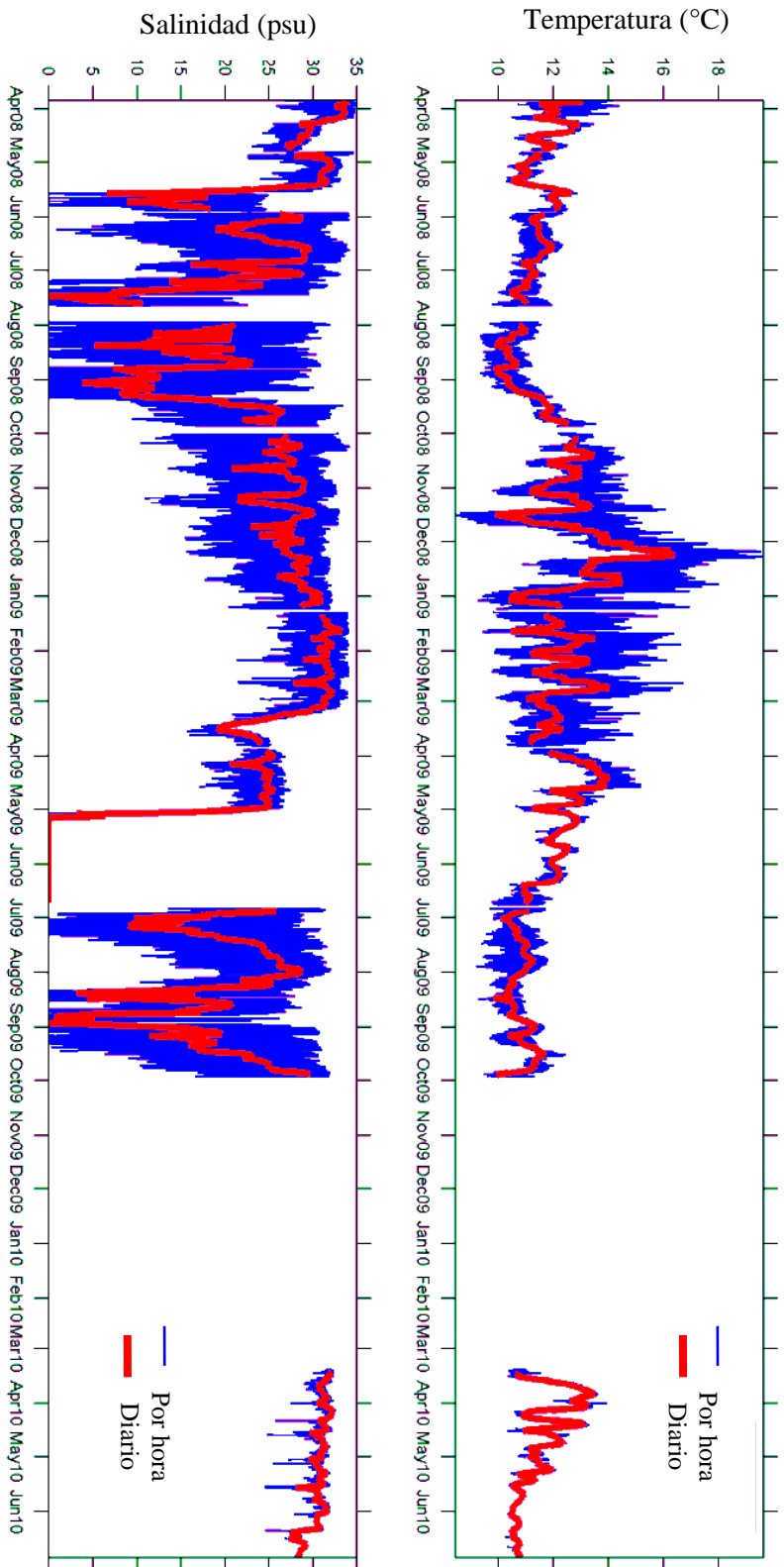


Figura 6. Mancera. Salinidad (psu) y temperatura (°C). Media de la medición por hora (azul) y media diaria (rojo), datos CTD a 5 m profundidad. Desde abril 2008 a junio 2010.

Caracterización de las variables sedimentológicas.

Los resultados del análisis del fondo sedimentario para los sitios de estudio dentro del estuario del Río Valdivia (San Carlos, Los Molinos y Mancera) son resumidos en la Tabla 1. El contenido de Materia Orgánica esta expresado en porcentaje y el contenido de las principales facies sedimentológicas grava, arena y fango esta expresado en porcentaje para los meses muestreados (noviembre 2007 a junio 2009).

Contenido de Materia Orgánica (MO)

El ANOVA on ranks aplicado al porcentaje de materia orgánica, arrojo diferencias significativas ($H=52,198$; $G.L.=2$; $P=<0,001$) entre los sitios de muestreo dentro del estuario (Tabla 2). El test de Tukey de comparación de pares múltiples (Tabla 3) dio como resultado diferencias significativas en el porcentaje de MO de San Carlos v/s Los Molinos ($p<0,05$), San Carlos v/s Mancera ($p<0,05$) y Los Molinos v/s Mancera ($p<0,05$).

Así San Carlos presenta un contenido relativamente bajo de MO comparado con los otros dos sitios, una media de $0,53\pm 0,14$ % de MO con un valor máximo de 0,96% en enero 2009 y un valor mínimo de 0,33% en febrero 2008. Los Molinos presenta un contenido de MO intermedio entre los sitios de muestreo, con una media de $1,35\pm 0,35$ %, y una variación entre 0,89% en julio 2008 y 2,1% en agosto 2008. Mancera a su vez es el sitio con mayor porcentaje de MO con un promedio de $4,89\pm 1,45$ %, presentando valor máximo de 7,59% en agosto 2008 y el valor mas bajo en febrero 2009 de 3,22% de MO (Fig. 7)

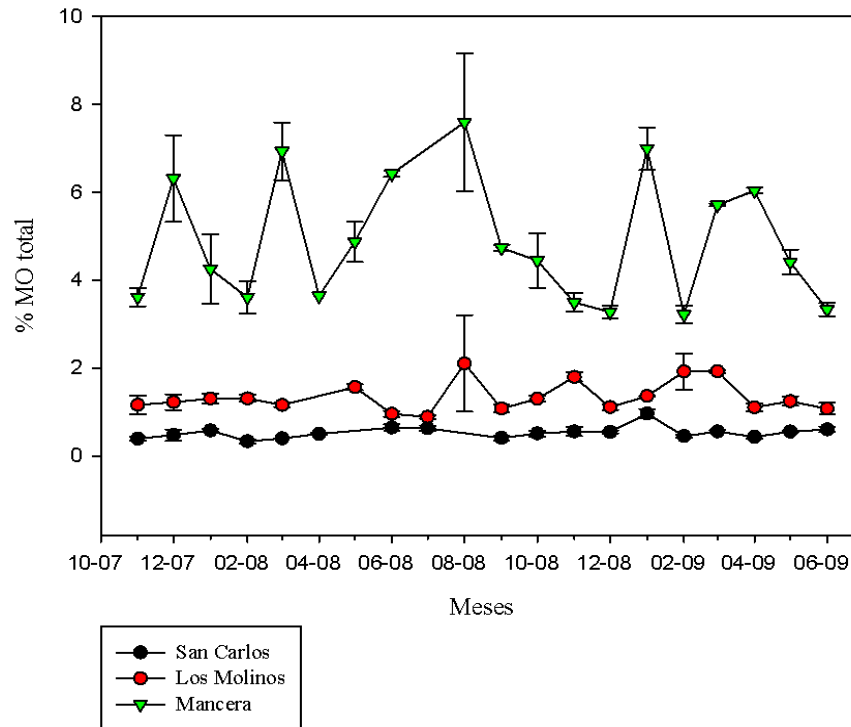


Figura 7. % Materia Orgánica (%MO) (círculos y triángulos) y error estándar (líneas verticales) versus meses de muestreo (noviembre 2007 a junio 2009) para sitios del estuario Río Valdivia.

Caracterización granulométrica del sedimento

Tomando en cuenta el valor total de sedimento extraído en cada muestreo, se obtuvo la fracción porcentual de tamaño de grano predominante para cada sitio y para el periodo de muestreo, mediante el análisis de proporcionalidad simple. Este permitió visualizar la fracción de sedimento predominante para cada sitio. Los resultados correspondientes a las fracciones de tamaño representadas en las muestras; grava, arena y fango, junto con la materia orgánica (%MO) se resumen en la Tabla 1.

En términos generales el fondo sedimentario del estuario del Río Valdivia, está dominado por la fracción del sedimento tipo arena en la zona media y noreste del estuario

en los sitios Mancera (Fig. 10) y Los Molinos (Fig. 9), con un promedio para todo el período de muestreo de $74,6 \pm 11,6\%$ y $96,3 \pm 2,5\%$ respectivamente. En el sector suroeste del estuario, San Carlos, la fracción dominante es grava (Fig. 8) presentando un promedio de $72,6 \pm 14,1\%$. San Carlos esta dominado por la fracción grava y tiene un componente menor de arena $26,87 \pm 14,04\%$ y muy poco fango. Entre la fracción grava y arena existe gráficamente una relación inversa, ya que en los meses en que la fracción grava aumenta, es decir desde diciembre 2008 hasta su máximo porcentaje en marzo de 2009, la fracción arena baja en su contenido hasta su menor valor en marzo 2009. Este proceso se repite en los demás meses (Fig. 8). Los Molinos esta dominado mayoritariamente por la fracción arena, sin embargo se observa que en los meses de noviembre de 2008 y abril de 2009 esta sufre un leve descenso en su contenido y es la fracción fango que aporta aumentando su porcentaje (Fig. 9). Mancera se presentó dominada primariamente por arena y secundariamente por fango con un contenido de $24,57 \pm 11,47\%$. Sin embargo sucede que cuando el porcentaje de arena baja, el porcentaje de fango aumenta, este proceso se ve repetido de manera habitual en el transcurso de los meses de muestreo (Fig. 10).

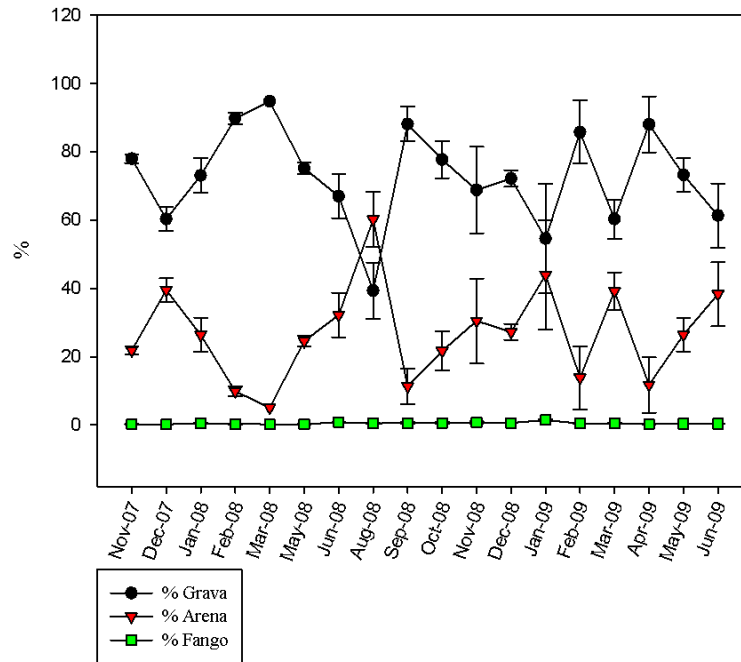


Figura 8. San Carlos. Contenido (%) de grava, arena y fango y error estándar (líneas verticales) desde noviembre 2007 a junio 2009.

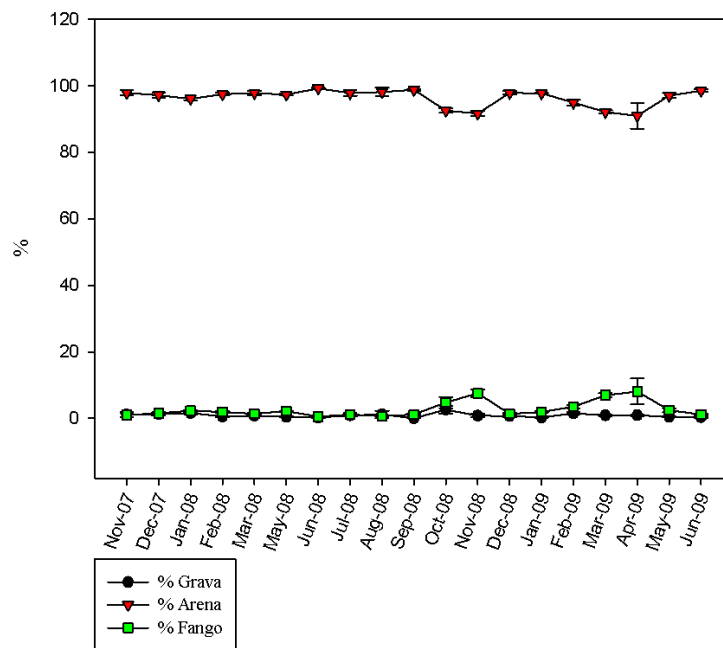


Figura 9. Los Molinos. Contenido (%) de grava, arena y fango y error estándar (líneas verticales) desde noviembre 2007 a junio 2009.

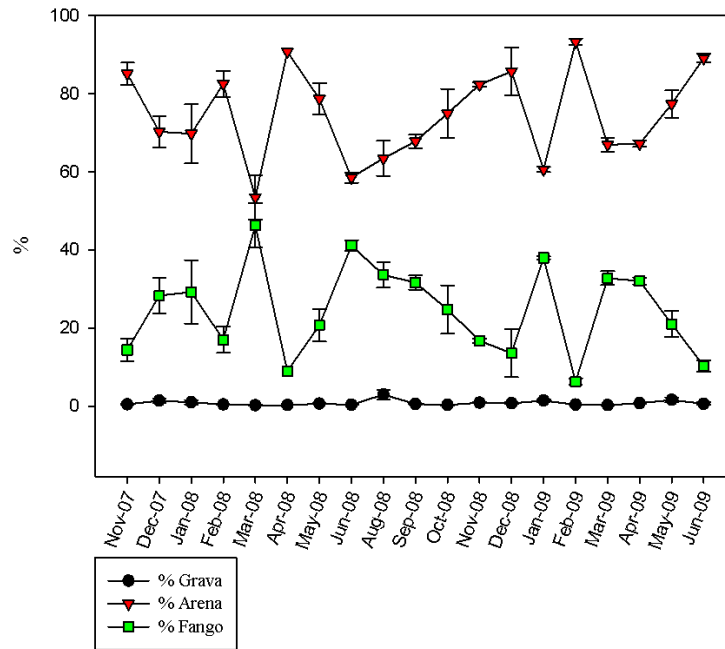


Figura 10. Mancera. Contenido (%) de grava, arena y fango y error estándar (líneas verticales) desde noviembre 2007 a junio 2009.

Análisis de Fauna

Riqueza específica

Para todo el período de muestreo y localidades estudiadas se identificaron 17 especies, de las cuales 2 fueron identificadas solamente hasta género. Estas se distribuyeron en un total de 7071 individuos recolectados durante noviembre 2007 a noviembre 2009, 6099 individuos y 14 especies ocurrieron en fondos sedimentarios y 974 individuos y 13 spp lo fueron en fondo rocoso.

En términos de riqueza de especies, se observa que los 3 sitios de recolección ubicados en el estuario presentaron una riqueza específica acumulada para todo el período

de muestreo de 10 en San Carlos, 12 en Los Molinos y Mancera 4 (Fig. 11, barra verde). Los sitios costeros adyacentes al norte y sur del estuario, fueron muestreados puntualmente, presentaron una riqueza específica entre 3 y 5 especies (Fig. 11), excepto la localidad de Huape, ubicada al sur del estuario, que presentó 7. Si realizamos una comparación justa, es decir examinamos la riqueza específica de los sitios de muestreo durante un solo período de muestreo, se puede observar (Fig. 12) que la mayoría de sitios presenta una riqueza entre 1 y 4, excepto Los Molinos y Huape que presentan 5 y 7 especies respectivamente.

Examinando la riqueza de especies a través del tipo de fondo en cada sitio de muestreo (Fig. 11, barra negra fondo sedimentario y barra roja fondo rocoso) observamos que no hay un patrón claro, debido a que el fondo sedimentario presenta una mayor riqueza en 3 sitios, estos son San Carlos, Morro Gonzalo y Bonifacio. En cambio el fondo rocoso presenta mayor riqueza en 4 sitios de muestreo Los Molinos, Pilolcura, La Misión y Huape. En Mancera se presentan en igual proporción. Por lo tanto no se puede determinar un patrón claro de predominio en la riqueza específica según el tipo de fondo analizado.

La Tabla 4 resume la presencia de especies en los sitios de muestreo por tipo de fondo, mostrando que 10 especies fueron encontradas tanto en fondo sedimentario como en fondo rocoso, estas son:

Cymodocella foveolata Menzies, 1962, *Exosphaeroma lanceolata* White, 1847, *Isocladus bahamondei* Carvacho, 1977, *Isocladus* sp Miers, 1876, *Cristaserolis plana* Dana, 1853, *Edotea dahli* Menzies, 1962, *Edotea transversa* Menzies, 1962, *Cleantia linearis* Dana, 1849, *Macrochiridothea mehuinensis* Jaramillo, 1977 y por último *Chaetilia paucidens* Menzies, 1962. Estrictamente en fondo sedimentario fueron colectadas 4

especies, estas son: *Natanolana chilensis* Menzies, 1962, *Ischyromene tuberculata* Menzies, 1962, *Ancinus* sp Milne Edwards, 1840 y *Macrochiridothea lilianae* Moreira, 1973. Exclusivamente en fondo rocoso se encontraron 3 especies: *Ischyromene menziesi* Sivertsen & Holthuis, 1980, *Amphoroidea typa* Milne Edwards, 1840 y *Paranthura porteri* Boone, 1920.

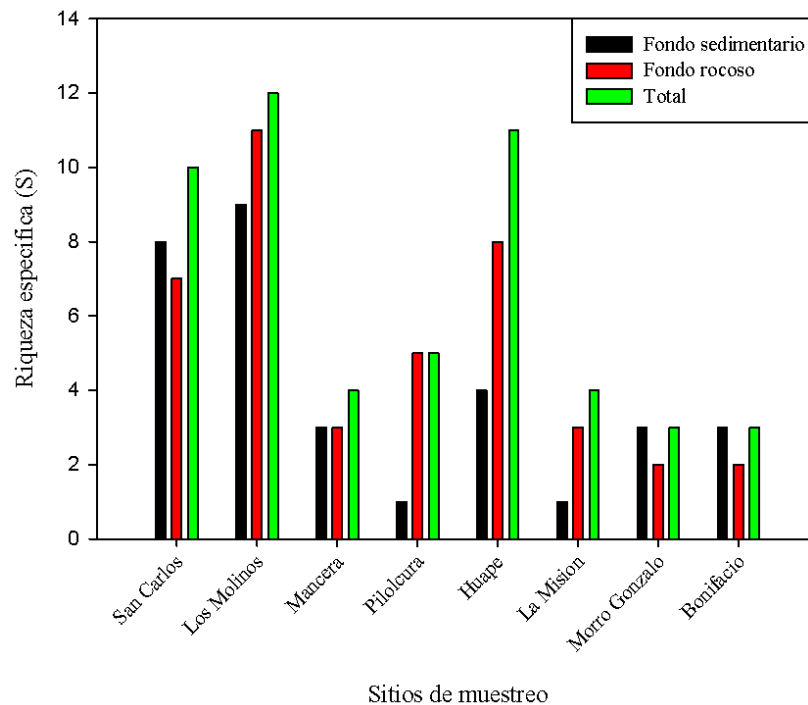


Figura 11. Riqueza específica (S) de los sitios de recolección: San Carlos, Los Molinos, Mancera y los sitios adyacentes. Al norte Pilolcura, Bonifacio, La Misión y al sur Morro Gonzalo y Huape.

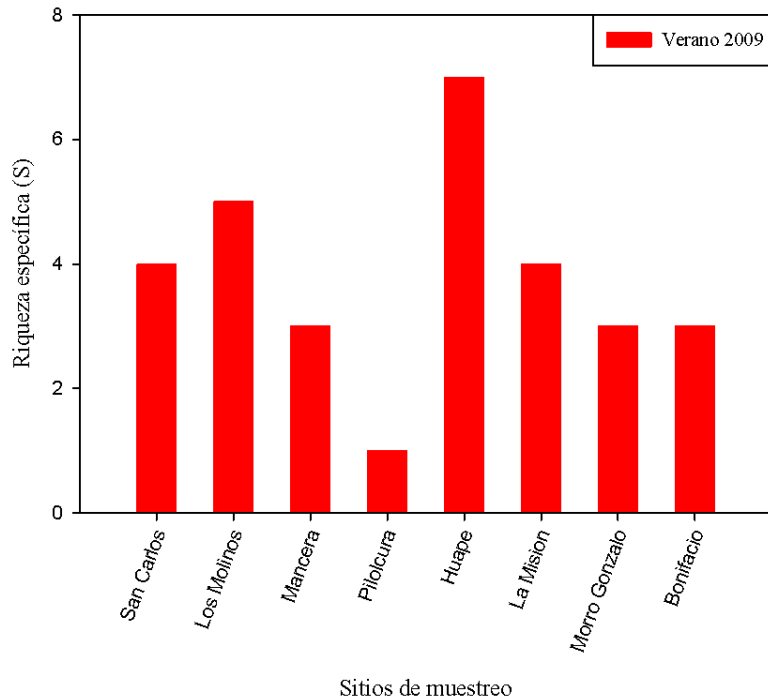


Figura 12. Riqueza específica (S) de los sitios de recolección: San Carlos, Los Molinos, Mancera y los sitios adyacentes. Al norte Pilolcura, Bonifacio, La Misión, y al sur Morro Gonzalo y Huape.

Abundancia relativa

En cuanto a la abundancia relativa expresada en porcentaje respecto del total de individuos para cada sitio en el estuario del Río Valdivia:

San Carlos (Fig. 13) está dominado por los sphaeromatidos *Isocladus* sp e *Isocladus bahamondei* con 63% y 34% respectivamente en el ambiente de fondo sedimentario, el 3% restante están representadas 6 especies más. En el fondo rocoso dominan las mismas especies del género *Isocladus*, con un 76% de la abundancia y se agregan *Edothea dalhi* con 14% y *Cymodocella foveolata* con 8%.

En Los Molinos (Fig. 14) las especies dominantes son los isópodos del grupo Valvifera *Edotea transversa* con 61% en fondo sedimentario y *Cleantis linearis* con 43% en fondo rocoso. Los sphaeromatidos están presentes, pero con una representación menor, en fondo sedimentario *Cristaserolis plana* ocurre en un 21%, en cambio en fondo rocoso el 53% está representado por este grupo, con 6 especies de las cuales domina *Cymodocella foveolata* con 27%.

En Mancera (Fig. 15) pese a la pobre ocurrencia de individuos, se puede observar como una especie es reemplazada por otra cuando se observan los dos tipos de fondos muestreados. En fondo sedimentario *Isocladus* y *Exosphaeroma lanceolata* con 40% cada una, es reemplazada en el fondo rocoso por *Cleantis linearis* y *Cymodocella foveolata* con 40% cada una.

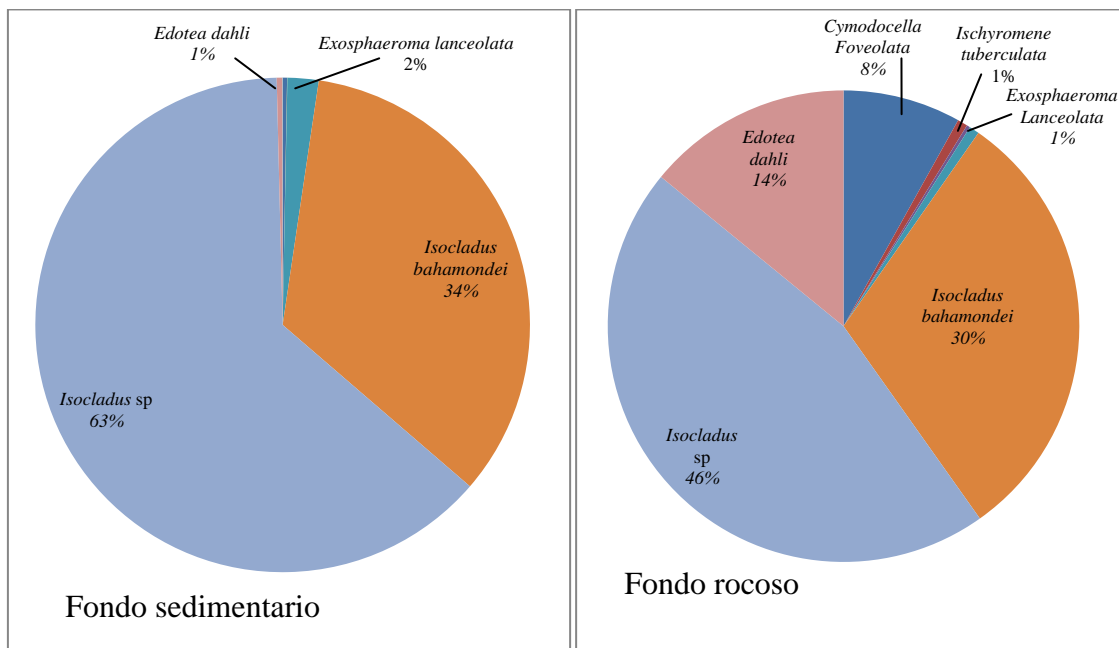


Figura 13. Abundancia relativa del ensamble de isópodos a nivel de especies para el sitio de San Carlos en fondo sedimentario y rocoso.

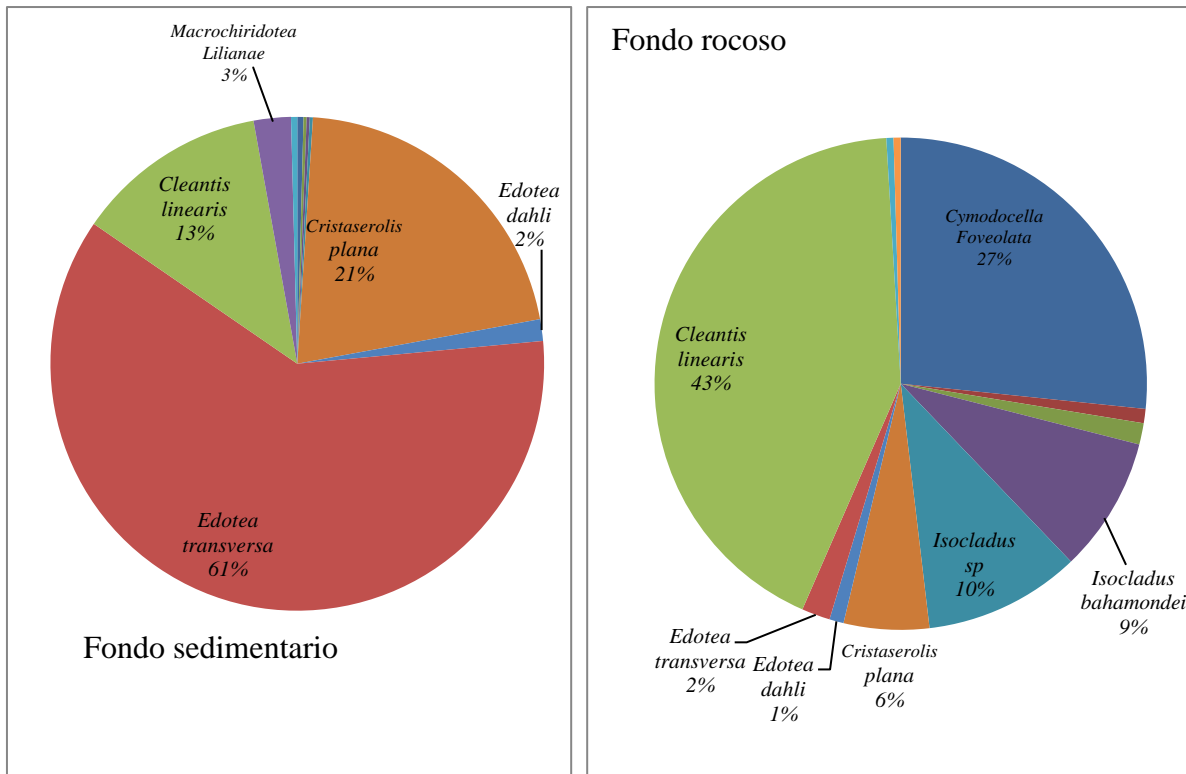


Figura 14. Abundancia relativa del ensamble de isópodos a nivel de especies para el sitio de Los Molinos en fondo sedimentario y rocoso.

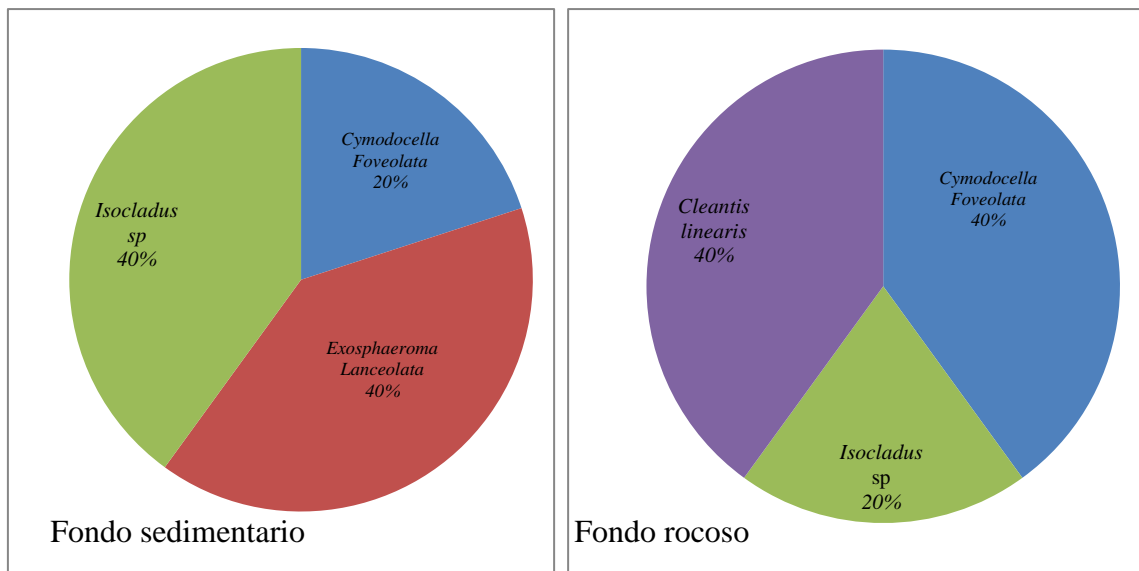


Figura 15. Abundancia relativa del ensamble de isópodos a nivel de especies para el sitio de Mancera en fondo sedimentario y rocoso.

Densidad

La densidad del ensamble de isópodos en el estuario del Río Valdivia varió entre 0,57 a 1117 ind/m² (Tabla 6). El sitio con mayor densidad promedio para todo el período de muestreo fue San Carlos en el fondo sedimentario que presentó en promedio 118,5 ind/m² (DE=85,6). En fondo rocoso este sitio presentó 9,9 ind/m² (DE=19,8). Los Molinos fondo sedimentario presentó un promedio de 11,3 ind/m² (DE=10,4) y en fondo rocoso 4,9 ind/m² (DE=6,9). La menor densidad promedio se presentó en Mancera en ambos tipos de fondos, sedimentario y rocoso con 0,1 ind/m² (DE=0,3 y 0,2 respectivamente) (Fig 16). Las densidades promedio por sitio de muestreo resultaron ser significativamente diferentes (ANOVA on Rank; $p < 0,001$) (Tabla 5). De acuerdo al test de Tukey (Tabla 7) la densidad de individuos promedio para todo el período de estudio en fondo sedimentario es significativamente diferente entre San Carlos y Mancera ($p < 0,05$), pero no lo es entre San Carlos y Los Molinos, esto debido a la gran desviación en San Carlos, ya que se observa una gran diferencia entre 118,5 y 11,3 ind/m². La densidad de individuos en fondo rocoso es significativamente diferente entre San Carlos y Mancera ($p < 0,05$), más no entre San Carlos y Los Molinos. Entre fondo sedimentario y fondo rocoso para cada sitio de muestreo no existen diferencias significativas en la densidad promedio, sin embargo se observa que San Carlos sedimentario presenta una densidad muy elevada respecto de los demás sitios y sustratos.

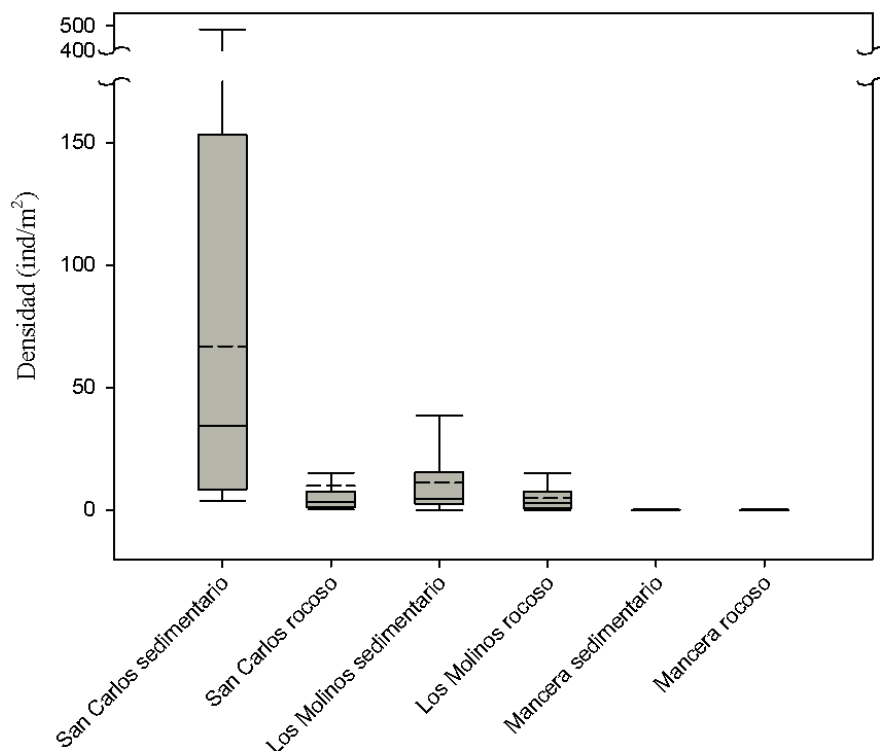


Figura 16. Densidad (ind/m^2) promedio del ensamble de isópodos para todo el periodo de muestreo y los sitios separados según tipo de fondo en el estuario del Río Valdivia. Valores extremos (líneas verticales), media (---), mediana (—).

San Carlos presenta una variación en densidad de carácter estacional tanto en el fondo sedimentario (Fig. 17A) como en el fondo rocoso (Fig. 17B). En el fondo sedimentario ocurren valores máximos de densidad en los meses de septiembre, octubre y noviembre tanto de 2008 como 2009. En tanto el valor más alto ocurre durante noviembre de 2008 con $1117 \text{ ind}/\text{m}^2$ y el máximo durante 2009 en octubre con $400 \text{ ind}/\text{m}^2$. Los meses intermedios a estos valores máximos presentan una densidad entre $0,57$ y $71,4 \text{ ind}/\text{m}^2$. En San Carlos fondo rocoso se observa la estacionalidad en la densidad de una manera menos clara, excepto por el mes de diciembre 2008, donde se observa un valor máximo de $134,8 \text{ ind}/\text{m}^2$, que es el punto culmine de un aumento progresivo en la densidad que se observa

desde el mes de julio 2008 en adelante. El mismo evento se puede observar el año 2009 desde julio a septiembre, sin embargo con una magnitud menor al año 2008.

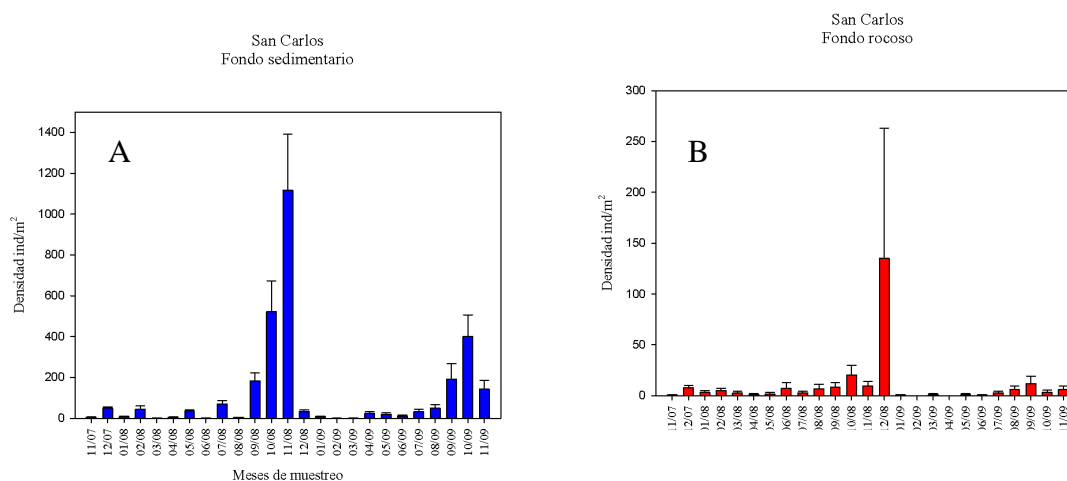


Figura 17. (A) densidad (ind/m²) promedio mensual en San Carlos en fondo sedimentario. (B) densidad (ind/m²) promedio mensual en San Carlos en fondo rocoso. Noviembre 2007 a noviembre 2009.

En Los Molinos la estacionalidad de la densidad no es evidente, más bien ocurren valores máximos agrupados en ciertos meses, aparentemente sin un patrón estacional. O bien ocurre un aumento de densidad bianual disimulado por la densidad de todas las especies juntas. Así este sitio presenta densidades mayores en el fondo sedimentario 11,3 ind/m², que en fondo rocoso 4,9 ind/m². En fondo sedimentario ocurren valores altos en los meses de marzo, octubre y noviembre de 2008, abril, julio y septiembre 2009 (Fig. 18A), llegando a 56 ind/m² en octubre 2008 como máximo valor en densidad. En fondo rocoso los máximos valores están distribuidos en los meses de noviembre 2007, agosto, octubre y noviembre 2008, febrero, marzo, agosto y septiembre 2009. El valor máximo ocurre en el mes de noviembre 2007 con 20,5 ind/m² (Fig. 18B).

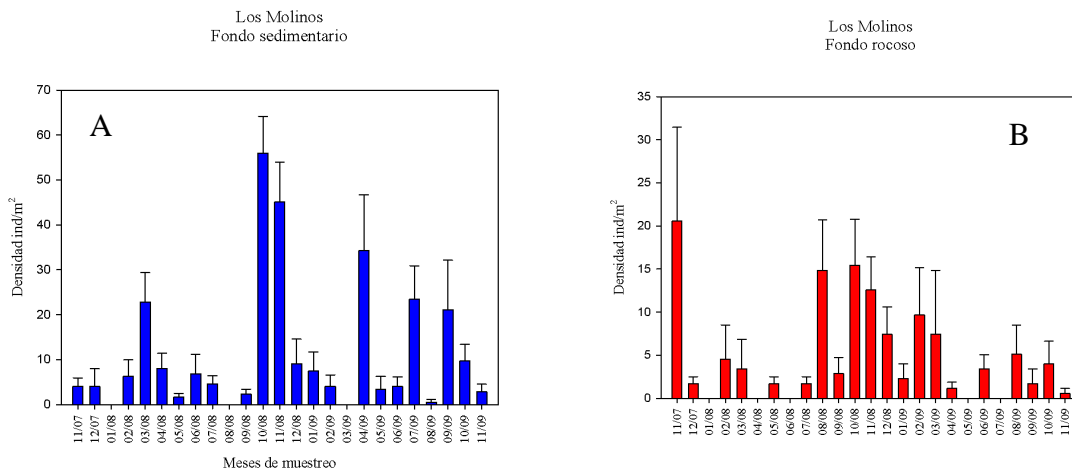


Figura 18. (A) densidad (ind/m^2) promedio mensual en Los Molinos en fondo sedimentario. (B) densidad (ind/m^2) promedio mensual en Los Molinos en fondo rocoso. Noviembre 2007 a noviembre 2009.

Mancera presenta una baja densidad de individuos, con un promedio para todo el período de investigación de $0,1 \text{ ind}/\text{m}^2$ para ambos tipos de fondo, la densidad más alta ocurrió en el mes de febrero de 2009 en fondo sedimentario $2,3 \text{ ind}/\text{m}^2$ (Fig. 19A). El fondo rocoso presentó su valor máximo en agosto 2008 con $1,7 \text{ ind}/\text{m}^2$ (Fig. 19B).

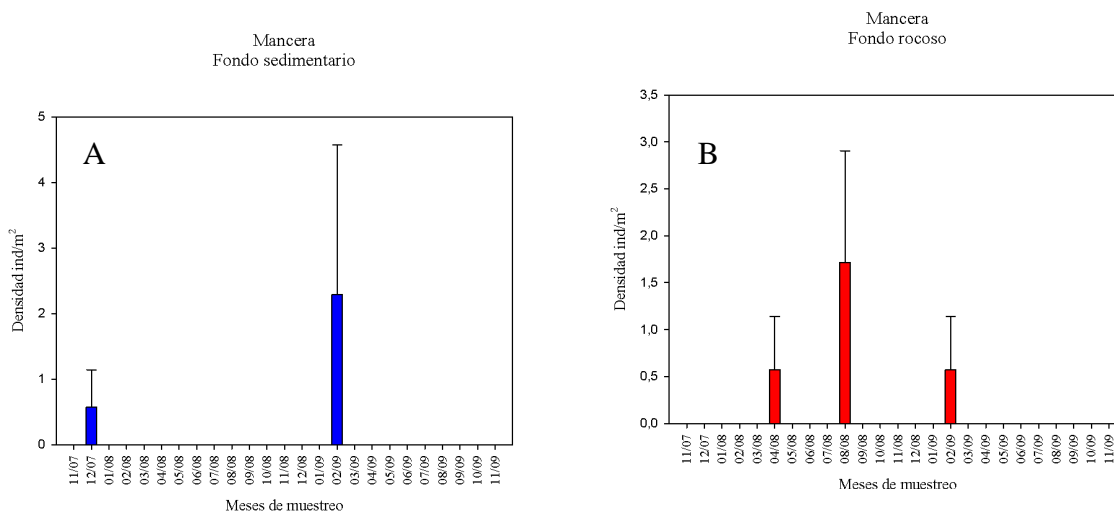


Figura 19. (A) densidad (ind/m^2) promedio mensual en Mancera en fondo sedimentario. (B) densidad (ind/m^2) promedio mensual en Mancera en fondo rocoso. Noviembre 2007 a noviembre 2009.

Índice de diversidad.

En general los valores del índice de Shannon-Weiner H' en su versión $\text{Log}(e)$ señala un bajo nivel en diversidad para el ensamble de isópodos en los sitios analizados, tanto para el ambiente sedimentario como para el ambiente rocoso. San Carlos presenta un índice de diversidad promedio para todo el estudio en fondo sedimentario de 0,38 (rango: 0–0,67) y en fondo rocoso un valor inferior de 0,11 (0 – 0,4). El promedio mensual más alto del índice para todo el período de estudio en San Carlos ocurrió en julio 2008 en ambiente sedimentario 0,67 (0,62 – 0,69) (Fig. 20). El mes con menor diversidad 0,07 (0 – 0,5) en enero de 2008 en el mismo tipo de ambiente. En San Carlos fondo rocoso el índice promedio mensual vario entre 0,4 (0 – 0,85) en septiembre 2009 y 0,09 (0 – 0,64) en febrero 2008 (Fig. 21). Los meses como junio y agosto 2008, junto con febrero y marzo de 2009, del ambiente sedimentario y los meses de noviembre, enero, marzo, abril y junio de 2008, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio y agosto de 2009 en ambiente rocoso, presentan valores cero del índice, debido a que este toma el valor cero cuando ocurre una sola especie en el muestreo.

Los Molinos presenta una diversidad promedio para todo el período de estudio de 0,13 (rango: 0 – 0,83) en fondo sedimentario y 0,08 (0 – 0,37) en fondo rocoso. El mes de noviembre 2008 se presenta con el mayor índice promedio de diversidad 0,82 (0,38 – 1,17) en el fondo sedimentario (Fig. 20, círculo rojo). El nivel mas bajo de diversidad se observa en marzo 0,09 (0 – 0,64), julio 0,09 (0 – 0,64) de 2008 y febrero 2009 0,09 (0 – 0,64). En fondo rocoso (Fig. 21, círculo rojo) el índice promedio mensual más alto fue de 0,37 (0 – 1,04) en el mes de agosto 2008. Y el valor mas bajo obtenido mensualmente fue de 0,03 (0 – 0,27) en el mes de mayo 2009.

Mancera presenta el índice de Shannon (H') promedio para todo el período de estudio mas bajo de los tres sitios con un promedio en fondo sedimentario de 0,004 (0 – 0,09) y para fondo rocoso 0,004 (0 – 0,09). En la figura 20 y 21 se observa la variación del índice mensual en Mancera a lo largo del período de muestreo, con dos puntos en cada tipo de fondo. Diciembre 2007 y abril 2008 presentan valor “0” del índice, y agosto 2008 y febrero 2009 presentan un valor 0,09.

El ANOVA factorial ejecutado para evaluar si la diversidad presenta diferencias significativas entre los tres sitios estudiados del estuario del Río Valdivia, entre los tipos de fondo, entre los meses y entre estos factores cruzados entre sí, resultó en diferencias significativas (Tabla 8). En fondo sedimentario (Fig. 20) se observa que el índice de diversidad del sitio de San Carlos, aunque en general es un índice bajo que bordea los 0,6 se presentó por sobre el índice de los demás sitios, excepto en noviembre de 2008 donde Los Molinos es el que presenta el mayor promedio mensual. Mancera se presenta con índice solo en el mes de febrero 2009, debido a la baja ocurrencia de individuos en el resto del año. Los meses de junio y agosto de 2008, junto con marzo de 2009 se presentan sin índice de diversidad en los tres sitios, debido a la ausencia de individuos durante dichos muestreos. El fondo rocoso (Fig. 21) presenta los índices de diversidad bordeando 0,2-0,4, y tanto San Carlos como Los Molinos presentan máximos valores del índice en distintos meses. San Carlos en diciembre 2007, octubre 2008 y septiembre 2009 presenta los mayores valores. Los Molinos en agosto de 2008 presentó el valor máximo de diversidad. En este tipo de sustrato se observa una cantidad mayor de meses sin índice, enero, abril y junio de 2008. Enero, abril, mayo y julio de 2009 también se presentan sin índice. Mancera está representada solo en el mes de agosto 2008 con un índice muy bajo de 0,1.

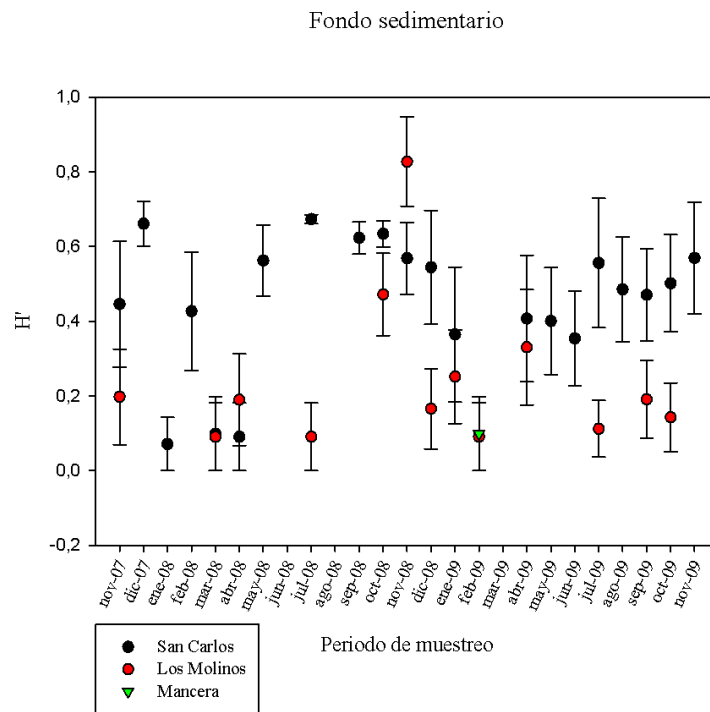


Figura 20. Diversidad de Shanonn ($H' \log_e$) y desviación estándar (líneas verticales) de fondo sedimentario para todo el periodo de muestreo.

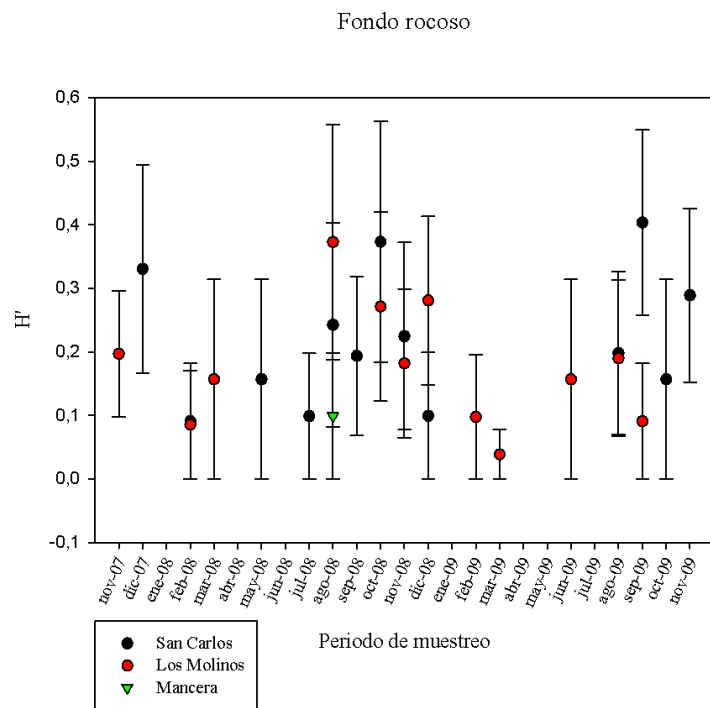


Figura 21. Diversidad de Shanonn ($H' \log_e$) y desviación estándar (líneas verticales) de fondo rocoso para todo el periodo de muestreo.

Estructura comunitaria.

Estructura del ensamble de Isópodos.

El ensamble de isópodos, a través de la variabilidad en la riqueza, abundancia y especies dominantes para cada sitio evaluado en el estuario del Río Valdivia, se ve caracterizado de una manera gráfica en el nMDS (Fig. 22) por la asociación de dos grupos principales. San Carlos presenta una agrupación clara y definida hacia el lado izquierdo de la gráfica y Los Molinos, por otro lado, forma una agrupación definida hacia el lado opuesto. Mancera, debido probablemente a la escasa ocurrencia de individuos, se posiciona en una ubicación intermedia, junto con algunas réplicas que se presentan en sobreposición compartiendo características de ambos grupos. El ANOSIM (Tabla 8) realizado para evaluar las diferencias en la composición faunística del ensamble de isópodos entre los tres sitios estudiados, presentó diferencias significativas ($R_{\text{global}}=0,59$; $p<0,01$). Según la comparación pareada entre los tres sitios (Tabla 8), la composición del ensamble de isópodos determinada para San Carlos difiere significativamente de Los Molinos ($R=0,6$; $p<0,01$), pero no de Mancera ($R=0,2$; $p=0,03$). Y Los Molinos no presenta diferencias significativas con Mancera ($R=0,14$; $p=0,12$), debido a las pocas especies que ocurren en este sitio y a su baja densidad. Por lo demás estas pocas especies son las mismas que ocurren en Los Molinos.

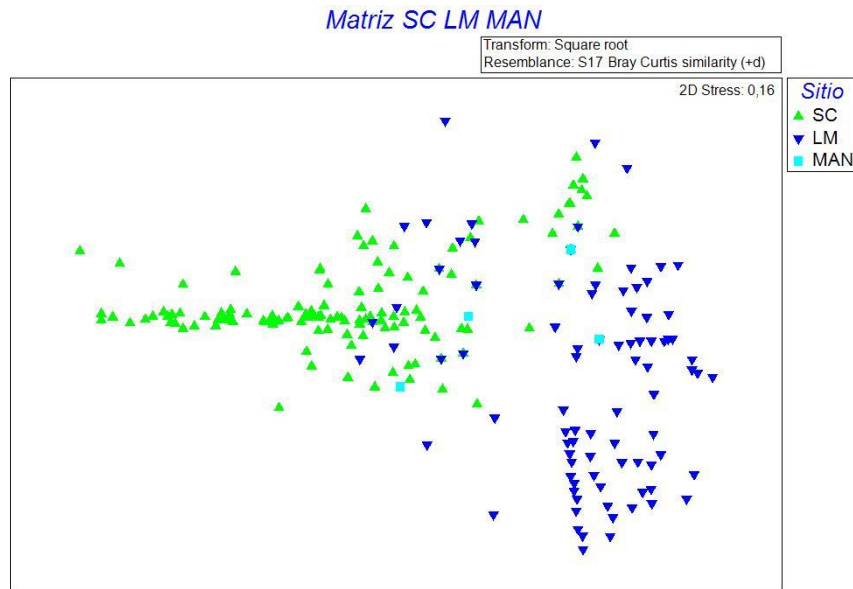


Figura 22. Ordenamiento multidimensional (nMDS) para la abundancia (trasformación raíz cuadrada; Índice de similitud de Bray-Curtis) del ensamble de isópodos del Río Valdivia para todo el periodo y sitios de muestreo. San Carlos (SC); Los Molinos (LM); Mancera (MAN).

Lo anteriormente señalado se refuerza por el hecho de que el ANOSIM (Tabla 9) ejecutado para evaluar la similitud/disimilitud del ensamble de isópodos, tomando en cuenta el tipo de fondo, entre los tres sitios evaluados, presenta como resultado que el ensamble de isópodos en fondo sedimentario es distinto estadísticamente del ensamble en fondo rocoso ($R=0,35$; $p<0,01$). Esto se puede observar en el ordenamiento multidimensional, donde se advierte el agrupamiento de las muestras según el tipo de fondo (Fig. 23).

Evaluando mas profundamente el ensamble de isópodos tomando en cuenta el tipo de fondo y los sitios de muestreo se puede observar en el nMDS (Fig. 24) el agrupamiento de las muestras donde San Carlos sedimentario se posiciona claramente separado de Los

Molinos sedimentario. Los Molinos rocoso presenta una doble distribución, un subgrupo junto a Los Molinos sedimentario y el otro junto a San Carlos rocoso. Mancera se encuentra ubicada entre las agrupaciones principales de San Carlos sedimentario y Los Molinos sedimentario. El ANOSIM (Tabla 10) ejecutado de manera global, entre los sitios y el tipo de fondo, resulta en diferencias significativas ($R=0,5$; $p<0,01$). El test de grupos pareados nos indica que el ensamble de isópodos en fondo sedimentario es estadísticamente distinto del ensamble en fondo rocoso, tanto para San Carlos ($R=0,32$; $p<0,01$) como para Los Molinos ($R=0,42$; $p<0,01$). Mancera no presenta diferencias significativas entre ambos tipos de fondo ($R=0,05$; $p=0,4$). El ensamble de isópodos en fondo sedimentario en San Carlos es diferente del ensamble encontrado, tanto en fondo sedimentario ($R=0,7$; $p<0,01$) y rocoso ($R=0,5$; $p<0,01$) de Los Molinos y del fondo rocoso de Mancera ($R=0,5$; $p<0,01$). No así con el fondo sedimentario de Mancera, donde no hay diferencias significativas ($R=0,3$; $p=0,05$). La estructura comunitaria de los isópodos del fondo rocoso de San Carlos se presenta estadísticamente distinta de la estructura comunitaria de Los Molinos sedimentario ($R=0,5$; $p<0,01$) y rocoso ($R=0,2$; $p<0,01$). No de Mancera sedimentario ($R=0,1$; $p=0,13$) y rocoso ($R=0,1$; $p=0,11$). El ensamble de isópodos del sitio Los Molinos de fondo sedimentario y rocoso no presenta diferencias significativas con Mancera fondo sedimentario y rocoso.

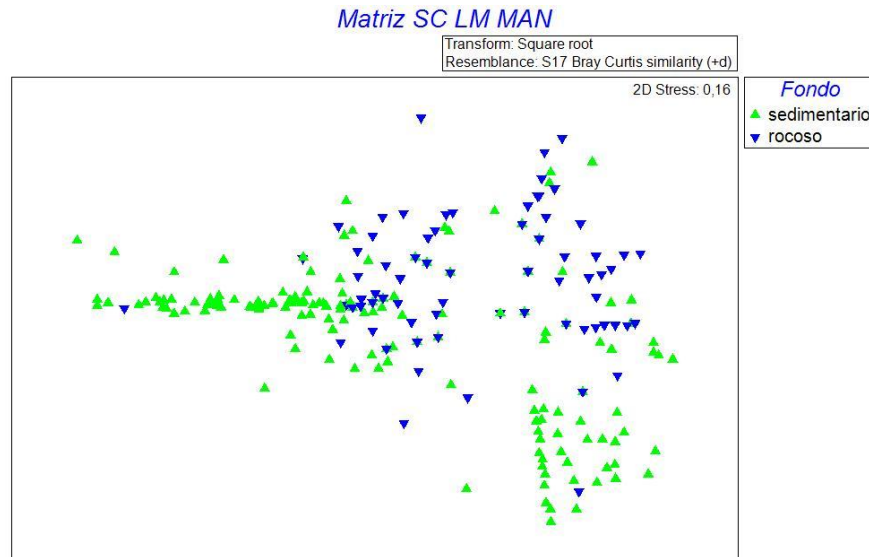


Figura 23. Ordenamiento multidimensional (MDS) para la abundancia (transformación raíz cuadrada; Índice de similitud de Bray-Curtis) del ensamble de isópodos del Río Valdivia para todo el periodo de muestreo, según tipo de fondo.

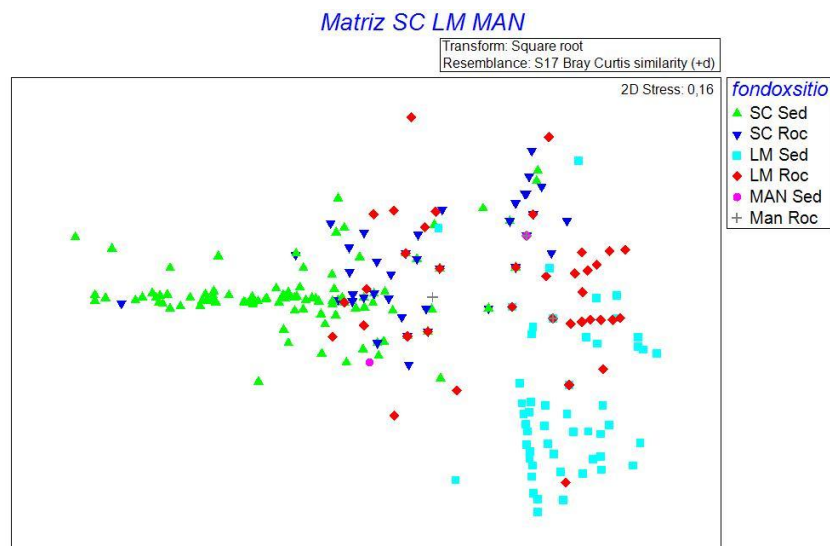


Figura 24. Ordenamiento multidimensional (MDS) para la abundancia (transformación raíz cuadrada; Índice de similitud de Bray-Curtis) del ensamble de isópodos del río Valdivia para todo el periodo de muestreo para cada sitio y tipo de fondo. San Carlos fondo sedimentario (SC Sed); San Carlos fondo rocoso (SC Roc); Los Molinos sedimentario (LM Sed); Los Molinos rocoso (LM Roc); Mancera sedimentario (MAN Sed); Mancera rocoso (MAN Roc).

Los resultados obtenidos con la aplicación del análisis SIMPER para determinar la contribución de especies en las agrupaciones de muestras en base a la similitud se entregan en la Tabla 11. Dos especies de la familia Sphaeromatidae (*Isocladus* sp = 58,3%; *Isocladus bahamondei* = 36,4%) con 94,7% de contribución acumulada son las que más contribuyen a la similitud entre las muestras de fondo sedimentario en San Carlos (Fig. 25 A y B). En el mismo sitio, pero en fondo rocoso las especies que más contribuyen son cuatro, una especie de la familia Idoteidae y tres de la familia Sphaeromatidae. La más importante con 52,3% de contribución en similitud es *Edothea dalhi* (Fig. 25C), seguida de *Isocladus* sp con 20,1% de contribución y de *Isocladus bahamondei* con 15,5%, finalmente *Cymodocella foveolata* (Fig. 25D) con 11,9%. En cuanto a las especies que más contribuyen en similitud para el sitio de Los Molinos en fondo sedimentario, de la familia Idoteidae, *Edothea transversa* (Fig. 25F) es la especie que se presenta como la más importante con 83,8%, seguida de *Cristaserolis plana* (Fig. 25G) con 8,3% de la familia Serolidae. En cambio en fondo rocoso, de la familia Holognathidae, *Cleantis linearis* (Fig. 25H) con 67,1% de contribución en similitud y, al igual que en San Carlos rocoso, es *Cymodocella foveolata* (Fig. 25D) con 25,8% la segunda especie que más contribuye en similitud.

La disimilitud (Tabla 12) en San Carlos entre el fondo sedimentario y rocoso, esta explicada por la contribución de *Isocladus* sp con 40,2% y de *Isocladus bahamondei* con 29,9%, en conjunto explican el 70,1% acumulativo.

Entre Los Molinos fondo sedimentario y rocoso la disimilitud promedio de 70,6% esta explicada por *Edotea transversa* con 34,6%, *Cleantis linearis* con 23,1% y *Cymodocella foveolata* con 12,8%.

El fondo sedimentario de San Carlos presenta una disimilitud con Los Molinos para el mismo fondo de 76% debido a *Isocladus* sp (32,5%), *Isocladus bahamondei* (23%) y *Edotea transversa* (20,5%).

San Carlos fondo rocoso y Los Molinos fondo rocoso presentan una disimilitud acumulada de 62,7% explicado por la contribución de *Cleantis linearis* (24,9%), *Edotea dahli* (19,4%) y *Cymodocella foveolata* (18,42%).

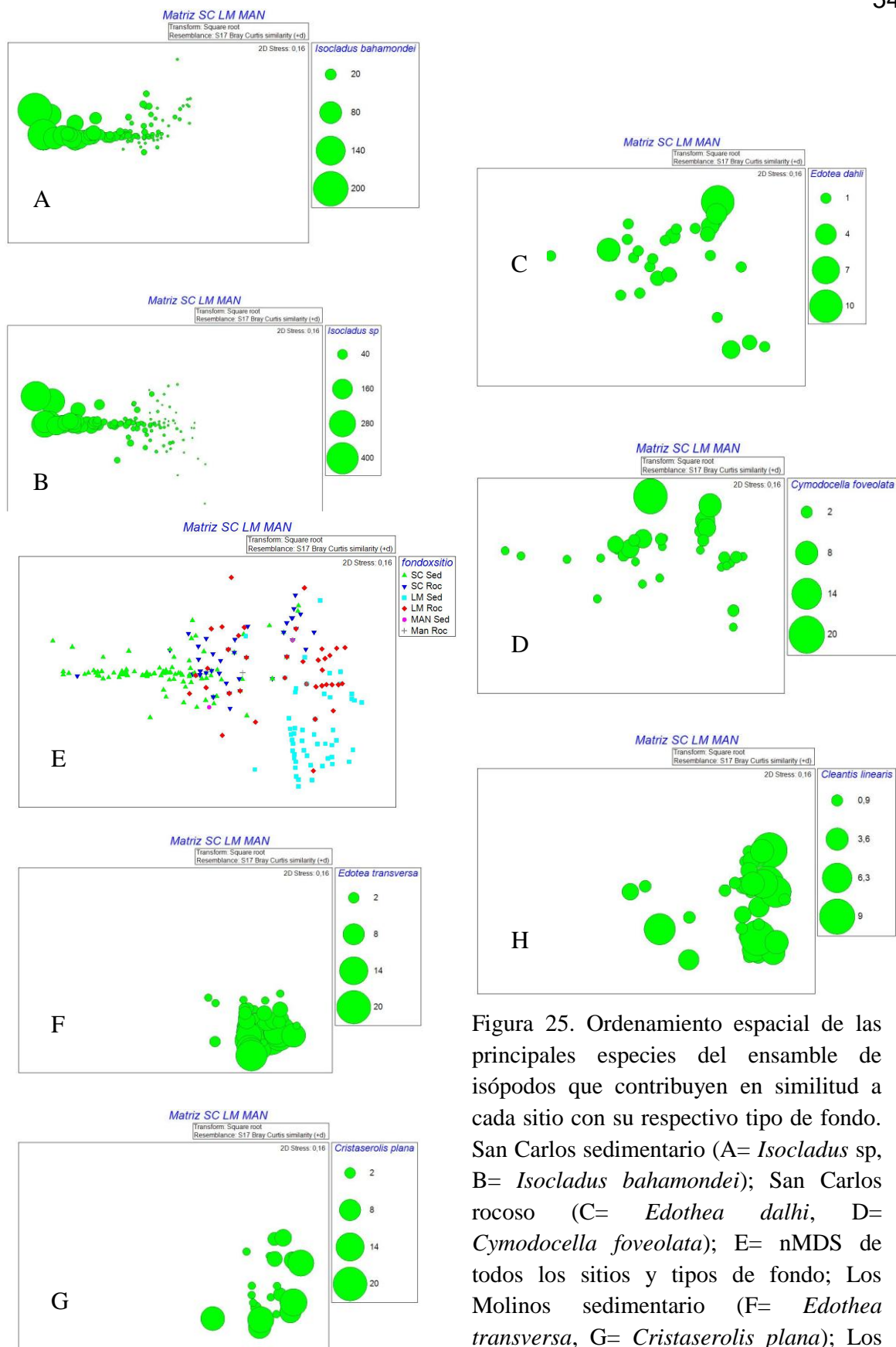


Figura 25. Ordenamiento espacial de las principales especies del ensamble de isópodos que contribuyen en similitud a cada sitio con su respectivo tipo de fondo. San Carlos sedimentario (A= *Isocladus sp*, B= *Isocladus bahamondei*); San Carlos rocoso (C= *Edotea dalhi*, D= *Cymodocella foveolata*); E= nMDS de todos los sitios y tipos de fondo; Los Molinos sedimentario (F= *Edotea transversa*, G= *Cristaserolis plana*); Los Molinos rocoso (D= *Cymodocella foveolata*, H= *Cleantis linearis*).

Relación entre las variables abióticas y la estructura comunitaria.

Mediante la rutina Bio-Env de Primer v6 (Clarke and Gorley 2006) se buscó la mejor relación entre los patrones biológicos de las muestras del ensamble de isópodos de los sitios de estudio del estuario del río Valdivia y las variables ambientales asociadas a estas muestras, estas fueron salinidad, temperatura, % grava, % arena, % fango y %MO.

Si bien la salinidad y la temperatura son factores que influyen a la fauna bentónica del estuario de todo tipo de sustrato, sedimentario y rocoso, las variables sedimentarias influyen a la fauna de sustrato sedimentario, por lo que este análisis tomó en cuenta solamente el ensamble de isópodos de fondo sedimentario, ya que la abundancia y diversidad del ensamble de isópodos de fondo rocoso está asociado a factores que no fueron controlados, como son heterogeneidad de sustrato, cobertura de algas, disponibilidad de presas y depredación entre otros.

Así los resultados de este análisis, que utiliza el coeficiente de Spearman (Clarke and Gorley 2006) y prueba todas las variables y combinaciones de ellas, indicó que el mejor resultado que explica los patrones biológicos de la abundancia y composición específica del ensamble de isópodos de fondo sedimentario es % MO, con un índice de correlación $Rho=0,57$; $p<0,01$. Seguido de la combinación de variables entre salinidad, % grava y % MO con una correlación $Rho=0,534$; $p<0,01$.

El ordenamiento espacial (nMDS) de la matriz de distancia Euclidiana de los valores de las medias mensuales de las variables ambientales nos muestra una clara agrupación por sitio. El ANOSIM aplicado al factor sitio en base a las variables

ambientales nos da como resultado diferencias significativas ($R=0,76$; $p<0,01$) (Tabla 13). Es decir cada sitio de estudio presenta ciertas características ambientales que lo hace estadísticamente disímil y permite la agrupación, incluso en la escala temporal del período de muestreo de las variables ambientales (marzo 08 a junio 09).

Comparando la ordenación mediante los gráficos de burbuja de las variables resultantes de la correlación que mejor explican la estructura del ensamble de isópodos, son las características granulométricas y MO del sedimento, las que se observan claramente que influyen esta estructura (Fig. 26)

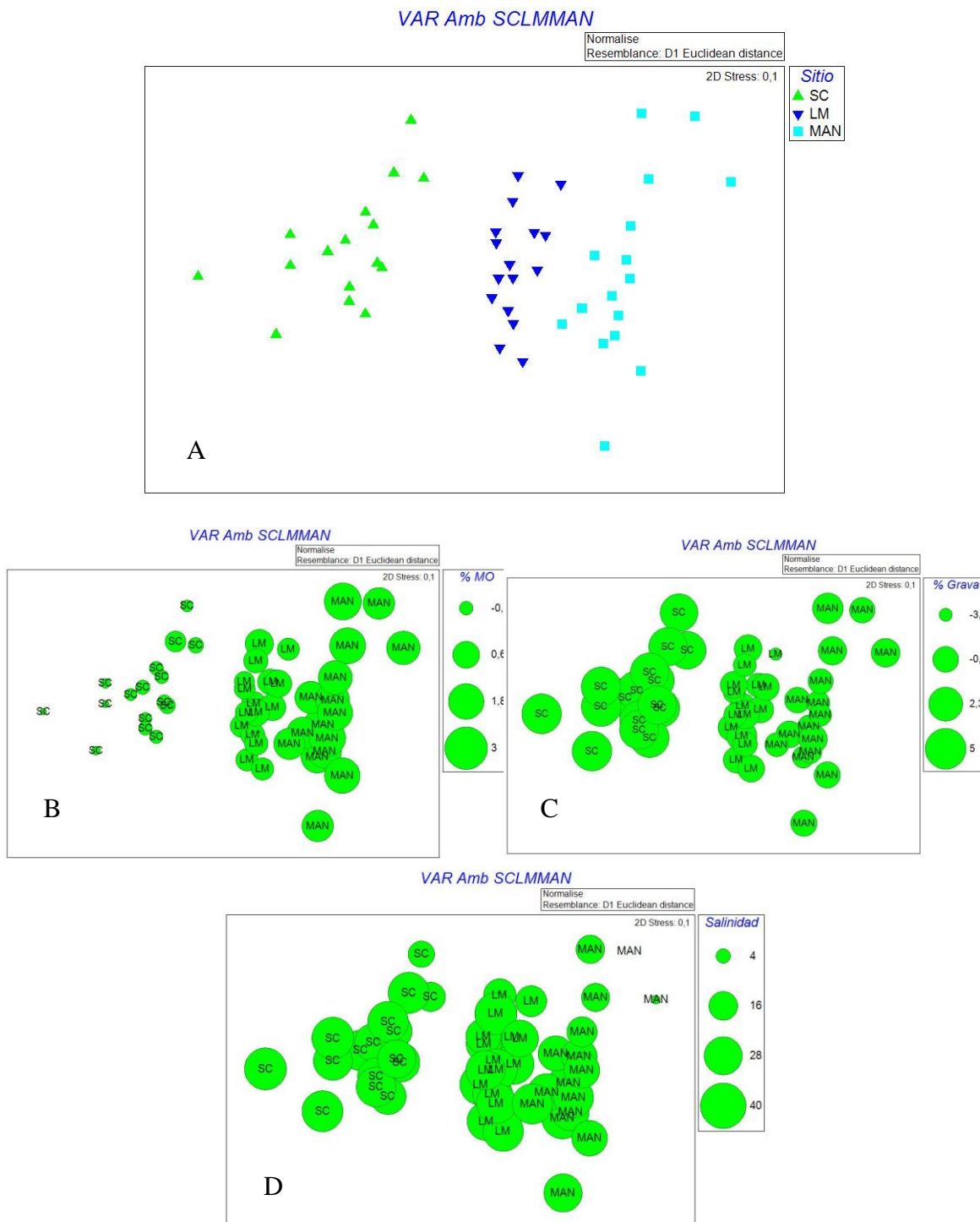


Figura 26. (A) Ordenamiento espacial de los sitios de muestreo en base a la matriz de distancia Euclidiana de variables físicas de mejor correlación con la estructura biológica del ensamble de isópodos de fondo sedimentario. San Carlos (SC), Los Molinos (LM) y Mancera (MAN). nMDS para la variable %MO (B). nMDS para la variable % grava (C). NMDS para la variable salinidad (D).

DISCUSIÓN.

Los isópodos marinos y estuarinos están entre los crustáceos más comunes de todo el mundo (Espinoza-Pérez and Hendrickx 2006). Han sido encontrados virtualmente en todos los tipos de hábitat, de vida libre e incluso parásitos (Jaramillo 1982; Brusca and Iverson 1985; Brandt 1997; Campos 2003; Campos y Villarreal 2008; Pardo *et al.* 2009). La zona del Pacífico Este corresponde a una de las regiones zoogeográficas marinas más extensas de todos los océanos, cubriendo aproximadamente 127° de latitud. Formada por ocho provincias zoogeográficas, de las cuales tres están asociadas a nuestras costas, en conjunto formando la Subregión Templada Sur (Espinoza-Pérez and Hendrickx 2006). Estas corresponden a las mismas tres nombradas por Lancellotti y Vásquez (2000), la Región Templada Cálida (RTC), Región Templada Transicional (RTT) y Región Templada Fría (RTF).

La fauna de isópodos encontrada en este estudio corresponde a la fauna esperada para la Región Templada Transicional (RTT) (Lancellotti y Vásquez 1999). Esta región se ubica entre los 35° y los 48° Sur, correspondiendo a un área discreta tanto biótica como abióticamente. Esta región se caracteriza por fuertes gradientes de salinidad debido a la desembocadura de grandes hoyas hidrográficas como lo es la del Río Valdivia, de origen lacustre en la cordillera de Los Andes (Pino *et al.* 1994) y por la oscilación verano-invierno de la corriente de Humboldt (Lancellotti y Vasquez 2000) muy bien representada por la variación en temperatura de las aguas del estuario (Fig. 4,5 y 6).

Todos lo isópodos encontrados en este estudio han sido reportados en el ambiente marino y no ha habido registro de isópodos estrictamente estuarinos en las costas de Chile

(Menzies 1962; Thiel *et al.* 2003; González *et al.* 2008). Solo *Uromunna schauinslandi*, ha sido reportada como una especie eurihalina encontrada en playas rocosas protegidas en el Estero de Reloncaví (Menzies 1962), pero no colectada en nuestro estudio. Sin embargo, González *et al.* (2008) registra esta especie en el ambiente marino. En la costa sudafricana han sido reportadas especies de isópodos estrictamente estuarinos, *Exosphaeroma hylocoetes* y *Cirolana fluviatilis* especies adaptadas para sobrevivir en condiciones variables de salinidad en rangos de 7 a 35 psu y encontradas desde la desembocadura hasta 12 km río arriba (Newman *et al.* 2007; Henninger *et al.* 2008). En este estudio no se encontraron especies estrictamente estuarinas, debido a que Mancera, sitio ubicado al interior del estuario y de características ambientales mayormente influenciadas por el agua del río, presentó una pobre ocurrencia de individuos y densidades muy bajas. A pesar de esto, *Cleantis linearis*, junto con *Cristaserolis plana*, son las únicas especies colectadas solo dentro de los márgenes del estuario. Ambas especies ocurrieron solo en el estuario del Río Valdivia. Lo que permite sugerir que son especies que podrían estar mejor adaptadas a los cambios en salinidad y por lo tanto ser consideradas posiblemente como eurihalinas.

González *et al.* (2008) realizaron la revisión más reciente de la bibliografía y distribución de peracaridos registrados para aguas chilenas, en base a este trabajo, los resultados presentados en la Tabla 14 permiten mencionar que de las 15 especies y 2 taxa superiores, 6 especies habían sido registradas para esta latitud, estas son: *Paranthura porteri*, *Amphoroidea typa*, *Exosphaeroma lanceolata*, *Ischyromene tuberculata*, *Macrochiridothea mehuinensis* y *Macrochiridothea lilianae*. Sorprendentemente 10 especies aquí identificadas no habían sido reportadas para la zona, por lo tanto amplían su distribución geográfica. Las especies que amplían su distribución son: *Natatolana chilensis*, *Cristaserolis plana*, *Cleantis linearis*, *Chaetilia paucidens*, *Edotea dahli* y por último

Edotea transversa. Las especies que han sido registradas en latitudes al norte y al sur de los 39° 51' S correspondiente a la ubicación del estuario del Río Valdivia, aquellas son mencionadas que ahora presentan una distribución geográfica continua son: *Cymodocella foveolata*, *Ischyromene menziesi* e *Isocladus bahamondei*. Dentro del grupo Flabellifera la familia Ancinidae no había sido observada para las costas chilenas por ningún trabajo anterior dedicado a la diversidad de isópodos. Esta familia presentó una especie, la que fue determinada como perteneciente al género *Ancinus* Milne Edwards, 1840, sin embargo, no fue posible su identificación a nivel de especie debido a que sus características diagnósticas no correspondieron a ninguna especie del género. También fueron revisadas las especies del otro género de la familia (*Bathymoepa*) obteniéndose el mismo resultado, por lo que estos individuos fueron clasificados como un taxón superior *Ancinus* sp. y es probable que esta sea una especie nueva para la fauna de isópodos chilenos. Por lo tanto, se registra por primera vez en aguas costeras del Pacífico Sudamericano el género *Ancinus* Milne Edwards, 1840. Hasta ahora las especies de este género presentaban su distribución en Atlántico tropical oeste, Golfo de los E.E.U.U (Shultz 1973), el Caribe y Brasil (Glynn and Glynn 1974; Pires 1987; Kensley and Schotte 1989), mientras que en el Pacífico norte, se han registrado en costas de California y México (Rocha-Ramírez, Chávez-López et al. 2010). Por otro lado el Sphaeromatido *Isocladus* sp ampliamente colectado en este trabajo se presenta confuso taxonómicamente, y seguramente agrupa a más de una especie. Esto debido principalmente a dos hechos; (1) los individuos hembras de las especies del género *Exosphaeroma* e *Isocladus* de la familia Sphaeromatidae, pertenecen al grupo Hemibranchiata (Hansen 1905), agrupación que se caracteriza por la morfología de los endópodos de los pleópodos IV y V, estos son gruesos y carnosos con pliegues transversales profundos, en cambio los exópodos son delgados y carecen de estos pliegues. Los individuos hembra entre estos dos géneros son morfológicamente indiferenciables,

hecho reconocido por Menzies (1962) y Carvacho (1997), debido a que las especies del género *Isocladus* presentan en el individuo macho un proceso espinal medial en el pereonito VII, característica que los diferencia de los machos de *Exosphaeroma lanceolata*. Las hembras de ambas especies no presentan este proceso espinal y por lo demás presentan características compartidas como la morfología de las piezas genitales, forma del pleotelson, de los urópodos y ambas presentan en la sutura del pleonito I, una bilobulación dorsal. Lo que hace que las hembras de ambos géneros sean confundidas fácilmente (Carvacho 1997). Y segundo hecho Menzies (1962) presenta una especie clasificada como *Isocladus sp*, la cual presenta: “Dorso del pleotelson con tres carinas, un par anterior y otra apical en la zona media. El ápice de las ramas de los urópodos subsimilares, ni redondeada, ni truncada o crenulada, el exopodito ligeramente más corto que el endópodo, este no se extiende más allá del margen del pleotelson. El pleonito II presenta un par de tubérculos mediales, de lo contrario el pleon suave”. Este autor encontró un solo espécimen de hembra grávida y señala que la forma del pleotelson le permite asignarlo como *Isocladus*, sin embargo no encuentra especímenes machos. Señala que este espécimen se parece a los individuos hembra de *Exosphaeroma*, tal vez idéntico (Menzies 1962). El caso es que en nuestro estudio 29 individuos de esta especie fueron colectados y fueron encontrados individuos machos y hembras con tales características, lo que nos sugiere que es una especie confusa taxonómicamente, pudiendo tratarse de alguna especie de la familia Sphaeromatidae no registrada en Chile o bien de una especie nueva para la ciencia. Estas especies están siendo investigadas con mayor profundidad y los resultados serán dados a conocer en trabajos posteriores.

Los isópodos de la costa chilena evidencian un gradiente latitudinal de riqueza específica, aumentando hacia las zonas más australes (Gonzalez *et al.* 2008), con un

máximo de riqueza en la zona de Magallanes, debido probablemente a que esta zona ha sido ampliamente estudiada (Brandt and Wägele 1989; Winkler 1992; Winkler 1994; Brandt *et al.* 1997; Lorenti and Mariani 1997; Doti *et al.* 2005). Sin embargo, este patrón puede ser consecuencia del conocimiento incompleto y fragmentado de este grupo a lo largo de todo el país (Menzies 1962; González 1991). Por lo que este estudio contribuye a completar esta laguna de conocimiento y permitirá interpretar de mejor forma estos patrones zoogeográficos. La riqueza específica total de este estudio fue mayor comparado con estudios realizados al norte y algunos al sur del estuario del Río Valdivia. Carvacho (1982) en la costa de Concepción colectó (11 sp), 12 especies fueron registradas en la costa de Chiloé occidental (Carvacho and Saavedra 1994) y 7 especies colectadas por Jaramillo (1982) para playas de arena del sur de Chile (5 localidades entre 37°09'S y 41°54'S). Incluso comparado con las 13 especies registradas en la Isla de Rapa Nui (Kensley 2003). Esto puede deberse a la extensión del muestreo de este estudio, 24 meses y 7 sitios fueron evaluados en este estudio, en cambio los trabajos anteriormente citados son resultado de muestreos puntuales. Comparando la riqueza obtenida por nuestro estudio con la zona austral tenemos que 24 especies fueron colectadas en el Estrecho de Magallanes (Lorenti and Mariani 1997) y 25 en el Canal Beagle (Brandt *et al.* 1997). En general, se confirma el patrón latitudinal de riqueza en los peracaridos, mencionado anteriormente con una riqueza específica mayor hacia latitudes australes (Thiel *et al.* 2003; González *et al.* 2008).

Sin lugar a dudas el fondo sedimentario contó con una cantidad de individuos superior al fondo rocoso en el orden de los miles. Tal diferencia en densidad, no se presenta referida a la riqueza específica, contando el fondo sedimentario con una especie más que el fondo rocoso. 10 especies ocurrieron indistintamente en ambos tipos de fondo (Tabla 4). El fondo sedimentario presenta 4 que ocurren solo en este sustrato, estas son *Natatolana*

chilensis (Fig. 27(2)), *Ancinus sp* (Fig. 27(4)), *Ischyromene tuberculata* (Fig. 27(8)) y *Macrochiridothea lilianae* (Fig. 28(4) y (5)). De estas especies solo *Ischyromene tuberculata* ha sido anteriormente citada para un sustrato distinto del que fue colectada. Esta especie ha sido registrada para fondo rocoso de carácter expuesto y protegido (Menzies 1962; González *et al.* 2008) por lo tanto, el sustrato en el que fue colectada no concuerda con el registrado en la literatura. Por otro lado *Ischyromene menziesi* (Fig. 27(9)), *Amphoroidea typa* (Fig. 27(5)) y *Paranthura porteri* (Fig. 27(1)) fueron colectadas exclusivamente en ambiente rocoso, estas especies previamente han sido citadas para este mismo tipo de fondo (Menzies 1962). De todas las especies colectadas en este trabajo 6 fueron registradas en el tipo de fondo para el cual no están citadas, estas son: *Cymodocella foveolata*, *Ischyromene tuberculata*, *Edotea transversa*, *Cleantis linearis*, *Macrochiridothea mehuinensis*, *Chaetilia paucidens*, por lo que se sugiere que no necesariamente estas especies habitan estrictamente el ambiente sedimentario y/o arenoso donde habían sido reportadas. La distribución de las especies de isópodos según el tipo de fondo, esta relacionada con el nicho ecológico que estas utilizan, y probablemente tiene que ver con la preferencia hacia uno de los tipos de sustrato, en base a los hábitos particulares que las especies presentan, de los cuales se tiene poco conocimiento.

En comparación con los sitios de muestreo aledaños al estuario del Río Valdivia al norte y al sur, la riqueza específica del estuario estuvo por sobre los sitios de comparación fuera de este. 14 especies fueron colectadas en el estuario y de estas 4 especies se distribuyeron solo dentro de este, estas especies fueron *Ischyromene tuberculata*, *Cristaserolis plana*, *Edotea transversa* y *Cleantis linearis*. Pese a esto no podemos aseverar que estas especies posean un carácter eurihalino, debido a que si bien fueron colectadas

solo en el estuario del Río Valdivia, lo hicieron en los sitios externos del estuario que presentan una influencia predominantemente marina.

La comparación justa de la riqueza específica realizada tomando en cuenta solo las especies colectadas durante verano 2009 entre los sitios del estuario y los sitios adyacentes (Fig. 19), se llevó a cabo a modo de estandarizar la comparación, debido a que el esfuerzo de muestreo en los sitios del estuario fue constante durante dos años de muestreo, en cambio los sitios adyacentes fueron muestreados puntualmente para realizar comparaciones en la composición faunística. Como resultado de esto se observó que la riqueza se homogeniza entre los sitios, y no se observan grandes diferencias entre la cantidad de especies entre los sitios del estuario y los sitios adyacentes a este. Sin embargo, Huape se presenta como el sitio con mayor riqueza de especies debido probablemente a características y procesos locales, como la heterogeneidad ambiental y la desembocadura de dos esteros que pueden contribuir con aporte de nutrientes (*obs. personal*). Así podemos observar como el esfuerzo de muestreo influye en la riqueza de especies encontrada. Al aumentar el esfuerzo de muestreo aumenta el número de especies encontradas.

A juzgar por los presentes datos las mayores densidades de isópodos parecen estar fundamentalmente ubicadas en el sitio de San Carlos en fondo sedimentario, ubicado en la zona exterior, cara sur del estuario, sitio que presenta una marcada influencia marina determinada por la salinidad y temperatura, caracterizado por sedimentos de textura áspera dominado por grava y en menor medida por arena con una composición baja de materia orgánica. Este sitio esta fuertemente dominado en fondo sedimentario por los sphaeromatidos *Isocladus sp* e *Isocladus bahamondei*, estas especies son citadas por Menzies (1962) habitando principalmente sobre sustrato rocoso, sin embargo en el mismo

trabajo aparecen colectadas también en fondo sedimentario. Para el mismo sitio en fondo rocoso, dominan en abundancia relativa las mismas especies antes mencionadas y se agregan *Edotea dalhi* y *Cymodocella foveolata* ambas especies típicamente de ambientes rocosos (Menzies 1962). Independientemente de esto, en ambos tipos de sustrato son las mismas especies del género *Isocladus* las que aparecen con un alto porcentaje de contribución, junto con las especies de la familia Idoteidae. Estos mismos grupos de isópodos han sido reportados como frecuentes en otros estudios de biodiversidad de isópodos del sur de Chile, utilizando sustrato conformado por conchas de moluscos trituradas (Brandt *et al.* 1997).

El sustrato sedimentario en el estuario del Río Valdivia sustenta isópodos en mayor densidad que el sustrato rocoso (Fig. 22). Tanto San Carlos como Los Molinos en fondo sedimentario, presentan densidades promedio mayores que las dadas en fondo rocoso, respectivamente para cada sitio. Muy por debajo de estos Mancera no supera el individuo por metro cuadrado en promedio. Este patrón es contrario a lo reportado refiriéndose a la comunidad completa de macrofauna bentónica registrada en los estuarios del sur de Chile, donde las mayores abundancias y riquezas específicas fueron registradas en los fondos donde abundó la fracción fina de sedimento y los mayores valores de materia orgánica (Bertrán 1984; Jaramillo *et al.* 1985; Richter 1985; Bertrán 1989; Low 1993), probablemente por el significado potencial de esta como alimento (Low 1993). Esto se debe en parte a que este estudio está dirigido a la taxocenosis de isópodos del estuario y no a la comunidad macrofaunística la que responde de manera distinta a los variables ambientales, por lo que el ensamble de isópodos aparte de estar influenciado por tales variables ambientales, estas por sí solas no explican el hecho de que el sustrato sedimentario contenga una mayor densidad de isópodos, tal vez existen otros procesos relacionados con

las poblaciones de isópodos y otras interacciones que pueden estar operando y pueden representar una mayor influencia, como pueden ser las interacciones biológicas sobre los individuos de fondo rocoso.

Confrontando estas densidades con los resultados de abundancia relativa, podemos señalar que la alta densidad encontrada en San Carlos se debe al aporte de los Sphaeromatidos, los que a su vez explican la fuerte variación estacional en la densidad encontrada en este sitio (Fig. 23A). Se sugiere que los valores máximos observados en los meses primaverales de septiembre, octubre y noviembre de 2008 y 2009 se deberían a eventos reproductivos de *Isocladus sp* e *Isocladus bahamondei*. Este fenómeno se observa también en el sustrato rocoso, pero en menor magnitud (Fig. 23B).

En general los índices de diversidad para el ensamble de isópodos del estuario del Río Valdivia son bajos, comparados con otros trabajos de biodiversidad de fauna bentónica en estuarios, bahías y litoral de Chile (Ríos *et al.* 2003; Ríos *et al.* 2010). El ambiente sedimentario se presenta más diverso que el ambiente rocoso para ambos sitios estudiados, debido probablemente a que el fondo sedimentario presenta una riqueza específica mayor que el fondo rocoso. El sitio de mayor diversidad promedio es San Carlos, seguido por Los Molinos. Mensualmente se observa (Fig. 40) que el índice para el sitio de San Carlos esta por sobre Los Molinos, sin embargo este sitio presenta una riqueza específica menor que Los Molinos y una abundancia relativa dominada porcentualmente por dos especies, en cambio Los Molinos de mayor riqueza específica presenta tres especies dominando en abundancia relativa. Por lo que estos datos no explican que San Carlos presente un índice de diversidad mayor que Los Molinos para el sustrato sedimentario. El resultado del análisis SIMPER nos da luces de una mejor explicación de este patrón, debido a que San

Carlos presenta dos especies explicando el 94% en similitud, en cambio Los Molinos presenta una sola especie explicando el 83,8% de la similitud entre sus muestras. En el sustrato rocoso se da la misma explicación, debido a que San Carlos presenta un índice mayor de diversidad que Los Molinos. Según este análisis en San Carlos son cuatro las especies que explican la similitud de las muestras, en cambio en Los Molinos son dos especies las que se llevan el 92% de la similitud. Por lo que Los Molinos aparentemente podría tener mayores índices de diversidad, debido a la mayor riqueza de especies y a la menor densidad que presentan, sin embargo es San Carlos el sitio con mayor índice promedio de diversidad, debido a la contribución en la similitud, de un número mayor de especies.

La estructura del ensamble de isópodos se presenta distinta según el sitio del estuario al que nos referimos. San Carlos sitio ubicado en la sección externa del estuario, se presenta como un ambiente de características predominantemente marinas, según los datos ambientales entregados, de sedimentos más bien gruesos, con bajos contenidos de materia orgánica, se encuentra dominado por los Sphaeromatidos de pequeño tamaño en el fondo sedimentario agregándose en el sustrato rocoso un Idoteido y otro Sphaeromatido típico de fondo rocoso como es *Cymodocella foveolata*, especie también de pequeño tamaño. Esta estructura se encuentra explicada por la asociación de estas especies a la composición de sedimento más bien grueso y a la cantidad baja de materia orgánica. Los Molinos presenta un ensamble de isópodos distinto de San Carlos, debido a que son otras especies las que estructuran el ensamble, sin embargo son las mismas variables ambientales, composición del sedimento y materia orgánica, las que se asocian a la estructuración del ensamble. Así en este sitio, la composición del sedimento esta dominada por arena y presenta un contenido de materia orgánica mayor a San Carlos, este es un sitio mas protegido y con

aportes importantes de materia orgánica, debido a la contribución humana y a la actividad pesquera aquí desarrollada. Por lo que podríamos señalar que las especies que ocurren en este sitio presentan afinidad por el sedimento arenoso y probablemente presentan hábitos alimentarios detritívoros. A diferencia del ensamble de isópodos de San Carlos estas especies son de un tamaño mayor.

Una forma básica e indirecta de caracterizar los sub-hábitat en los isópodos es relacionar las variedades morfológicas con la estructura particular del sustrato (Lorenti and Mariani 1997). La forma del cuerpo es la característica más inmediata. En el caso de San Carlos y Los Molinos las relaciones son las siguientes: especies capaces de enrollarse como los Sphaeromatidos de tamaño adecuado para las grietas de las rocas e intersticios del sedimento, especies de forma plana como Serolidos para adherirse a sustratos duros o camuflarse en el fondo, especies con forma de araña y epibiontes ramificados para sujetarse o escalar estructuras ramificadas y erectas. En cuanto a la estructura trófica de las poblaciones de isópodos no es fácil confinar organismos generalistas como los isópodos a categorías estrictas como omnívoro o detritívoro. Algunas especies son capaces de cambiar de un modo alimentario a otro dependiendo de la disponibilidad de alimento y de los factores ambientales particulares (Lorenti and Mariani 1997), razón por la cual tal vez en este trabajo encontramos a algunas especies en ambos tipos de fondo. Así por ejemplo los Sphaeromatidos parecen recurrir a una amplia gama de recursos alimenticios, formada por detritus vegetal, microalgas y posiblemente tejido vivo de algas. Especies de la familia Serolidae han sido reportadas como carnívoros, probablemente depredadores de meiofauna (Lorenti and Mariani 1997).

Por otro lado los límites de distribución espacial de los isópodos, la estructura comunitaria y la diversidad en el estuario del Río Valdivia parecen estar influenciados por la salinidad, el tipo de sustrato (% de grava) y la cantidad de MO, según los resultados de los análisis efectuados. Soportando esta idea se observa que: la zona media del estuario, Mancera, arrojó una diversidad escasa, densidades extremadamente bajas y reducida ocurrencia de individuos a lo largo del periodo de muestreo. Esto se puede ser explicado por (1) masivos eventos hiposalinos producto de la inestabilidad climatológica propia de esta zona geográfica, la que presenta altas pluviosidades generando un aporte mayor de agua dulce al sistema, aumentando el caudal del río en invierno y primavera (Cade-Idepe 2004), eventos alternados con períodos de buen tiempo que provocan drásticos cambios en las condiciones de salinidad registrando en este sitio 0 a 7.5 psu a lo largo del año (Pardo *et al.* 2011). Si bien San Carlos y Los Molinos se ven afectados por estos eventos hiposalinos, registrando bajas salinidades en meses invernales, estos eventos no son crónicos, es decir no se mantienen en el tiempo y no se registran valores tan extremos como en Mancera. (2) Las características hidrográficas referidas a las velocidades de las corrientes del fondo, han sido mencionadas como factores que determinan los mecanismos de transporte y depositación del sedimento y diferenciación de las facies sedimentarias (Low 1993) en los distintos sitios estudiados en el estuario del Río Valdivia. Así en el sector externo de este, las velocidades en el fondo alcanzan hasta 1 m/s y los mecanismos de transporte detectados en este sector corresponden a tracción por el fondo (Cisternas 1992), de esta forma, el sitio de San Carlos presenta un porcentaje de composición dominante de grava y arena y Los Molinos, aparentemente con velocidades de tracción menores, una composición dominante de arena. En cambio en el sector medio-interno las velocidades de reflujos disminuyen y los sedimentos se hacen más finos, seguido del aumento de fango, como ocurre en Mancera, donde la fracción del sedimento dominante es arena seguida de fango. Por lo que los

sedimentos en el estuario del Río Valdivia deben interpretarse en función del equilibrio hidrodinámico entre las corrientes (velocidades) que traccionan los sedimentos y la capacidad de depositación de este, en las zonas de menores velocidades (Cisternas 1992) junto con la acción de las mareas (Ruiz 2010). Por lo que la escasa ocurrencia de individuos en Mancera puede explicarse también por la composición del sedimento. El fondo fangoso ha sido mencionado como un sustrato menos adecuado para las poblaciones de isópodos (Lorenti and Mariani 1997), al ser considerado este como un sustrato menos estructurado y más compacto. Concordando con nuestros resultados bajas densidades fueron registradas en estaciones de sedimento fangoso en comparación con las mayores registradas en los sitios con sedimentos de texturas más gruesas en el Estrecho de Magallanes (Lorenti and Mariani 1997). Por lo que la composición del sedimento es un factor que puede estar influenciando la distribución de los isópodos en el estuario. (3) La materia orgánica presenta un gradiente de distribución espacial, variando con altos porcentajes de composición en la zona interna, como es Mancera, disminuyendo en Los Molinos, seguido de San Carlos. Los valores calculados en este estudio son similares a los publicados previamente para este estuario (Low 1993) y se presentan asociados a los porcentajes de fango, coincidiendo con los resultados mencionados para estuarios del hemisferio norte, donde los contenidos de materia orgánica estuvieron correlacionados con los porcentajes de fango y en general siguen a distribución del sedimento (Lopez-Jamar 1981; Ishikawa 1989). Por lo que en este estudio si bien la materia orgánica (MO) resulta en una de las variables de mejor relación con los índices biológicos, esta podría ser consecuencia de un artefacto en el análisis, ya que los otros dos sitios San Carlos y Los Molinos pese a presentar niveles de materia orgánica inferiores sustentan poblaciones mucho más densas de isópodos que Mancera. (4) Finalmente ninguna de estas interpretaciones por sí sola explica el hecho de que Mancera

presente una baja diversidad, densidades extremadamente bajas y escasa ocurrencia de individuos, más bien una combinación de ellas podría estar ocurriendo en el ambiente.

El ensamble de isópodos entre los sitios de San Carlos y Los Molinos presenta sorprendentes diferencias en la composición del ensamble, sobretodo en fondo sedimentario, pese a ser localidades muy cercanas. Esto podría ser explicado en parte por las variables ambientales referidas a la composición del sedimento, en especial a la contribución de sedimentos de texturas más gruesas como grava, principal diferencia detectada entre ambos sitios y una de las variables resultantes de mejor relación con la estructura biológica. Así emerge indirectamente de nuestras consideraciones la importancia de la heterogeneidad ambiental que afecta la diversidad y abundancia de isópodos en diferentes escalas. Así en una escala local la complejidad del hábitat provee el fraccionamiento de espacio y la disponibilidad de alimento en la forma requerida por el ensamble de isópodos (diversificación espacial del nicho, gran cantidad de recursos alimenticios relativamente indiferenciados). También se sugiere como relevante el hecho de que los peracáridos tienen desarrollo directo y los nuevos individuos de la población local quedan en el mismo lugar. Esto implicaría que el flujo de individuos es bajo entre localidades apartadas. En el fondo rocoso, en cambio se observa una leve sobreposición de especies, debido tal vez a la existencia de gradientes ambientales entre las áreas que ocupan, lo que ha sido documentado en estuarios de Estados Unidos (Maurer *et al.* 1978). Asociaciones similares han sido reportadas para otros estuarios del sur de Chile. Richter (1985) documentó que además de las propiedades del sustrato la salinidad y la turbulencia juegan un rol importante en la distribución de los organismos en el estuario del Río Lingue. Otro factor importante, pero no evaluado en este estudio es la influencia sobre los patrones de abundancia y distribución de las especies de isópodos que ejerce la presión de

depredación de los peces demersales y crustáceos brachiuros habitantes del estuario, como es reportado para el estuario del Río Queule, sur de Chile (Jaramillo *et al.* 1985).

Finalmente el régimen hidrodinámico del estuario del Río Valdivia puede ser visto como el factor de mayor influencia en la abundancia y diversidad del ensamble de isópodos actuando: (1) en la distribución de los sedimentos ordenando aquellos más gruesos en San Carlos y aquellos más finos en Los Molinos y Mancera. (2) En la distribución de la salinidad manteniendo a Mancera con valores bajos y a los otros dos sitios con valores mayores de salinidad afectando la ocurrencia de individuos. (3) Transportando detritus de materia vegetal o manteniendo materia orgánica en suspensión, ya sea transportada desde el río o desde el mar según las mareas o por procesos de resuspensión al interior del estuario.

CONCLUSIONES

- Se registró la presencia de especies esperadas para la región temperada transicional (RTT). De estas 10 especies son colectadas por primera vez en las costas del sur de Chile, ampliando su distribución geográfica. 6 habían sido registradas para la zona y 2 presentan su primer registro en Chile (Tabla 15).
- No se encontraron isópodos de carácter estuarino en el presente estudio, corroborando lo registrado para otros estudios de la costa chilena, sin embargo dos especies *Cleantis linearis* y *Cristaserolis plana* fueron registradas solo en los márgenes del estuario. A diferencia de otros estuarios de otras zonas geográficas (*i.e.* Sudáfrica) donde si existen isópodos estuarinos capaces de sobrevivir en ambientes muy variables en cuanto a salinidad.
- El género *Ancinus* se registra por primera vez para la Subregión Templada Sur (Espinoza-Pérez and Hendrickx 2006) del Pacífico Sudamericano, los individuos no fueron identificados a nivel de especie debido a que los ejemplares colectados no se corresponden con la características diagnósticas de ninguna de las especies de éste género. Por lo que posiblemente se trate de una especie nueva para la ciencia.
- El patrón de riqueza específica mencionado por González *et al.* (2008), el cuál sostiene que la riqueza de crustáceos peracáridos aumenta hacia latitudes mayores, se confirma en este estudio, al presentar una riqueza especies menor que zonas australes de Chile.

- Las mayores densidades fueron registradas en San Carlos y en general en fondo sedimentario, con una fuerte variación estacional, debido a la contribución predominante de las especies de la familia Sphaeromatidae y en especial al producto de los eventos reproductivos de *Isocladus sp* e *Isocladus bahamondei*.
- La composición del sedimento, la distribución de la salinidad parecen ser las variables físicas que estructuran mayormente el ensamble de isópodos de fondo sedimentario en el estuario del Río Valdivia.

BIBLIOGRAFÍA.

- Álvarez-Cabria, M., J. Barquín and J. Juanes (2011). "Macroinvertebrate community dynamics in a temperate European Atlantic river. Do they conform to general ecological theory?" Hydrobiologia **658**(1): 277-291.
- Arcos, D., H. Peña, S. Nuñez, J. Ortiz, L. Furet, S. Figueroa, A. Sepúlveda, H. Rebolledo, J. Castillo, A. Turner, H. Gonzalez, G. Valenzuela y E. Menschel (2000). Determinación de la capacidad de carga de las zonas estuarinas de los Ríos Valdivia y Bueno, X Región. (Río Valdivia). I. d. I. Pesquera. Talcahuano, Chile. **FIP N° 2000-29**: 341.
- Aydogan, A., J. W. Wägele and J. Y. Park (2000). "New deep-sea isopods (Crustacea, Isopoda, Asellota) from the Atacama-Trench." Mitt. Mus. Nat. Kd. Berl., Zool Reihe **76**(2): 175-194.
- Beck, M. W., J. K. L. Heck, K. W. Able, D. L. Childers, D. B. Eggleston, B. M. Gillanders, B. Halpern, C. G. Hays, K. Hoshino, T. J. Minello, R. J. Orth, P. F. Sheridan and M. P. Weinstein (2001). "The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates." Bioscience **51**(8): 633.
- Bertrán, C. (1984). "Macroinfauna intermareal en un estuario del Sur de Chile (estuario del Río Lingue, Valdivia)." Studies on Neotropical Fauna and Environment **19**(1): 33-46.
- Bertran, C. E. (1989). "Zonación y dinámica temporal de la macroinfauna intermareal en el estuario del Río Lingue (Valdivia, Chile)." Revista Chilena de Historia Natural **62**: 19-32.
- Boone, P. L. (1920). "*Calamura porteri*. A new genus and species of Isopod from Chile." Revista Chilena de Historia Natural **2**: 25-32.

- Brandt, A. (1997). "Biodiversity of peracarid crustaceans (Malacostraca) from the shelf down to the deep Arctic Ocean." Biodiversity and Conservation **6**: 1533-1556.
- Brandt, A. (1999). "On the origin and evolution of Antarctic Peracarida (Crustacea, Malacostraca)." Scientia Marina **63**(Supl. 1): 261-274.
- Brandt, A., K. Linse and U. Mühlenhardt-Siegel (1999). "Biogeography of Crustacea and Mollusca of the Subantarctic and Antarctic regions." Scientia Marina **63**(Supl. 1): 383-389.
- Brandt, A., K. Linse and W. Ursula (1997). "Abundance and diversity of peracarid taxa (Crustacea, Malacostraca) along a transect through the Beagle Channel, Patagonia." Polar Biology **18**: 83-90.
- Brandt, A. and J. W. Wägele (1989). "Redescription of *Cymodocella tubicauda* Pfeffer 1887 and *Exosphaeroma gigas* (Leach 1818) (Crustacea, Isopoda, Sphaeromatidae)." Antarctic Science **1**(3): 205-214.
- Brey, T. (1991). "The Relative Significance of Biological and Physical Disturbance: an Example from Intertidal and Subtidal Sandy Bottom Communities." Estuarine, Coastal and Shelf Science **33**: 339-360.
- Bruce, N. L. (2008). "Two new deep-water species of *Caecoserolis* Wägele, 1994 (Isopoda, Sphaeromatidea, Serolidae) from off North Island, New Zealand." Zootaxa **1866**: 453-466.
- Brusca, R. C. and E. W. Iverson (1985). "A Guide to the Marine Isopod Crustacea of Pacific Costa Rica." Revista de Biología Tropical **33**(Suplemento 1): 1-85.
- Byers, S., E. Mills and P. Steward (1978). "A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method." Hydrobiologia **58**: 43-47.

- Cade-Idepe (2004). Diagnostico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del Rio Valdivia. M. d. O. P. Dirección General de Aguas, Gobierno de Chile.
- Camargo, J. A. (1995). "On measuring species evenness and other associated parameters of community structure." Oikos **74**(3): 538-542.
- Campos, E. y G. Villarreal (2008). "Isópodos litorales y de aguas someras de la bahía de Todos los Santos, Baja California, México." Revista Mexicana de Biodiversidad **79**: 347-354.
- Campos, N. (2003). "Los Isópodos Marinos (Crustacea:Peracarida) del Caribe Colombiano." Biota Colombiana **4**(1): 79-87.
- Camus, P. A. (2001). "Biogeografía marina de Chile Continental." Revista Chilena de Historia Natural **74**: 587-617.
- Carvacho, A. (1977). "Isopodes intertidaux des cotes du centre et nord du Chili. I. Familles des Cirolonadae, Excorallanidae et Corallanidae." Crustaceana **32**: 27-32: 27-44.
- Carvacho, A. (1982). "Isopódos Litorales de la Costa de Concepción, Chile Central." Studies on Neotropical Fauna and Environment **17**: 195-207.
- Carvacho, A. (1997). "*Isocladus Bahamondei*, espèce nouvelle de Sphaeromatidae de la côte sud du Chili (Isopoda)." Crustaceana **70**(1): 61-67.
- Carvacho, A. (1997). "Redescripción de *Macrochiridothea setifer* Menzies, 1962 y Revisión del Genero *Macrochiridothea* Ohlin, 1901 (Isopoda: Valvifera: Idoteidae)." Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Chile **46**: 45-54.
- Carvacho, A. y M. Saavedra (1994). "Sobre una Colección de Crustaceos de Chiloe Occidental, Chile." Gayana Zoologia **58**(2): 169-179.
- Castelló, J. (2004). "Isopods (Crustacea, Isopoda) from the Spanish "Bentart-94/95" expeditions to the South Shetland Islands (sub_Antarctic)." Polar Biology **28**: 1-14.

- Cisternas, M. C. (1992). Distribución espacial de facies seimentarias de los estuarios Valdivia-Tornagaleones y Bahía de Corral, X Región. Instituto de Pedagogía. Escuela de Pedagogía en Historia, Geografía y Educación Cívica. Valdivia, Universidad Austral de Chile.
- Clarke, K. R. and R. N. Gorley (2006). User Manual/Tutorial. Plymouth, UK, PRIMER-E Ltd.
- Clarke, K. R. and R. M. Warwick (2001). *Change un marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition.* PRIMER-E. Plymouth, United Kingdom.
- Connell, J. H. (1978). "Diversity in Tropical Rain Forest and Coral Reefs." Science **199**(4335): 1302-1310.
- Choudhury, M. and A. Brandt (2007). "Composition and distribution of benthic isopod (Crustacea, Malacostraca) families off the Victoria-Land (Ross Sea, Antarctica)." Polar Biology **30**: 1431-1437.
- Choudhury, M. and A. Brandt (2009). "Benthic isopods (Crustacea, Malacostraca) from the Ross Sea, Antarctica: species checklist and their zoogeography in the Southern Ocean." Polar Biology **32**: 599-610.
- Doti, B. L., D. Roccatagliata and D. G. Zelaya (2005). "The shallow-water Asellota (Crustacea: Isopoda) from the Beagle Channel: Preliminary taxonomic and zoogeographical results." Scientia Marina **69**(Suppl. 2): 159-166.
- Espinoza-Pérez, M. d. C. and M. E. Hendrickx (2006). "A comparative analysis of biodiversity and distribution of shallow-water marine isopods (Crustacea: Isopoda) from polar and temperate waters in the East Pacific." Belg. J. Zool. **136**(2): 219-247.

- Ferrando, A., J. L. Esteves, R. Elías and N. Méndez (2010). "Intertidal macrozoobenthos in sandy beaches of Bahía Nueva (Patagonia, Argentina) and their use as bioindicator of environmental impact." Scientia Marina **74**(2): 345-352.
- Giarratano, E., L. Comoglio and O. Amin (2007). "Heavy metal toxicity in *Exosphaeroma gigas* (Crustacea, Isopoda) from the coastal zone of Beagle Channel." Ecotoxicology and Environmental Safety **68**(3): 451-462.
- Glynn, P. W. and C. S. Glynn (1974). "On the Systematics of *Ancinus* (Isopoda, Sphaeromatidae), with the Description of a New Species from the Tropical Eastern Pacific." Pacific Science **28**(4): 401-422.
- Gonzalez, E. (1991). "Actual state of gammaridean amphipoda taxonomy and catalogue of species from Chile." Hydrobiologia **223**: 47-68.
- Gonzalez, E. y M. Thiel (2004). "Índice Bibliográfico sobre Biodiversidad Acuática de Chile: Crustáceos Peracáridos (Crustacea)." Ciencia y Tecnología del Mar **27**(1): 133-150.
- Gonzalez, E., P. Haye, M. J. Balanda and M. Thiel (2008). "Lista Sistemática de Especies de Peracaridos de Chile (Crustacea, Eumalacostraca)." Gayana **72**(2): 157-177.
- Harrison, K. and J. P. Ellis (1991). "The Genera of the Sphaeromatidae (Crustacea: Isopoda): a Key and Distribution List." Invertebrate Taxonomy **5**: 915-952.
- Henninger, T. O., P. W. Froneman and A. N. Hodgson (2008). "The population dynamics of the estuarine isopod *Exosphaeroma hylocoetes* (Barnard, 1940) within three temporarily open/closed southern African estuaries." African Zoology **43**(2): 202-217.
- Hill, M. O. (1997). "An evenness statistic based on the abundance-weighted variance of species proportions (Comment)." Oikos **79**(2): 413-416.

- Huston, M. (1979). "A General Hypothesis of Species Diversity." The American Naturalist **113**(1): 81-101.
- Ishikawa, K. (1989). "Relationship between bottom characteristics and benthic organisms in the shallow water of Oppa Bay Miyagi." Marine Biology **102**: 265-273.
- Jaramillo, E. (1977). "*Macrochiridotea mehuinensis* n. sp. (Valvífera, Idoteidae), nuevo isópodo marino de las costas del Sur de Chile." Studies on Neotropical Fauna and Environment **12**: 71-80.
- Jaramillo, E. (1982). "Taxonomy, Natural History and Zoogeography of Sand Beach Isopods from the Coast of Southern Chile." Studies on Neotropical Fauna and Environment **17**: 175-194.
- Jaramillo, E., S. Mulsow and R. Navarro (1985). "Intertidal and subtidal macroinfauna in the Queule River Estuary, South of Chile." Revista Chilena de Historia Natural **58**: 127-137.
- Keable, S. J. (2006). "Taxonomic Revision of *Natatolana* (Crustacea: Isopoda: Cirolanidae)." Records of the Australian Museum **58**: 133-244.
- Kensley, B. (1982). "Deep-Water Atlantic Anthuridea (Crustacea: Isopoda)." Smithsonian Contributions to Zoology **346**: 1-68.
- Kensley, B. (2003). "Marine Isopod Crustaceans from Eastern Island." Pacific Science **57**(3): 287-317.
- Kensley, B. and M. Schotte (1989). Guide to the Marine Isopod Crustaceans of the Caribbean. Washington, D.C. and London, Smithsonian Institution Press.
- Lancellotti, D. A. and J. A. Vásquez (1999). "Biogeographical patterns of benthic macroinvertebrates in the Southeastern Pacific littoral." Journal of Biogeography **26**(5): 1001-1006.

- Lancellotti, D. A. y J. A. Vasquez (2000). "Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina." Revista Chilena de Historia Natural **72**: 99-129.
- Lopez-Jamar, E. (1981). "Spatial distribution of the infaunal benthic communities of the Ria de Muros, Northwest Spain." Marine Biology **63**: 29-37.
- Lorenti, M. and S. Mariani (1997). "Isopod assemblages in the Straits of Magellan: structural and functional aspects." Polar Biology **18**: 254-259.
- Low, A. (1993). Distribución y abundancia de la pequeña macroinfauna estival en estuarios micromareales del sur de Chile. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología Marina. Valdivia, Universidad Austral de Chile.
- Maurer, D., L. Watling, P. Kinner, W. Leathem and C. Wethe (1978). "Benthic invertebrate assemblages of Delaware Bay." Marine Biology **63**: 29-37.
- Menzies, R. J. (1962). The zoogeography, ecology and systematics of the Chilean Marine Isopods. New York.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. . M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol 1. Zaragoza. 84pp.
- Muñoz, A. A. and F. P. Ojeda (1998). "Guild structure of carnivorous intertidal fishes of the Chilean coast: implications of ontogenetic dietary shifts." Oecologia **114**: 563-573.
- Newman, B. K., T. H. Wooldridge and A. C. Cockroft (2007). "Aspects of the biology and ecology of the estuarine cirrolanid isopod, *Cirolana fluviatilis*." African Zoology **42**(1): 12-22.
- Niemayer, H. y P. Cereceda (1984). Hidrografía. Colección Geográfica de Chile. I. G. Militar. **Tomo VIII**: 320.

- Paine, R. T. (1966). "Food Web Complexity and Species Diversity." The American Naturalist **100**(910): 65-75.
- Pardo, L. M., C. Boyko and F. Mantelatto (2009). "Description of a new species of *Asymmetrione* (Isopoda: Bopyridae: Pseudioninae) infesting the hermit crab *Paguristes tomentosus* (Anomura: Diogenidae) from Peru, with a key to species and a review of southeastern Pacific bopyrids." Journal of Natural History **43**(33-34): 2041-2055.
- Pardo, L. M., K. González, J. P. Fuentes, K. Paschke and O. R. Chaparro (2011). "Survival and behavioral responses of juvenile crabs of *Cancer edwardsii* to severe hyposalinity events triggered by increased runoff at an estuarine nursery ground." Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **404**: 33-39.
- Pino, M., G. M. E. Perillo and P. Santamarina (1994). "Residual Fluxes in a Cross-section of the Valdivia River Estuary, Chile." Estuarine, Coastal and Shelf Science **38**: 491-505.
- Pires, A. M. S. (1987). "The Contribution of Isopods in the Feeding of *Sympterygia spp* (Pisces: Rajidae) with a Description of *Ancinus gaucho* sp. n. (Isopoda: Sphaeromatidae)." Bolm Inst Oceanogr S Paulo **35**(2): 115-122.
- Pritchard, D. W. (1967). What is an estuary: Physical viewpoint. Estuaries. G. e. Lauff, American Association for Advancement of Science. **Publ.83**: 3-5.
- Richter, W. (1985). "Distribution of the soft-bottom macroinfauna in an estuary of Southern Chile." Marine Biology **86**: 93-100.
- Ríos, C., E. Mutschke y E. Morrison (2003). "Biodiversidad Bentónica Sublitoral en el Estrecho de Magallanes, Chile." Revista de Biología Marina y Oceanografía **38**(1): 1-12.

- Rios, C., E. Mutschke y A. Montiel (2010). "Estructura de la comunidad macrofaunística bentónica en la boca oriental del Estrecho de Magallanes, Chile Austral." Anales del Instituto de la Patagonia **38**(1): 83-96.
- Rocha-Ramírez, A., R. Chávez-López and E. Peláez-Rodríguez (2010). "*Ancinus jarocho* (Isopoda: Sphaeromatidea: Ancinidae), a new species from the central Gulf of Mexico, Mexico." Zootaxa **2397**: 61-68.
- Rojas, C. (1985). "El Estuario del Rio Queule: Un Ambiente Sedimentario en el Sur de Chile." Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología: 231-240.
- Rosenzweig, M. L. and Z. Abramsky (1993). How are Diversity and Productivity Related. Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspective. R. E. Ricklefs and D. Schluter. Chicago London, The University of Chicago Press.
- Ruiz, M. (2010). Características Hidrográficas y Estabilidad de la Columna de Agua en el Complejo Estuarino Valdivia-Tornagaleones Facultad de Ciencias. Escuela de Biología Marina. Valdivia-Chile, Universidad Austral de Chile.
- Schluter, D. and R. E. Ricklefs (1993). Species Diversity. An Introduction to the Problem. Species Diversity in Ecological Communities. Historical and Geographical Perspective. R. E. Ricklefs and D. Schluter. Chicago and London, The University of Chicago Press.
- Shultz, G. (1973). "*Ancinus* H. Milne Edwards In The New World (Isopoda: Flabellifera)." Crustaceana **25**(3): 267-275.
- Simpson, R. D. (2002). "Definitions of Biodiversity and Measures of Its Value." Resources for the Future Discussion Paper 02-62: 1-20.
- Sivertsen, E. and L. Holthuis (1980). "The Marine Isopod Crustacea Of The Tristan Da Cunha Archipelago." Gunneria **35**.

- Sousa, W. P. (1984). "The role of disturbance in natural communities." Annual Review of Ecology & Systematics **15**: 353-391.
- Stuardo, J. y C. Valdovinos (1989). "Estuarios y lagunas costeras: ecosistemas importantes del Chile central." Amb. y Des. **5**(1): 107 -115.
- Thiel, M., E. Gonzalez, M. J. Balanda, P. Haye, R. Heard and L. Watling (2003). Diversity of Chilean Peracarids (Crustacea: Malacostraca). Contribuciones al Estudio de los Crustaceos del Pacífico Este 2. M. E. H. (ed.), Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. **2**: 13.
- Toft, J. D., J. R. Cordell and W. C. Fields (2002). "New records of crustaceans (Amphipoda, Isopoda) in the Sacramento/San Joaquin Delta, California, and application of criteria for introduced species." Journal of Crustacean Biology **22**(1): 190-200.
- Werlinger, C., Ed. (2004). Ecosistemas estuarinos. Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos. Chile, Trama Impresores S.A.
- Winkler, H. (1992). "On two Magellanic Munnidae; a new species of *Munna* and *Uromunna nana* (Nordenstam, 1933) (Crustacea: Isopoda: Asellota)." Journal of Natural History **26**: 311-326.
- Winkler, H. (1994). "Paramunnidae (Crustacea: Isopoda: Asellota) from the Magellan Strait." Zoological Journal of the Linnean Society **110**: 243-296.
- Zajac, R. N. and R. B. Whitlatch (1982). "Responses of Estuarine Infauna to Disturbance. I. Spatial and Temporal Variation of Initial Recolonization." Marine Ecology Progress Series **10**: 1-14.

ANEXO I

	San Carlos				Los Molinos				Mancera			
	Grava %	Arena %	Fango %	MOT %	Grava %	Arena %	Fango %	MOT %	Grava %	Arena %	Fango %	MOT %
nov-07	77,94	21,86	0,20	0,39	1,11	97,90	0,98	1,16	0,47	85,13	14,39	3,61
dic-07	60,33	39,49	0,18	0,48	1,29	97,15	1,56	1,23	1,41	70,27	28,33	6,31
ene-08	73,05	26,40	0,55	0,58	1,61	96,10	2,29	1,31	1,00	69,75	29,25	4,25
feb-08	89,81	9,87	0,32	0,33	0,57	97,46	1,97	1,31	0,45	82,55	17,01	3,61
mar-08	94,72	5,06	0,22	0,40	0,82	97,80	1,37	1,16	0,24	53,45	46,31	6,93
abr-08	n.d.	n.d.	n.d.	0,50	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,26	90,76	8,98	3,64
may-08	75,18	24,56	0,26	n.d.	0,44	97,36	2,20	1,57	0,63	78,66	20,71	4,87
jun-08	67,01	32,17	0,81	0,65	0,26	99,21	0,53	0,96	0,36	58,52	41,12	6,42
jul-08	n.d.	n.d.	n.d.	0,63	0,93	97,88	1,20	0,89	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ago-08	39,31	60,21	0,48	n.d.	1,18	98,15	0,67	2,11	2,95	63,45	33,60	7,59
sep-08	88,12	11,30	0,58	0,41	0,04	98,79	1,17	1,08	0,55	67,81	31,63	4,74
oct-08	77,73	21,68	0,59	0,51	2,64	92,58	4,78	1,30	0,30	74,95	24,75	4,45
nov-08	68,81	30,46	0,74	0,56	0,80	91,65	7,55	1,80	0,90	82,34	16,76	3,49
dic-08	72,17	27,25	0,59	0,55	0,73	97,87	1,40	1,11	0,74	85,68	13,57	3,28
ene-09	54,57	43,96	1,47	0,96	0,30	97,78	1,91	1,36	1,43	60,60	37,97	6,99
feb-09	85,76	13,84	0,41	0,45	1,53	94,94	3,53	1,92	0,39	93,30	6,30	3,22
mar-09	60,30	39,19	0,50	0,56	0,90	92,14	6,96	1,93	0,27	66,94	32,79	5,71
abr-09	87,98	11,74	0,28	0,43	0,94	90,98	8,09	1,11	0,76	67,19	32,05	6,04
may-09	73,23	26,42	0,36	0,55	0,49	97,05	2,46	1,25	1,59	77,37	21,03	4,41
jun-09	61,32	38,32	0,36	0,60	0,36	98,50	1,14	1,08	0,61	89,10	10,29	3,33

Tabla 1. Resultado en porcentaje del análisis granulométrico y materia orgánica para cada mes y sitio de muestreo dentro del estuario.

Grupo	N	Mediana	25%	75%
San Carlos	20	0,529	0,442	0,575
Los Molinos	20	1,263	1,107	1,464
Mancera	20	4,591	3,612	6,365

H = 52,198 with 2 degrees of freedom. (P = <0,001)

Tabla 2. ANOVA on ranks (análisis de una vía Kruskal-Wallis) de % materia orgánica total para San Carlos, Los Molinos y Mancera.

Comparación	Dif de Rank	q	P<0,05
San Carlos vs Los Molinos	798,000	10,217	Yes
San Carlos vs Mancera	402,000	5,147	Yes
Los Molinos vs Mancera	396,000	5,070	Yes

Tabla 3. Test Tukey. Procedimiento de comparación de múltiples pares entre datos de % materia orgánica total para los sitios San Carlos, Los Molinos y Mancera.

Especies	SC		LM		MAN		PIL		BON		LAM		MG		HUA	
	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R	S	R
<i>Natadolana chilensis</i> Menzies, 1962										x				x		
<i>Cymodocella foveolata</i> Menzies, 1962	x	x	x	x	x	x						x				x
<i>Ischyromene menziesi</i> Sivertsen & Holthuis, 1980			x		x											x
<i>Ischyromene tuberculata</i> Menzies, 1962	x															
<i>Amphoroidea typa</i> Milne Edwards, 1840			x													x
<i>Exosphaeroma lanceolata</i> White, 1847	x	x		x	x			x	x	x			x	x		x
<i>Isocladus bahamondei</i> Carvacho, 1977	x	x	x	x				x								x
<i>Isocladus</i> sp Miers, 1876	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x		x
<i>Ancinus</i> sp Milne Edwards, 1840																x
<i>Cristaserolis plana</i> Dana, 1853				x	x											
<i>Edotea dahli</i> Menzies, 1962	x	x	x	x								x				
<i>Edotea transversa</i> Menzies, 1962	x			x	x											
<i>Cleantis linearis</i> Dana, 1849				x	x		x									
<i>Macrochiridothea lilianae</i> Moreira, 1973	x			x												x
<i>Macrochiridothea mehuinensis</i> Jaramillo, 1977				x	x							x				x
<i>Chaetilia paucidens</i> Menzies, 1962								x	x							x
<i>Paranthura porteri</i> Boone, 1920					x				x							x

Tabla 4. Especies presentes en el estuario de Río Valdivia y sitios control adyacentes por tipo de fondo: fondo sedimentario (S) y fondo rocoso (R). San Carlos (SC), Los Molinos (LM), Mancera (MAN), Pilolcura (PIL), Bonifacio (BON), La Misión (LAM), Morro Gonzalo (MG) y Huape (HUA).

Grupo	N	Mediana	25%	75%
SC Sed	25	32,00	5,86	89,27
SC Roc	25	3,43	1,14	7,57
LM Sed	25	4,57	2,71	12,57
LM Roc	25	2,86	1,00	7,43
MAN Sed	25	0,00	0,00	0,00
MAN Roc	25	0,00	0,00	0,00

H = 91,339 con 5 grados de libertad. (P = <0,001)

Tabla 5. ANOVA on rank (una via Kruskal-Wallis) de densidad promedio por sitio por sustrato. San Carlos (SC), Los Molinos (LM), Mancera (MAN), fondo sedimentario (Sed) y fondo rocoso (Roc).

	San Carlos				Los Molinos				Mancera			
	Fondo sedimentario		Fondo rocoso		Fondo sedimentario		Fondo rocoso		Fondo sedimentario		Fondo rocoso	
	Densidad	DE	Densidad	DE	Densidad	DE	Densidad	DE	Densidad	DE	Densidad	DE
nov-07	6,29	5,09	0,57	1,51	4,00	5,16	20,57	28,79	0,00	0,00	0,00	0,00
dic-07	49,14	19,42	8,00	5,66	4,00	10,58	1,71	2,14	0,57	1,51	0,00	0,00
ene-08	6,86	9,16	3,43	4,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
feb-08	44,57	41,40	5,14	5,01	6,29	9,76	4,57	10,44	0,00	0,00	0,00	0,00
mar-08	1,71	3,15	2,86	4,45	22,86	17,24	3,43	9,07	0,00	0,00	0,00	0,00
abr-08	4,57	4,86	1,14	1,95	8,00	8,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	1,51
may-08	35,43	16,88	1,71	4,54	1,71	2,14	1,71	2,14	0,00	0,00	0,00	0,00
jun-08	1,14	1,95	7,43	14,68	6,86	11,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jul-08	71,43	41,92	2,86	3,81	4,57	4,86	1,71	2,14	0,00	0,00	0,00	0,00
ago-08	3,43	4,28	6,86	11,01	0,00	0,00	14,86	15,44	0,00	0,00	1,71	3,15
sep-08	184,00	99,12	8,57	11,18	2,29	3,15	2,86	5,01	0,00	0,00	0,00	0,00
oct-08	521,71	402,83	20,00	25,61	56,00	21,66	15,43	14,13	0,00	0,00	0,00	0,00
nov-08	1117,14	724,30	9,71	11,97	45,14	23,29	12,57	10,18	0,00	0,00	0,00	0,00
dic-08	33,14	26,10	134,86	339,22	9,14	14,37	7,43	8,46	0,00	0,00	0,00	0,00
ene-09	9,14	7,90	0,57	1,51	7,43	11,41	2,29	4,54	0,00	0,00	0,00	0,00
feb-09	0,57	1,51	0,00	0,00	4,00	6,93	9,71	14,40	2,29	6,05	0,57	1,51
mar-09	0,57	1,51	1,14	1,95	0,00	0,00	7,43	19,65	0,00	0,00	0,00	0,00
abr-09	23,43	24,27	0,00	0,00	34,29	32,81	1,14	1,95	0,00	0,00	0,00	0,00
may-09	20,57	16,72	1,14	1,95	3,43	7,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
jun-09	12,00	11,55	0,57	1,51	4,00	5,66	3,43	4,28	0,00	0,00	0,00	0,00
jul-09	32,00	36,59	2,86	4,45	23,43	19,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ago-09	49,71	43,63	6,29	8,60	0,57	1,51	5,14	8,86	0,00	0,00	0,00	0,00
sep-09	190,86	204,19	12,00	18,48	21,14	29,09	1,71	4,54	0,00	0,00	0,00	0,00
oct-09	400,00	282,96	3,43	4,86	9,71	9,76	4,00	6,93	0,00	0,00	0,00	0,00
nov-09	142,86	110,97	6,29	7,95	2,86	4,45	0,57	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 6. Densidad (ind/m^2) promedio mensual para los tres sitios de estudio del estuario del Río Valdivia San Carlos, Los Molinos y Mancera en fondo sedimentario y rocoso.

Comparación	Dif de Rank	q	P<0,05
SC Sed vs MAN Sed	2234,000	10,284	si
SC Sed vs MAN Roc	2207,000	10,160	si
SC Sed vs LM Roc	967,000	4,452	si
SC Sed vs SC Roc	797,500	3,671	no
SC Sed vs LM Sed	580,500	2,672	n.t.
LM Sed vs MAN Sed	1653,500	7,612	si
LM Sed vs MAN Roc	1626,500	7,488	si
LM Sed vs LM Roc	386,500	1,779	no
LM Sed vs SC Roc	217,000	0,999	n.t.
SC Roc vs MAN Sed	1436,500	6,613	si
SC Roc vs MAN Roc	1409,500	6,489	si
SC Roc vs LM Roc	169,500	0,780	n.t.
LM Roc vs MAN Sed	1267,000	5,833	si
LM Roc vs MAN Roc	1240,000	5,708	si
MAN Roc vs MAN Sed	27,000	0,124	no

Tabla 7. Test Tukey. Procedimiento de comparación de pares múltiples entre datos de densidad promedio (ind/m^2), para los sitios San Carlos (SC), Los Molinos (LM) y Mancera (MAN) en fondo sedimentario (Sed) y rocoso (Roc).

Efecto	SS	G.L.	MS	F	p
Intercepto	14,86	1	14,86	334,52	0,00
Sitio	10,47	2	5,23	117,83	0,00
Mes	5,63	24	0,23	5,28	0,00
Sustrato	2,76	1	2,76	62,12	0,00
Sitio x mes	8,43	48	0,17	3,95	0,00
Sitio x sustrato	3,59	2	1,79	40,42	0,00
Mes x sustrato	3,07	24	0,13	2,87	0,000005
Sitio x mes x sustrato	3,56	48	0,07	1,67	0,003368
Error	39,99	900	0,04		

Tabla 8. ANOVA factorial sobre el índice de diversidad de Shannon – Weiner (\log_e) para los sitios de estudio San Carlos, Los Molinos y Mancera. Factores: sitio, mes y sustrato.

Test Global
R Global = 0,6
Nivel de significancia estadística: 0,1%
Número de estadísticos permutados igual o mayor a R Global = 0

Test de grupos pareados

Grupos	R	Nivel Significancia %	Número >= Observados
SC, LM	0,90	0,1	0
SC, MAN	0,94	0,1	0
LM, MAN	0,54	0,1	0

Tabla 9. ANOSIM entre sitios. San Carlos (SC), Los Molinos (LM) y Mancera (MAN) en base a matriz de similitud Bray-Curtis, previa transformación de los datos a la raíz cuadrada. Test global y test de grupos pareados.

Test Global
R Global = 0,355
Nivel de significancia estadística = 0,1%
Numero de estadísticos permutados igual o mayores a R Global = 0

Tabla 10. ANOSIM. Test Global entre tipo de fondo, sedimentario y rocoso, en base a matriz de similitud Bray-Curtis, previa transformación de los datos a la raíz cuadrada entre los sitios San Carlos, Los Molinos y Mancera.

Test Global

R Global = 0,505

Nivel de significancia estadística = 0,1%

Número de estadísticos permutados igual o mayor a R Global = 0

Test de grupos pareados

Grupos	R	Nivel Significancia %	Número >= Observado
SC Sed, SC Roc	0,323	0,1	0
SC Sed, LM Sed	0,757	0,1	0
SC Sed, LM Roc	0,554	0,1	0
SC Sed, MAN Sed	0,334	5,1	50
SC Sed, MAN Roc	0,524	0,1	0
SC Roc, LM Sed	0,575	0,1	0
SC Roc, LM Roc	0,283	0,1	0
SC Roc, MAN Sed	0,157	13,2	131
SC Roc, MAN Roc	0,11	11,5	114
LM Sed, LM Roc	0,417	0,1	0
LM Sed, MAN Sed	0,597	0,4	3
LM Sed, MAN Roc	0,378	1,5	14
LM Roc, MAN Sed	0,22	12,5	124
LM Roc, MAN Roc	- 0,144	84,2	841
MAN Sed, MAN Roc	0,054	40	6

Tabla 11. ANOSIM entre sitios San Carlos (SC), Los Molinos (LM) y Mancera (MAN) y sus respectivos tipos de fondo: sedimentario (Sed) y rocoso (Roc). En base a matriz de similitud Bray-Curtis, previa transformación de los datos a la raíz cuadrada. Test global y test de grupos pareados.

Especies	AP	SP	Sim DS	Contrib %	% Acum
SIMILITUD					
SC Sed					
SP: 41,43 %					
<i>Isocladus</i> sp	3,57	24,16	1,2	58,32	58,32
<i>Isocladus bahamondei</i>	2,57	15,07	0,92	36,38	94,7
SC Roc					
SP: 27,15 %					
<i>Edotea dahli</i>	0,58	14,21	0,48	52,34	52,34
<i>Isocladus</i> sp	0,65	5,46	0,36	20,12	72,46
<i>Isocladus bahamondei</i>	0,57	4,22	0,31	15,54	88
<i>Cymodocella foveolata</i>	0,33	3,22	0,23	11,87	99,87
LM Sed					
SP: 36,01 %					
<i>Edotea transversa</i>	1,44	30,17	0,93	83,79	83,79
<i>Cristaserolis plana</i>	0,53	3	0,27	8,34	92,13
LM Roc					
SP: 27,90 %					
<i>Cleantis linearis</i>	0,84	18,73	0,61	67,11	67,11
<i>Cymodocella foveolata</i>	0,5	7,2	0,35	25,81	92,92

Tabla 12. Resultados de la rutina SIMPER de Primer v6. Especies y contribuciones porcentuales que definen la similitud intra grupos. Para los sitios San Carlos (SC) y Los Molinos (LM) en fondo sedimentario (Sed) y rocoso (Roc). AP= abundancia promedio; SP= similitud promedio; SimDS= desviación estándar similitud; Contrib%= contribución porcentual; %Acum= porcentaje acumulativo.

ESPECIES	AP (Sed)	AP (Roc)	DIP	Dis/DS	Contrib%	% Acum
DISIMILITUD						
SC Sed / SC Roc						
DIP = 79,33 %						
<i>Isocladus</i> sp	3,57	0,65	31,92	1,76	40,23	40,23
<i>Isocladus bahamondei</i>	2,57	0,57	23,72	1,47	29,91	70,14
<i>Edotea dahli</i>	0,14	0,58	10,6	0,72	13,36	83,5
<i>Cymodocella foveolata</i>	0,09	0,33	6,12	0,49	7,71	91,21
LM Sed / LM Roc						
DIP = 91,15 %						
<i>Edotea transversa</i>	1,44	0,06	31,6	1,3	34,67	34,67
<i>Cleantis linearis</i>	0,42	0,84	21,09	0,97	23,13	57,8
<i>Cymodocella foveolata</i>	0,02	0,5	11,73	0,66	12,87	70,67
<i>Cristaserolis plana</i>	0,53	0,05	10,34	0,57	11,35	82,01
<i>Isocladus</i> sp	0,01	0,24	4,8	0,42	5,27	87,28
<i>Isocladus bahamondei</i>	0,01	0,2	4,19	0,38	4,59	91,87
SC Sed / LM Sed						
DIP = 99,03 %						
<i>Isocladus</i> sp	3,57	0,01	32,16	1,8	32,47	32,47
<i>Isocladus bahamondei</i>	2,57	0,01	22,81	1,42	23,04	55,51
<i>Edotea transversa</i>	0,01	1,44	20,35	1,06	20,55	76,06
<i>Cristaserolis plana</i>	0	0,53	6,47	0,51	6,53	82,6
<i>Exosphaeroma lanceolata</i>	0,49	0,01	5,11	0,56	5,16	87,76
<i>Cleantis linearis</i>	0	0,42	5,05	0,5	5,09	92,85

 SC Roc / LM Roc

DIP = 89,40 %

<i>Cleantis linearis</i>	0	0,84	22,24	0,97	24,88	24,88
<i>Edotea dahli</i>	0,58	0,03	17,36	0,82	19,42	44,3
<i>Cymodocella foveolata</i>	0,33	0,5	16,46	0,82	18,42	62,71
<i>Isocladius sp</i>	0,65	0,24	14,23	0,79	15,92	78,63
<i>Isocladius bahamondei</i>	0,57	0,2	12,77	0,73	14,28	92,91

Tabla 13. Resultados de la rutina SIMPER de Primer v6. Especies y contribuciones porcentuales que definen la disimilitud entre grupos. Para los sitios San Carlos (SC) y Los Molinos (LM) en fondo sedimentario (Sed) y rocoso (Roc). AP= abundancia promedio; DIP= disimilitud promedio; DisDS= desviación estándar disimilitud; Contrib%= contribución porcentual; %Acum= porcentaje acumulativo.

Test Global:

R global = 0,766.

Nivel de significancia estadística: 0,1%.

Número de estadísticos permutados igual o mayores a R global = 0

 Test de grupos pareados

Grupos	R	Nivel Significancia %	Numero >= Observado
SC, LM	0,903	0,1	0
SC, MAN	0,944	0,1	0
LM, MAN	0,536	0,1	0

Tabla 14. ANOSIM entre los sitios del estuario del río Valdivia: San Carlos (SC), Los Molinos (LM) y Mancera (MAN) en base a matriz de similitud Euclidiana de variables ambientales x meses x sitios.

	Sp registrada para la zona	Amplia distribución geográfica	Nuevo registro para Chile
Anthuridea			
<u>Paranthuridae</u>			
<i>Paranthura porteri</i> Boone, 1920	X		
Flabellifera			
<u>Cirolanidae</u>			
<i>Natatolana chilensis</i> Menzies, 1962		X	
<u>Serolidae</u>			
<i>Cristaserolis plana</i> Dana, 1853		X	
<u>Ancinidae</u>			
<i>Ancinus sp.</i> Milne Edwards, 1840			X
<u>Sphaeromatidae</u>			
<i>Amphoroidea tya</i> Milne Edwards, 1840	X		
<i>Cymodocella foveolata</i> Menzies, 1962		X	
<i>Exosphaeroma lanceolata</i> White, 1847	X		
<i>Ischyromene tuberculata</i> Menzies, 1962	X		
<i>Ischyromene menziesi</i> Silvertsen & Holthuis, 1980		X	
<i>Isocladus bahamondei</i> Carvacho, 1977		X	
<i>Isocladus sp</i> Miers, 1876		X	
Valvifera			
<u>Chaetiliidae</u>			
<i>Macrochiridothea aff. lilianae</i> Moreira, 1973	X		
<i>Macrochiridothea mehuinensis</i> Jaramillo, 1977	X		
<u>Holognathidae</u>			
<i>Cleantis linearis</i> Dana, 1849		X	
<u>Idoteidae</u>			
<i>Chaetilia paucidens</i> Menzies, 1962		X	
<i>Edotea dahli</i> Menzies, 1962		X	
<i>Edotea transversa</i> Menzies, 1962		X	

Tabla 15. Lista de las 17 especies pertenecientes a 8 familias, de las que 6 especies habían sido registradas para la zona, 10 amplían su distribución geográfica y 1 presenta su primer registro para Chile.

ANEXO II

Taxonomía y sistemática

Para todo el periodo de muestreo y localidades estudiadas se identificaron 17 especies, de las cuales 2 fueron identificadas solamente hasta género. Estas se distribuyeron en un total de 7071 individuos recolectados durante noviembre 2007 a noviembre 2009, 6099 individuos y 14 especies ocurrieron en fondos sedimentarios y 974 individuos y 13 spp lo fueron en fondo rocoso.

Por grupo taxonómico, Flabellifera se presenta como el más importante, con 4 familias y 9 especies, siendo Sphaeromatidae la familia más rica con 6 spp, luego las familias Cirolanidae, Serolidae y Ancinidae presentaron una especie cada una. El grupo Valvifera presenta 3 familias; Idoteidae con 3 especies, Chaetiliidae con 2 y Holognathidae con una especie. Por ultimo el grupo Anthuridea presenta 1 familia y 1 especie. Las especies identificadas que ocurren en el estuario del Río Valdivia son las siguientes:

ANTHURIDEA

Familia Paranthuridae

Paranthura porteri Boone, 1920

Fotografía 1 (1)

Diagnosis: Cuerpo tubular, pereonitos individuales mas largos que anchos. Pereopodos II a VII con dácilo biunguiculado. Antena I con 11 a 13 segmentos, antena II con 6. Pleon compuesto por 6 somitos mas el telson, estos fusionados. Telson con extremo redondeado con pocas setas terminales. Urópodos con el endopodito de la misma longitud del telson, exopodito más corto y arqueado medialmente sobre el telson, con el borde exterior crenulado y provisto de setas simples y plumosas.

Distribución: La localidad tipo citada por Boone 1920 es Pisagua (18-19° LS), posteriormente fue registrada en Concepción (Carvacho 1982) sobre sustrato de rocas con algas y Chiloé en sustrato rocoso y formando parte de la comunidad asociada a *Phragmatopoma* (Carvacho and Saavedra 1994). Esta especie fue colectada en el estuario del rio Valdivia en Los Molinos, al norte de este en Pilolcura y al sur de este en Huape.

Notas: Esta especie fue colectada durante este estudio en los tres sitios de muestreo anteriormente señalados exclusivamente sobre fondo rocoso en el sublitoral. Se trata del único anthurideo de la fauna chilena, excluyendo las 3 especies de Juan Fernández y las 4 especies de Isla de Pascua (Gonzalez et al. 2008).

FLABELLIFERA

Familia Cirolanidae

Natanolana chilensis Menzies, 1962

Fotografía 1 (2)

Diagnosis: Cirolanido con el flagelo de la primera antena corto y robusto. Antena II llega a la parte posterior del pereonito III. Pleotelson uniformemente redondeado, márgenes posterolaterales convexos, que convergen paulatinamente a una punta triangular delimitada por setas robustas y plumosas de 8 a 10. Ausencia de penes. Urópodos: exópodo lanceolado, ligeramente más corto que endópodo. Margen posterior del endópodo truncado. Ojos ovalados situados cerca del margen lateral del céphalon. Presenta un surco interocular moderadamente desarrollado, distintivo pero no extendido a través del céphalon.

Distribución: Sur de Chile, norte golfo de Ancud en arena fina con fango, Seno de Reloncaví en arena gruesa (Menzies 1962). (Gonzalez et al. 2008) citan esta especie en 40-44° latitud sur. Esta especie fue colectada en el presente estudio sobre fondo sedimentario en los sitios Bonifacio al norte del río Valdivia y en Morro Gonzalo al sur de este.

Notas: El género *Natanolana* en Chile presenta 4 especies, *Natanolana chilensis*, *N. californiensis*, *N. pastorei* y *N. meridionalis*. *N. californiensis* su característica principal es que no presenta ojos. *N. pastorei* se distribuye en el Estrecho de Magallanes y *N. meridionalis* se distribuye en Antártica (Keable 2006).

Familia Serolidae

Cristaserolis plana Dana, 1853

Fotografía 1 (3)

Diagnosis: Isópodo muy aplanado dorso-ventralmente. Ojos reniformes. Pleon con ápice de punta roma excavado por debajo. Carina pleonal mediana entera, carina lateral sin dientes en los extremos distales, un surco termina con cada carina. Ángulos posterolaterales de los pleonitos II y III se extienden a un tercio de la longitud del pleotelson. Angulo posterolateral del pereonito VI se extiende a un medio del largo del pleotelson y sobrepasan el borde de los pleonitos. Urópodos terminales por debajo del borde del pleon, alargados y estrechos.

Distribución: Registrado en Tierra del Fuego y en Isla Guafo (suroeste de Chiloé) sobre arena gruesa y rocas (Menzies 1962). Citado para latitud 40-44° y 50-54° sur (Gonzalez et al. 2008). En esta investigación esta especie fue colectada sobre fondo sedimentario y rocoso en Los Molinos.

Familia Ancinidae

Ancinus sp. Milne Edwards, 1840

Fotografía 1(4)

Diagnosis: Cuerpo notablemente deprimido. Cephalon medianamente fusionado con el pereonito I. Mandíbulas sin proceso molar. Pereopodo I subquelado, en machos pereopodo II prensil. Pereopodo II en hembras ambulatorio. Placas coxales bien diferenciadas en vista lateral, pero no marcadamente expandidas en vista dorsal. Pleon subtriangular, con una

muesca terminal. Pleópodo I unirrameo sin endópodo. Pleopodo II operculiforme. Exopodo del pleopodo III uniarticulado. Pleopodo VI y V sin pliegues transversales gruesos. Urópodo unirrameo, sin exopodo, largo, delgado y estiliforme.

Distribución: El genero *Ancinus* tiene en la actualidad una distribución amphi-americana, es decir en aguas del atlántico tropical oeste y en costas del pacifico este, con 8 especies descritas. En las costas del Atlántico tropical oeste y Golfo de los E.E.U.U *A. depressus* (Shultz 1973), en México *A. jarocho* (Rocha-Ramírez et al. 2010), en el Caribe *A. panamensis* (Glynn and Glynn 1974) y *A. belizensis* (Kensley and Schotte 1989), en Brasil *A. brasiliensis* y *A. gaucho* (Pires 1987). Mientras que en el Pacífico norte, se han registrado en costas de California *A. granulatus* y *A. seticomvus* (Shultz 1973). 34 individuos fueron colectados sobre fondo sedimentario en el sitio de muestreo Huape, ubicado al sur del rio Valdivia.

Notas: Dos evidencias no permiten asignar este espécimen a alguna de las especies antes mencionadas: (1) las extensiones laterales del borde del pereonito I, no se presentan en ninguna de las otras especies y (2) la distribución de las otras especies es muy alejada a este nuevo hallazgo para las costas chilenas y pacifico sudamericano.

Familia Sphaeromatidae

Amphoroidea typa Milne Edwards, 1840

Fotografía 1(5)

Diagnosis: Sphaeromatido con las ramas de los pleópodos IV y V no articulados. Articulo basal de la antena I expandido, produce una placa horizontal notablemente grande en frente del céphalon. Urópodos con ramas lamelares bien desarrolladas, ápex del exópodo puntiagudo y ensanchado cerca de su línea media, casi tan ancho como el endópodo. Estos se extienden mas allá del margen del pleotelson, el que termia en una muesca semicircular.

Distribución: Seno de Reloncaví, Canal de Chacao, Canal Moraleda, Bahía San Vicente, Golfo de Arauco, Montemar (Valparaíso), Península de Coquimbo, sobre fondo compuesto de rocas, grava y arena con fango, en lugares principalmente expuestos (Menzies 1962). (Gonzalez et al. 2008) registran esta especie desde los 25 a 54° latitud sur. En este estudio se colecto sobre fondo rocoso en los sitios San Carlos en la zona más externa del estuario del rio Valdivia y en Huape al sur de este.

Cymodocella foveolata Menzies, 1962

Fotografía 1(6)

Diagnosis: Spaheromatido cuya principal característica es presentar los márgenes laterales del pleotelson curvados hacia abajo formando un tubo y la superficie de este foveolada. Presenta el appendix masculinum romo en su ápice, no hinchado. Penes apenas mas largos que anchos. La rama exterior (exópodo) de los urópodos más corta que la interior

(endópodo). Presenta un surco medial profundo en el dorso del ápice del pleotelson. Dos pares de tubérculos a lo largo de la línea media del pleotelson, pudiendo presentar algunos tubérculos mas lateralmente. El maxilipedo presenta un gancho de acoplamiento.

Distribución: Canal de Chacao, en fondo rocoso y rocas planas en piletas mareales superficiales. Iquique, fondo rocoso y en piletas mareales de rocas (Menzies 1962). Esta especie es citada para las latitudes 20-24° y 40-44° Sur (Gonzalez et al. 2008). En esta investigación esta especie fue encontrada en San Carlos, Los Molinos y Mancera en el estuario del rio Valdivia, tanto en fondo sedimentario como en fondo rocoso. También fue colectada al norte del estuario en La Misión y al sur de este en Huape, en ambos sitios sobre fondo rocoso.

Exosphaeroma lanceolata White, 1847

Fotografía 1(7)

Diagnosis: Pleotelson compuesto de dos somitos libres incluido el telson, pleonito I presenta suturas que indican la fusión con los otros somitos. Ápex del pleotelson mas bien puntiagudo que redondeado. Superficie del pleotelson liso. Urópodos anchos y redondeados o romos en el ápice.

Distribución: Sudáfrica, Perú y Chile. Menzies (1962) describe como hábitat para esta especie playas rocosas expuestas. Estrecho de Magallanes, Canal de Chacao, bahía de Ancud, Iquique sobre rocas y bloques en hábitat expuesto. También fue colectada en playas de arenas finas con carácter de muy expuesto y en refugios de macroalgas. En esta

investigación esta especie fue recolectada en San Carlos, Bonifacio y Morro Gonzalo sobre ambos tipos de fondo estudiados, fondo sedimentario y rocoso. En Los Molinos, Pilolcura y Huape fue colectado exclusivamente sobre fondo rocoso. Sólo en Mancera fue colectado sobre fondo sedimentario.

Ischyromene tuberculata Menzies, 1962

Fotografía 1(8)

Diagnosis: Sphaeromatido con ambas ramas de los pleopodos IV y V gruesos y carnosos con profundos pliegues transversales. Presenta la superficie del pleotelson tuberculada. Ambas ramas de los urópodos similares en ancho y puntiagudos. Appendix masculinum curvado hacia dentro. Agujero cordiforme (acorazonado) en el ápice del pleotelson.

Distribución: 25 – 44° latitud sur (Gonzalez et al. 2008). Canal de Chacao (Chiloé), Montemar (Valparaíso) sobre sustrato rocoso con piscinas de rocas, ambiente expuesto. Bahía la Herradura (Coquimbo), sustrato rocoso en un ambiente protegido (Menzies 1962). En este estudio esta especie fue recolectada en San Carlos sobre sustrato sedimentario.

Ischyromene menziesi Silvertsen & Holthuis, 1980

Fotografía 1(9)

Diagnosis: Ramas de los urópodos alcanzan más allá del ápice del pleotelson. La superficie dorsal de los pereonitos es lisa. La superficie dorsal del pleon presenta dos elevaciones ovaladas. El pleotelson esta provisto en su sección media-dorsal de tres columnas

longitudinales de tubérculos, que puede variar en machos, hembras y juveniles. El pleotelson termina en dos dientes submediales, los cuales en los individuos machos se presentan separados por una profunda muesca mas que las hembras y los juveniles.

Distribución: Menzies (1962) cita como hábitat para esta especie playas rocosas expuestas. Desde Estrecho de Magallanes (53°22'S), Archipiélago de los Chonos, Canal de Chacao, Bahía San Vicente (Concepción), Montemar (Valparaíso, 32°57'S). También nombra esta especie en Islas Kerguelen. (Sivertsen and Holthuis 1980) colectaron esta especie en la expedición noruega al Archipiélago Tristan da Cunha, ubicada en la mitad del océano atlántico en el hemisferio sur. En esta investigación esta especie fue colectada sobre fondo rocoso en San Carlos y Los Molinos en el estuario del Rio Valdivia y en Huape al sur de este.

Isocladus bahamondei Carvacho, 1977

Fotografía 2(1)

Diagnosis: Pleópodos IV y V con exópodos pelucidos y delgados, endópodos gruesos y carnosos, con profundos pliegues transversales. Pereonito VII presenta un proceso espinal en la sección media dorsal de este en los individuos machos, dos dentículos a cada lado de la base de la espina.

Distribución: Genero endémico del hemisferio sur, esta especie ha sido reportada en un rango geográfico entre 30 - 34° S y 40 - 44° S (Gonzalez et al. 2008). Archipiélago de los Chonos (45°39' S; 73°52' W), costa oeste de Chiloé (43°08'S; 74°03'W) y en Lirquén

(Bahía de Concepción) (36°38'S; 73°05'W). Intermareal, en playas rocosas expuestas y protegidas. También ha sido colectado en playas de arenas finas en Bahía de Ancud (Chiloé). En esta investigación esta especie fue encontrada en San Carlos y Los Molinos sobre fondo sedimentario y rocoso, también fue recolectada en Pilolcura y Huape sobre fondo rocoso.

Exosphaeroma sp Stebbing, 1900

Fotografía 2(2)

Diagnosis: Sphaeromatido de la subfamilia Sphaeromatinae Latreille, 1825. Pleópodos IV y V con exópodos pelucidos y delgados, endópodos gruesos y carnosos, con profundos pliegues transversales. No presenta proceso espinoso medial en el pereonito VII. Pleon presenta dos tubérculos dorsales en la zona media. Dos suturas que van de la zona media al margen posterior. Pleotelson con dos carinas longitudinales ubicadas en la zona media. Ápice ligeramente redondeado y agudo.

Distribución: Este espécimen fue colectado en San Carlos sustrato sedimentario (1 ind), Los Molinos sobre fondo rocoso (5 ind hembra) y sobre sustrato sedimentario (1 ind), Pilolcura sobre sustrato rocoso (1 ind), La Misión sobre fondo rocoso (9 ind hembra y 8 ind macho), Morro Gonzalo sobre sustrato sedimentario (3 ind hembra 2 ind macho).

VALVIFERA**Familia Chaetiliidae**

Macrochiridothea liliana Moreira, 1973

Fotografía 2(4)

Diagnosis: Área dorsal del céphalon, péreon y pleon lisa sin tuberculos. Carina sobresaliente en área lateral del pereonito I. Ojos presentes. Expansiones cefálicas anteriores con hendidura en dirección de los ojos. Pereopodo I presenta el propodo globoso y más bien grande. Ápice del peotelson agudo. Angulo posterolateral del pereonito VI llega hasta aproximadamente el borde distal del último pleonito.

Distribución: La especie tiene una distribución original en el atlántico, costa sur de Brasil en Rio de Janeiro, Sao Paulo y Rio Grande do Sul (Carvacho 1997). En Chile esta especie fue recolectada en playas arenosas del sur de Chile, Mehuín (29°36'S) y Maicolpue (40°35'S). Esta especie se colectó en esta investigación sobre sustrato sedimentario, en San Carlos, Los Molinos y Huape.

Macrochiridothea mehuinensis Jaramillo, 1977

Fotografía 2(3)

Diagnosis: Área dorsal del céphalon, péreon y pleon lisa sin tuberculos. Carina del área lateral del pereonito I serpenteante. Ojos presentes. Expansiones cefálicas anteriores más bien cortas y delgadas. Pleon con cuatro somitos, además del telson. Parte proximal del

pleon presenta setas. Pereopodo I con propodo oval y alargado, el largo equivalente a dos veces su ancho. Appendix masculinum curvado hacia afuera.

Distribución: En el mesolitoral inferior e infralitoral en playas de arena del sur de Chile entre Mehuín (39°26'S) y Cucao, Chiloé (42°35'S). En este estudio esta especie fue encontrada en La Misión, Los Molinos y Huape, sobre fondo sedimentario y en los dos últimos también sobre fondo rocoso.

Familia Holognathidae

Cleantis linearis Dana, 1849

Fotografía 2(5)

Diagnosis: Urópodos birrameos. Cuerpo lineal, cilíndrico. Placas coxales de pereonitos no bien delimitadas. Pleon presenta cuatro somitos libres antes del telson. Ápex del pleotelson truncado.

Distribución: Menzies (1962) da como referencia de distribución Patagonia y Chile central. En cambio (Gonzalez et al. 2008) citan esta especie para los 30-34° Latitud Sur. En este trabajo esta especie fue encontrada en Los Molinos sobre fondo sedimentario y rocoso. En Macera fue colectada sobre fondo rocoso.

Familia Idoteidae

Chaetilia paucidens Menzies, 1962

Fotografía 2(7)

Diagnosis: Bordes laterales se extienden sobre el área supraocular con forma de pequeños cuernos. Antena I un poco mas corta que antena II. Pereopodo VI aproximadamente del mismo largo del cuerpo. Pleon con tres somitos además del telson. Ápice de este aserrado. Apendix masculina en su tercio distal curvado hacia adentro.

Distribución: Menzies (1962) nombra esta especie en su localidad tipo, Montemar (Valparaiso, 32°57'S) en playa arenosas. Jaramillo (1982) menciona que esta especie fue colectada en el norte de Chile (Chañaral, 26°15'S) como limite norte, y en Mehuín (39°26'S) como limite sur de su distribución. En este trabajo fue encontrado en Pilolcura sobre fondo sedimentario y rocoso y en Huape sobre fondo sedimentario.

Edotea dahli Menzies, 1962

Fotografía 2(8)

Diagnosis: Urópodos unirrameos. Antena I y II aproximadamente iguales en longitud, la I ligeramente mas corta. Margen frontal del cephalon entero, dorso de este con una elevación medial bilobulada. Lamina frontal puntiaguda y proyectada. Cephalon foveolado cubierto de pequeñas setas. Ojos pequeños de coloración negra, situados lateralmente. Dorso del péreon liso. Pleon presenta evidencia de tres somitos fusionados, el primero con una pequeña incisión lateral.

Distribución: Esta especie es reportada en playas expuestas de fondos sedimentarios y en un rango de profundidad del intermareal a 60 m en el Estrecho de Magallanes, Golfo de Ancud, Seno de Reloncaví, Montemar (Valparaíso). (Gonzalez et al. 2008) dan como distribución los rangos 40-44° sur y 50-54° sur. Esta especie en esta investigación fue colectada principalmente en San Carlos sobre fondo sedimentario y rocoso. Secundariamente es colectada en Los Molinos en fondo sedimentario y rocoso y en La Misión sobre fondo rocoso.

Edotea transversa Menzies, 1962

Fotografía 2(9)

Diagnosis: Urópodos unirrameos, antena I y II prácticamente iguales en longitud, siendo la primera ligeramente mas corta. Margen frontal del céphalon entero, lamina frontal proyectada pero redondeada en su punta. Dorso del céphalon con dos grandes tubérculos cercanos al margen frontal. Áreas epimerales del péreon con hinchazones, dorso con surcos transvesales bien desarrollados. Pleon con dos somitos inconfundibles y un tercero claramente indicado por una depresión en el pleotelson.

Distribución: Seno de Reloncaví (41°50' S) sobre sustrato de pequeñas piedras, posiblemente sobre arena gruesa a una profundidad de 100 m (Menzies 1962). Rango latitudinal entre 40 y 44 °S (Gonzalez et al. 2008). Últimamente ha sido registrada en el sector oriental del Estrecho de Magallanes 53°22' S (Rios et al. 2010). En este estudio esta especie fue colectada principalmente en Los Molinos sobre fondo sedimentario y rocoso, y en San Carlos sobre fondo sedimentario.



Figura 27. Isópodos colectados en este estudio. (1) *Paranthura porteri*; (2) *Natatolana chilensis*; (3) *Cristaserolis plana*; (4) *Ancinus* sp.; (5) *Amphoroidea typa*; (6) *Cymodocella foveolata*; (7) *Exosphaeroma lanceolata*; (8) *Ischyromene tuberculata*; (9) *Ischyromene menziesi*.

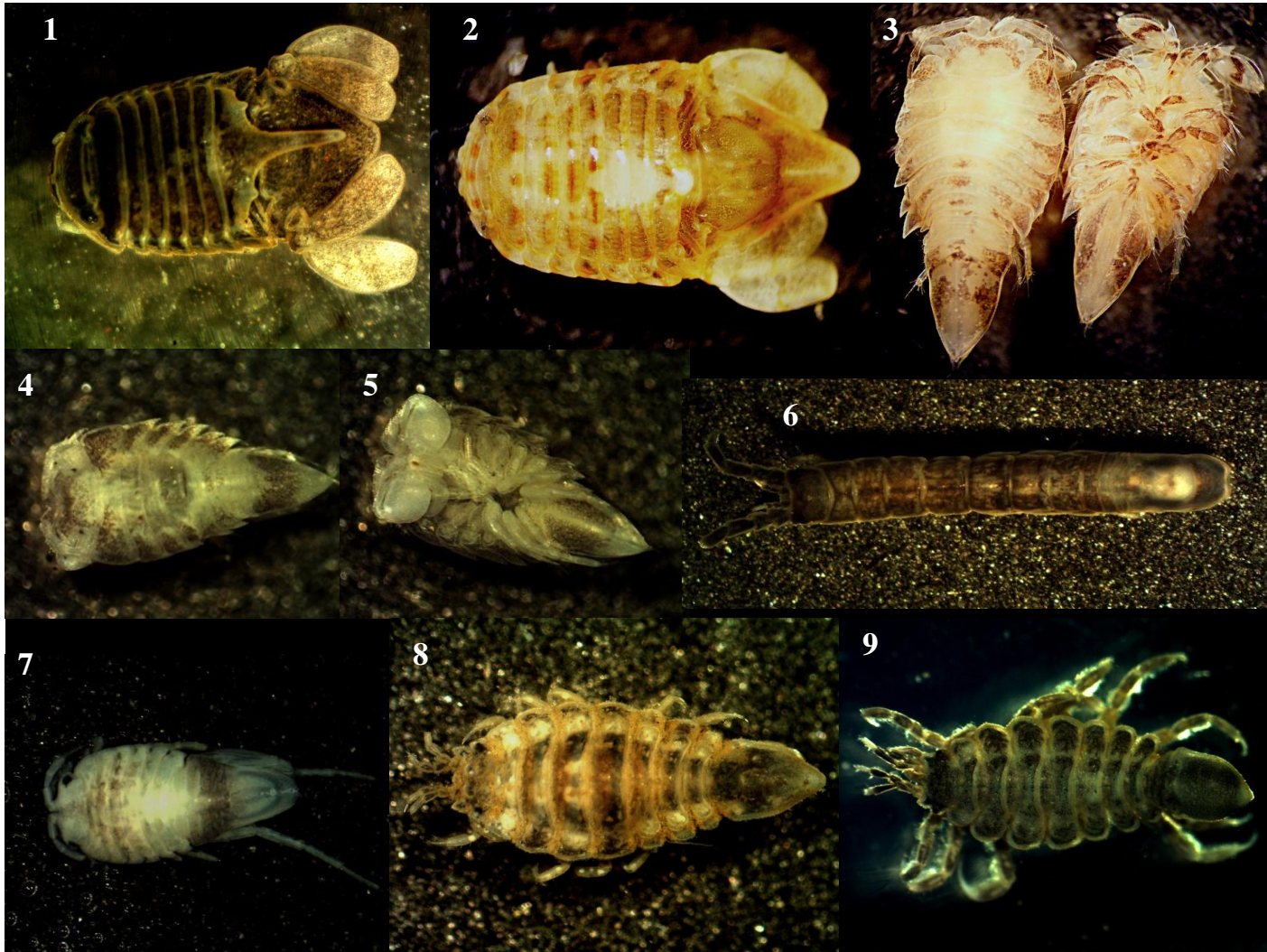


Figura 28. Isópodos colectados en este estudio. (1) *Isocladus bahamondei*; (2) *Exosphaeroma* sp; (3) *Macrochiridothea mehuinensis*; (4) y (5) *Macrochiridothea lilianae*; (6) *Cleantis linearis*; (7) *Chaetilia paucidens*; (8) *Edotea dahli*; (9) *Edotea transversa*.