

# **Crustáceos peracáridos del intermareal y submareal somero en una playa arenosa del Uruguay**

Tesis de Maestría en Biología

Opción Zoología

Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas

(PEDECIBA)

Lic. Taiara Ramos Rodrigues

Director: Dr. Omar Defeo. UNDECIMAR, Facultad de Ciencias

Co-director: Dr. Cristiana Serejo. Sección Carcinología. Museo Nacional  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Facultad de Ciencias, UdelaR

Montevideo, 2017

## RESUMEN

En ecología de playas arenosas en Uruguay existen muy pocos antecedentes relacionados con estudios taxonómicos y ecológicos sobre el ensamblaje del orden Peracarida en playas arenosas, en particular en las zonas inferiores del intermareal, así como en el submareal somero. El objetivo general de esta Tesis fue realizar un estudio taxonómico y ecológico de la fauna de Peracarida en el intermareal y submareal somero de la playa Barra del Chuy, así como su relación con las características del ambiente. Asimismo, se evaluaron tendencias verano-invierno en la riqueza, abundancia y en la estructura y composición del ensamblaje de Peracarida. Se realizó un muestreo en el verano y otro en el invierno del año 2015, trazando 5 transectos perpendiculares a la línea de la costa separados 20 m entre sí. En cada transecto se efectuaron 5 muestras por medio de un corer que incluyeron el nivel superior e inferior del *swash* y el submareal somero a 0.25 m y 0.5 m de profundidad. También se utilizó una rastra para análisis cualitativos, con la cual se realizaron 3 arrastres de 5 m de distancia paralelos a la línea de costa. Se recolectaron 6156 ejemplares de Peracarida pertenecientes a 4 órdenes, 14 familias y 16 especies, de las cuales 12 son registradas por primera vez para la costa del Uruguay. Los órdenes mejor representados fueron Amphipoda (62%), Isopoda (25%) y Mysida (13%). La abundancia, densidad, biomasa y riqueza de especies presentaron mayores valores en invierno. El análisis de ordenación de los transectos en base a la composición de especies mostró grupos definidos que diferenciaron verano de invierno e intermareal del submareal. En verano e invierno la abundancia, biomasa, densidad y riqueza de especies presentó un máximo en el superior de *swash*, disminuyendo hacia hasta el superior del submareal. El tamaño corporal mostró tendencias contrapuestas entre verano e invierno. Los taxa *Phoxocephalopsis* sp., *Puelche orensanzi* y *Cheus annae* fueron representativos del ensamblaje de Peracarida de ambas estaciones del año, mientras que *Metamysidopsis elongata atlantica* y *Chiriscus giambiagiae* lo fueron solo en verano. Asimismo, las especies *Puelche orensanzi*, *Metamysidopsis elongata atlantica*, *Cheus annae* y *Phoxocephalopsis* sp. fueron discriminantes entre las comunidades de verano e invierno debido a sus diferentes patrones de abundancia, presentando cierta estacionalidad y tipificando los distintos niveles trabajados. Todos los descriptores ecológicos, con excepción de la riqueza de especies, tendieron a disminuir con el aumento del porcentaje de materia orgánica y el tamaño de grano del sedimento. Los resultados obtenidos mostraron un número significativo de nuevas especies para la macrofauna que habita la playa Barra del Chuy. Asimismo, esta Tesis aporta valiosa información para la elucidación de patrones bióticos y abióticos del espacio-temporales de un componente faunístico subestimado en la literatura científica relacionada con la ecología de playas arenosas. Se sugiere profundizar en estudios de diversidad del orden Peracarida, así como en la biología de las especies y su relevancia en ambientes costeros. Asimismo, teniendo en cuenta la carencia de estudios de este tipo en Uruguay, será importante evaluar los patrones documentados en esta tesis durante un mayor periodo de tiempo, incluyendo asimismo zonas más profundas del submareal.

## ABSTRACT

Regarding the ecological systems of Sandy beaches in Uruguay there are few background studies related to taxonomical and ecological ensemble of the Peracarida living in those sandy beaches, specially below intertidal zones, as too of the SUBMAREAL SOMERO. The main objective of this thesis was to make a thorough taxonomical and ecological study of the Peracarida fauna living in the intertidal and SUBMAREAL SOMERO zones in Playa del Chui, as too its relation with the environment characteristics. Never the less, Summer- Winter tendencies were evaluated in richness, abundancy, structure and composition of the ensemble Peracarida. Summer 2015 the first sampling was made, later on in Winter the second one was made. Five transects were performed, perpendicular to the shoreline and separated 20 Mts. Five sampling were made with a sheet metal cylinder that included the superior and inferior level of the swash and the SURFZONE up to 0.25 and 0.5 Mts. A sleigh was also used to take qualitative analysis sample. Three drags were performed, parallels to the shoreline in a 5 Mt distance. 6156 Peracarida specimens were collected which belong to 4 orders, 14 families, and 16 species, 12 being registered for the first time in Uruguay coasts. The best represented orders were Amphipoda (62%), Isopoda (25%), and Mysida (13%). The abundancy, density, biomass, and species richness presented higher values in Winter. The results of the ordination analysis of the transects showed defined groups that were able to be clearly differentiated because of their Summer-Winter, and intertidal-SUBMAREAL species composition. In Summer and Winter the abundancy, biomass, density, and species richness presented a maximum in the superior swash, decreasing to the superior of the SUMAREAL. The body size showed opposing tendencies between Summer and Winter. The taxa *Phoxocephalopsis* sp., *Puelche orensanzi* and *Cheus amnae* were representative of the Peracarida from both seasons, while *Metamysidopsis elongata atlantica* and *Chriscus giambiagiae* were only representative during summer. Likewise, the species *Puelche orensanzi*, *Metamysidopsis elongata atlantica*, *Cheus amnae*, and *Phoxocephalopsis* sp. Were dissimilar between summer communities and winter communities regarding their different abundancy patterns, presenting certain seasonality and categorizing the different levels that we have worked with. All the ecological categorization, with the exception of the richness of species, had a tendency to descend because to the incensement of the percentage of organic matter and the size of the grain of sediment. The results obtained showed a significant number of new species for the macrofauna that lives on the Barra del Chuy beach. Nevertheless, this Thesis gives substantial information for the elucidation of biotic and abiotic patterns of the time-space of a faunistic component sub estimated in the scientific literature related to the ecology of sandy beaches. It is suggested to deepen in research studies on the Pericarida diversity, such as in species biology and its relevance en shore environments. So as to conclude, bearing in mind the lack of studies of this type in Uruguay, it will be of urgent importance to evaluate the documented patterns in this thesis for a larger period of time , including deeper Submareal zones.

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	ii
RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
TABLA DE CONTENIDO .....	v
LISTA DE TABLAS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Playas arenosas .....	1
1.2 Superorden Peracarida .....	2
1.3 Propósito del estudio.....	4
1.3.1 Hipótesis.....	5
1.3.2 Objetivo general .....	6
1.3.3 Objetivos específicos.....	6
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
2.1 Descripción del área de estudio.....	8
2.2 Muestreo .....	9
2.3 Análisis de laboratorio.....	11
2.4 Análisis de datos .....	11
<b>3. RESULTADOS</b>	
3.1 Variación abiótica .....	15
3.2 Biodiversidad .....	19
3.3 Variación biótica.....	25
3.4 Zonación .....	31
<b>4. DISCUSIÓN</b>	
4.1 Variación abiótica .....	42
4.2 Biodiversidad .....	43
4.3 Variación biótica.....	47
4.4 Zonación .....	51
4.4 Correlación entre descriptores comunitarios y físicos.....	54
<b>5. CONCLUSIONES y PERSPECTIVAS.....</b>	<b>56</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>59</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Caracterización física de la playa Barra del Chuy para verano e invierno 2015 (media $\pm$ error estándar) .....	15
<b>Tabla 2</b> Mejores modelos que explicaron la relación entre tamaño de grano y materia orgánica y la distancia al nivel superior de <i>swash</i> en la playa Barra del Chuy. n/s = $p > 0.05$ , * $p < 0.05$ . ** $p < 0.01$ , *** $p < 0.001$ .....	16
<b>Tabla 3</b> Resultados del ANOVA de dos vías, con estación y nivel de la playa como factores fijos, para tamaño de grano y materia orgánica en Barra del Chuy. En el caso de la pendiente, se muestran los resultados del ANOVA de una vía (estación como factor fijo). V= Verano, I= Invierno.** $p < 0.01$ , *** $p < 0.001$ , n/s = $p > 0.05$ . .....	18
<b>Tabla 4</b> Distribución de los taxones por tipo de muestreo en invierno y verano. ** número total de individuos colectados, * abundancia relativa (%) de los taxa de Peracarida de Barra del Chuy .....	20
<b>Tabla 5</b> Descriptores biológicos de Peracarida de la playa Barra del Chuy, estimados para verano e invierno (media $\pm$ error estándar).....	26
<b>Tabla 6</b> Mejores modelos lineales y no lineales que explicaron la relación entre los descriptores biológicos de Peracarida y la distancia al nivel superior de <i>swash</i> en la playa Barra del Chuy. n/s = $p > 0.05$ ,*** $p < 0.001$ . .....	29
<b>Tabla 7</b> Resultados del ANOVA, con estación y nivel de playa como factores fijos, para los diferentes descriptores biológicos de Peracarida de Barra del Chuy. V=verano, I=invierno. n/s = $p > 0.05$ , ** $p < 0.01$ , *** $p < 0.001$ .....	29
<b>Tabla 8</b> Contribución de las especies (%) identificadas por el procedimiento SIMPER para Peracarida de la playa Barra del Chuy, en base a los promedios de similitud entre verano e invierno (especies tipificantes $> 10\%$ ). .....	31
<b>Tabla 9</b> Contribución de las especies (%) identificadas por el procedimiento SIMPER para Peracarida de la playa Barra del Chuy, en base a los promedios de disimilitud entre verano e invierno (especies discriminante $> 10\%$ ). .....	31
<b>Tabla 10</b> Mejores modelos lineales y no lineales que explicaron la relación entre la abundancia de Peracarida (discriminada por Orden) y la distancia al nivel superior de <i>swash</i> en la playa Barra del Chuy. n/s = $p > 0.05$ , *** $p < 0.001$ .. .....	33
<b>Tabla 11</b> Contribución de las especies (%) identificadas por el procedimiento SIMPER para Peracarida de la playa Barra del Chuy, en base a los promedios de similitud entre niveles de playa (especies tipificante $> 10\%$ ). .....	37

<b>Tabla 12</b> Contribución de las especies (%) identificadas por el procedimiento SIMPER para Peracarida de la playa Barra del Chuy, en base a los promedios de disimilitud entre niveles de playa (especies discriminante > 10%).	37
<b>Tabla 13</b> Resultados de ANCOVA para descriptores comunitarios, considerando la estación del año como factor fijo y el tamaño de grano como covariable. **p < 0.01, n/s > 0.05.	38
<b>Tabla 14</b> Resultados de ANCOVA para descriptores biológicos, considerando la estación del año como factor fijo y la materia orgánica como covariable. **p < 0.01, ***p < 0.001, n/s > 0.05.	38
<b>Tabla 15</b> Mejores modelos lineales y no lineales que explicaron la relación entre los descriptores biológicos de Peracarida y la variación del tamaño del grano de arena de la playa Barra del Chuy. n/s = p > 0.05, *p < 0.05, ***p < 0.001.	41
<b>Tabla 16</b> Mejores modelos lineales y no lineales que explicaron la relación entre los descriptores biológicos de Peracarida y la variación del porcentaje de materia orgánica en el sedimento de la playa Barra del Chuy. n/s = p > 0.05, *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001.	41

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Mapa de la costa atlántica uruguaya, indicando la ubicación de la playa analizada en este estudio .....	8
<b>Figura 2</b> Diseño de muestreo de Peracarida en la playa Barra del Chuy .....	9
<b>Figura 3</b> Diseño del muestreo alternativo basado en el uso de una rastra para obtención de Peracarida en la playa Barra del Chuy .....	10
<b>Figura 4</b> Fotos equipamiento utilizado para el arrastre: A) Vista frontal B) Vista lateral .....	10
<b>Figura 5</b> Variación transversal de: A) tamaño de grano, B) materia orgánica y C) pendiente en función de la distancia al nivel superior del <i>swash</i> (NSS) en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□). D, E y F muestran la variación transversal de las referidas variables pero sin discriminar por estación del año. ....	16
<b>Figura 6</b> Variación transversal (media ± error estándar) de: A) tamaño de grano, B) materia orgánica y C) pendiente en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□).....	17
<b>Figura 7</b> Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en el índice de similitud de Bray – Curtis (similitud = 95%) para las variables físicas por unidad de muestreo en la playa Barra del Chuy para verano e invierno .....	18
<b>Figura 8</b> Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en el índice de similitud de Bray – Curtis (similitud = 95%) para las variables físicas por unidad de muestreo en la playa Barra del Chuy en A) Verano y B) Invierno.....	19
<b>Figura 9</b> Orden Isopoda: A) <i>Idotea baltica</i> , B) <i>Synidotea marplatensis</i> , C) <i>Chiriscus giambiagiae</i> y D) <i>Excirolana armata</i> .....	21
<b>Figura 10</b> Orden Mysida: A) <i>Metamysidopsis elongata atlantica</i> , de cuerpo entero con una graduación de 1cm, B) Detalle del urópodo con 2 estatocistos, característica del género en cuestión, C) Detalle del cefalotórax en posición lateral .....	21
<b>Figura 11</b> Orden Amphipoda: Especies colectadas por el corer. A) <i>Bathyporeiapus ruffoi</i> , A-1) Detalle de una hembra con huevos, destacando el rostro característico de la especie, B) <i>Cheus annae</i> , C) <i>Pueche Orensanzi</i> , C-1) Detalle del urópodo característico del género, D) <i>Phoxocephalopsis</i> sp. (Senso Rufo), D-1) Detalle pereiópodo 5, característica de la especie y D-2) Detalle de la cabeza destacando una característica del género .....	22

<b>Figura 12</b> Orden Amphipoda. Especies colectadas exclusivamente por arrastre. A) <i>Jassa</i> sp., B) <i>Cheiriphotis petronioi</i> , C) <i>Caprella equilibra</i> , D) <i>Brachyscelus crusculum</i> , E) <i>Nototropis minikoi</i> , E-1) Detalle de las antenas, con la antena 1 mayor que la antena 2, característica del género y E-2) Detalle de la ornamentación del pleópodo, característica del género .....	23
<b>Figura 13</b> Abundancia relativa de los órdenes de Peracarida colectados en la playa Barra del Chuy, discriminada por técnica de muestreo. A) corer y B) arrastre .....	24
<b>Figura 14</b> Riqueza de los órdenes de Peracarida colectados en la playa Barra del Chuy, discriminada por técnica de muestreo. A) corer y B) arrastre .....	24
<b>Figura 15</b> Variación verano - invierno en el número de individuos de los órdenes de Peracarida colectados en la playa de Barra del Chuy.....	24
<b>Figura 16</b> Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en el índice de similitud de Bray – Curtis (similitud = 50%) para la abundancia de Peracarida en la playa Barra del Chuy en verano e invierno.....	25
<b>Figura 17</b> Variación transversal de: A) densidad, B) riqueza de especies, C) tamaño del cuerpo y D) biomasa de Peracarida en función de la distancia al nivel superior del <i>swash</i> (NSS) en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□). Los paneles E a H muestran la variación transversal de las referidas variables pero sin discriminar por estación del año.....	27
<b>Figura 18</b> Variación transversal de la abundancia de Peracarida en función de la distancia al nivel superior del <i>swash</i> (NSS) en la playa Barra del Chuy. A) verano (●) e invierno (□); y B) conjuntando las unidades de muestreo de las dos estaciones. ....	28
<b>Figura 19</b> Variación transversal (media ± error estándar) de: A) riqueza de especies, B) biomasa, C) densidad y D) tamaño del cuerpo en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□). ....	28
<b>Figura 20</b> Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en el índice de similitud de Bray – Curtis (similitud = 75%) para los descriptores biológicos de Peracarida en la playa Barra del Chuy en verano e invierno.....	30
<b>Figura 21</b> Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en el índice de similitud de Bray – Curtis (similitud = 80%) para los descriptores biológicos en la playa Barra del Chuy en verano e invierno.....	30
<b>Figura 22</b> Variación transversal de las zonas intermareal y submareal de abundancia de A) Amphipoda, y B) Isopoda en función de la distancia al nivel superior del <i>swash</i> (NSS) en la playa Barra del Chuy para el verano (●) y el invierno (□). Los paneles C y D muestran la variación transversal de las referidas variables pero sin discriminar por estación del año.....	32

<b>Figura 23</b> Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en el índice de similaridad de Bray – Curtis (similitud 70%) para la abundancia de A) Amphipoda y B) Isopoda en la playa Barra del Chuy en verano e invierno. ....	33
<b>Figura 24</b> Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en el índice de similaridad de Bray – Curtis (similitud 75%) para la abundancia de Amphipoda en la playa Barra del Chuy en A) verano y B) invierno.....	34
<b>Figura 25</b> Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en el índice de similaridad de Bray – Curtis (similitud 60%) para la abundancia de Isopoda en la playa Barra del Chuy en A) verano y B) invierno.....	35
<b>Figura 26</b> Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) basado en el índice de similaridad de Bray – Curtis (similitud 60%) de A) densidad y B) riqueza de especies en la playa Barra del Chuy .....	36
<b>Figura 27</b> Relación entre el tamaño de grano y: A) riqueza de especies, B) biomasa (mg/m <sup>2</sup> ), C) abundancia D) densidad (ind/m <sup>2</sup> ) y E) tamaño corporal (mg) de Peracarida en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□).....	39
<b>Figura 28</b> Relación entre materia orgánica en el sedimento y: A) riqueza de especies, B) biomasa (mg/m <sup>2</sup> ), C) abundancia D) densidad (ind/m <sup>2</sup> ) y E) tamaño corporal (mg) de Peracarida en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□).....	40

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Playas arenosas

Las playas arenosas oceánicas son ambientes dinámicos que componen dos tercios de la costa libre de hielo del mundo (McLachlan & Brown, 2006). Estos ecosistemas dominan la línea costera de zonas tropicales y templadas (Defeo & McLachlan, 2011). Las playas arenosas son ecosistemas formados por acumulaciones de arena depositada principalmente por la fuerza de las olas y descarga de los ríos, donde sufren influencias de las mareas y de la topografía de la playa (McLachlan & Brown, 2006). La estructura morfológica y su dinámica son consecuencia de la acción conjunta de la rompiente y periodo de las olas, tamaño del grano de arena y de la amplitud de marea (Short, 1996). Dichas interacciones producen una gran variedad de tipos morfodinámicos de playa, que van desde playas reflectivas micromareales hasta playas disipativas macromareales (Short & Wright, 1983; Defeo & McLachlan, 2005).

En playas reflectivas las olas rompen directamente en la playa, presentando grano grueso, pendientes empinadas y una reducida zona de *swash*. En las playas disipativas, la energía de las olas es disipada por la playa (Short, 1996; Defeo & McLachlan, 2013), teniendo como consecuencia de esta dinámica grano fino, pendientes suaves y una extensa zona de *swash* (Short 1996). En playas arenosas oceánicas, el intercambio de materia orgánica y nutrientes se da con el mar, donde la zona de *surf* es la principal responsable del reciclaje de nutrientes. Esta zona también tiene una importancia directa en la formación de la playa y soporta una fauna bastante diversa (McLachlan & Brown, 2006) que alcanza la zona de *swash* donde la ola rompe por última vez y barre sobre la cara de la playa (Short, 1996).

Las playas marinas expuestas, son sistemas en los cuales se considera que las poblaciones y comunidades están reguladas fundamentalmente por variaciones en factores físicos (McLachlan, 1983, 1988; Jaramillo & McLachlan, 1993; McLachlan et al., 1993). El tamaño de la partícula de arena y la pendiente de la playa, son factores dominantes y explicarían las variaciones en la riqueza faunística en un sistema micromareal (McLachlan, 1990; Defeo et al., 1992; McLachlan et al., 1993). En este contexto, la hipótesis de exclusión de *swash* afirma que la estructura de las comunidades de playas arenosas resulta de la respuesta independiente de las especies a los factores físicos (Defeo & McLachlan, 2013) y que la presencia o ausencia de la fauna está directamente relacionada con la dinámica del *swash*. El *swash* violento en las playas reflectivas determina una disminución de la riqueza de especies, de tal forma que en el estado reflectivo extremo solo se encuentran especies que habitan el supralitoral. Esto ha sido demostrado en análisis recientes a nivel mundial, donde se documentó que la riqueza de especies aumenta de playas reflectivas micromareales a playas disipativas macromareales, tanto en zonas templadas como tropicales (McLachlan & Dorvlo, 2005; Defeo & McLachlan, 2011; Defeo & McLachlan, 2013).

## **1.2 Superorden Peracarida**

El superorden Peracarida (Crustacea) está representado por cerca de 21000 especies distribuidas en 12 órdenes (WORMS, 2009), constituyendo casi 30% de los crustáceos (Ruppert et al., 2005). La mayoría de las especies del grupo tienen hábitos bentónicos y pueden ser encontradas en todos los océanos, desde el supralitoral hasta el talud. El grupo posee dos principales características que lo definen (Thiel & Hinojosa, 2009): 1) Presencia de marsupio o bolsa incubadora, localizada abajo del tórax de las hembras. Es un espacio formado por grandes oostegitos flexibles, en forma de placas, extendidas a partir de algunas coxas torácicas. Los oostegitos son enditos con cerdas

que delimitan un espacio debajo del tórax. Esto implica un desarrollo directo, donde el tiempo de desarrollo puede estar directamente relacionado con la temperatura del ambiente (Brusca & Brusca 2007; Thiel & Hinojosa, 2009). 2) Presencia de una lacinia mobilis, que es un proceso dentiforme móvil, entre el molar y el incisivo de la mandíbula. Además, poseen diversos tipos de estrategias alimentarias, pudiendo ser suspensívoros, depositívoros, omnívoros, carnívoros y necrófagos (Thiel & Hijo, 2009; Ruppert et al., 2005).

Los peracáridos son un grupo que, a pesar de su tamaño diminuto, poseen importancia ecológica, ya que participan del reciclaje de la materia orgánica del medio, acelerando la descomposición y ayudando a devolver los nutrientes al ecosistema (Ruppert et al., 2005; Brusca & Brusca, 2007). Conforman el grupo de predadores secundarios en las cadenas tróficas marinas, vinculando a los productores con los consumidores terciarios, cubriendo así el rol de los insectos en tierra (González et al., 2006). Además, al ser de tamaño intermedio entre los mega y microorganismos, representan un grupo de alta producción, densidad y vulnerabilidad (presentan pocas defensas), por lo que otros grupos encuentran en ellos una excelente fuente alimentaria, siendo considerados como base de cadenas tróficas (González & Thiel, 2004; Thiel & Hinojosa, 2009). Por otro lado, muchas especies tubícolas son estabilizadoras de sedimento, consolidando el sustrato. En particular, los órdenes Isopoda y Amphipoda pueden ser simbioses (Brusca & Brusca, 2007).

Los peracáridos poseen mayor diversidad y abundancia en sedimentos no consolidados, donde presentan una elevada importancia como indicadores ecológicos para estudios de caracterización y monitoreo ambiental (Thomas, 1993). Muchas de estas especies pueden ser consideradas como bioindicadores, debido a que pueden retener una elevada concentración de metales pesados en su organismo y en

consecuencia pueden ser utilizados para estudios de calidad ambiental (Guerra-García et al., 2010). Su eficiencia como bioindicadores también está dada por los rasgos de su historia de vida y distribución geográfica.

### 1.3 Propósito del estudio

Al hacer una revisión general de la fauna de Peracarida para ecosistemas marinos uruguayos, solo se encuentra un pequeño número de especies. Según Scarabino (2006), existen 20 especies de Peracarida registradas para la costa uruguaya, incluyendo órdenes como Mysida, Cumacea, Tanaidacea, Isopoda y Amphipoda. Sabiendo que los peracáridos poseen una alta diversidad en el mundo en general y en los países vecinos en particular [(Brasil con 281 especies descritas para el sur y sudeste del país (Young, 1998) y Argentina con 212 especies de Amphipoda bentónicos citados para el territorio, ver Gappa et al., 2006)], la fauna de Peracarida en el territorio uruguayo sería poco conocida. A pesar de su elevada abundancia e importancia ecológica, el superorden es poco estudiado en cuanto a aspectos taxonómicos y de la dinámica poblacional de las especies que lo componen.

En Uruguay, las playas arenosas dominan los 670 km de costa entre Punta Gorda (Colonia) y Barra del Chuy (Rocha) (Defeo et al., 2006). Amphipoda, Cumacea, Isopoda y Tanaidacea constituyen un importante componente de la comunidad macrofaunística bentónica (> 1 mm) de estas playas arenosas. En especial, incluyen nueve especies dominantes citadas de peracáridos, *Bathyporeiapus ruffoi*, *Atlantorchestoidea brasiliensis*, *Phoxocephalopsis zimmeri*, *Mertharpinia sp.*, *Stephensenia heamatopus*, *Exciorolana armata*, *E. brasiliensis*, *Macrochiridotea lilianae* y *M. giambiagiae* (Defeo et al., 1992; Lercari & Defeo, 2006, 2015). Sin embargo, se considera que el número de especies ha sido subestimado. En efecto, se sabe que las

zonas de *swash* y *surf* en playas arenosas están dominadas por peracáridos. McLachlan & Brown (2006) resumen aspectos importantes sobre la ocurrencia de los peracáridos a nivel mundial: 1) los Mysida son extremadamente comunes en las zonas de *surf* de todo el mundo; 2) la familia Bodotriidae (orden Cumacea) está bien representada en las zonas de *swash* y *surf* en las playas; 3) Amphipoda, además de la familia semiterreste Talitridae, incluye especies intermareales correspondientes al género *Urothoe*, prácticamente cosmopolita; 4) el orden Tanaidacea suele ocurrir en arenas saturadas de playas protegidas en muchas partes del mundo; y 5) tanto Isopoda como Amphipoda son los más abundantes y su distribución transversal en playas arenosas va desde las dunas hasta la zona submareal.

Teniendo en cuenta la alta diversidad en el ecosistema de playas y en otros ecosistemas marinos, se puede suponer que el conocimiento acerca de los peracáridos en playas arenosas de Uruguay es escaso y que su representatividad es mayor que la actualmente disponible. Esto es particularmente importante en playas disipativas, las cuales poseen la mayor diversidad, abundancia y biomasa macrofaunística en este tipo de ecosistemas en Uruguay (Defeo et al., 1992; Lercari & Defeo, 2006, 2015; Barboza et al., 2012).

### **1.3.1 Hipótesis**

Barra del Chuy es una playa disipativa y en consecuencia posee zonas de *swash* y *surf* bien desarrolladas (Celentano et al., 2010), donde los peracáridos ocurren habitualmente en altas densidades (McLachlan & Brown, 2006). Los estudios realizados hasta el momento en esta playa han estado mayormente enfocados a la zona que se extiende desde las dunas hasta el intermareal. Estudios realizados en playas disipativas del sur de Brasil y de la costa norte de Argentina en el intermareal y submareal somero

(Gappa et al., 2006; Alves & Pezzuto, 2009; Neves et al., 2012) han documentado un importante número de especies de peracáridos. En consecuencia, se considera que existe un vacío de información en dichas zonas en la playa Barra del Chuy y por tanto es esperable encontrar un mayor número de especies al actualmente descrito para esta playa arenosa.

Estudios previos de largo plazo en Barra del Chuy demuestran una elevada abundancia e intensos reclutamientos de la macrofauna bentónica, incluyendo los peracáridos, en el verano, donde también ocurre un mayor número de especies (Defeo et al., 2001; Lercari et al., 2002; Lozoya & Defeo, 2006; Martínez & Defeo, 2006). En consecuencia, se hipotetiza que los peracáridos sigan dicho patrón temporal, y que por tanto la riqueza de especies, abundancia y biomasa serían mayores en verano que en invierno.

### **1.3.2 Objetivo General**

Realizar un estudio taxonómico y ecológico de la fauna de Peracarida (Amphipoda, Cumacea, Isopoda y Tanaidacea) en las zonas intermareal y submareal somera de la playa de la Barra del Chuy, Uruguay.

### **1.3.3 Objetivos específicos**

- 1) Realizar un inventario faunístico de Peracarida de las zonas de intermareal y submareal somera para la playa arenosa oceánica disipativa Barra del Chuy.
- 2) Cuantificar las variaciones intra-anales (invierno-verano) en las características ambientales de la playa, en especial en el tamaño de grano y porcentaje de materia orgánica en el sedimento.

- 3) Cuantificar variaciones intra-anales (invierno-verano) en la riqueza de especies, abundancia, densidad, biomasa y tamaño corporal de los peracáridos en la playa Barra del Chuy, tanto en forma global como discriminada por orden.
- 4) Identificar patrones de zonación de las especies y su variación intra-anual (invierno-verano).
- 5) Cuantificar la relación entre descriptores biológicos y físicos de la playa a fin de establecer posibles relaciones fauna-sedimento y detectar variables de significación en la explicación de los patrones de distribución de los peracáridos en el tiempo y en el espacio.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la playa de Barra del Chuy ( $33^{\circ}45' S$ ;  $53^{\circ}27' W$ ) (Fig. 1). Ésta es una playa micromareal expuesta de la costa oceánica uruguaya que se caracteriza por presentar arenas finas a muy finas, buena selección de grano, suave pendiente, fuerte acción de la ola con una amplia zona de barrido y gran variabilidad en mareas eólicas, dependiendo de la dirección e intensidad del viento (de Álava & Defeo, 1991; Defeo & Gómez, 2005; Celentano & Defeo, 2006). Barra del Chuy ha sido definida, en base a sus características morfodinámicas, como una playa disipativa, presentando la mayor riqueza de especies, diversidad y densidad de todas las playas de la costa atlántica uruguaya (Defeo et al. 1992; Lercari & Defeo 2006, 2015).

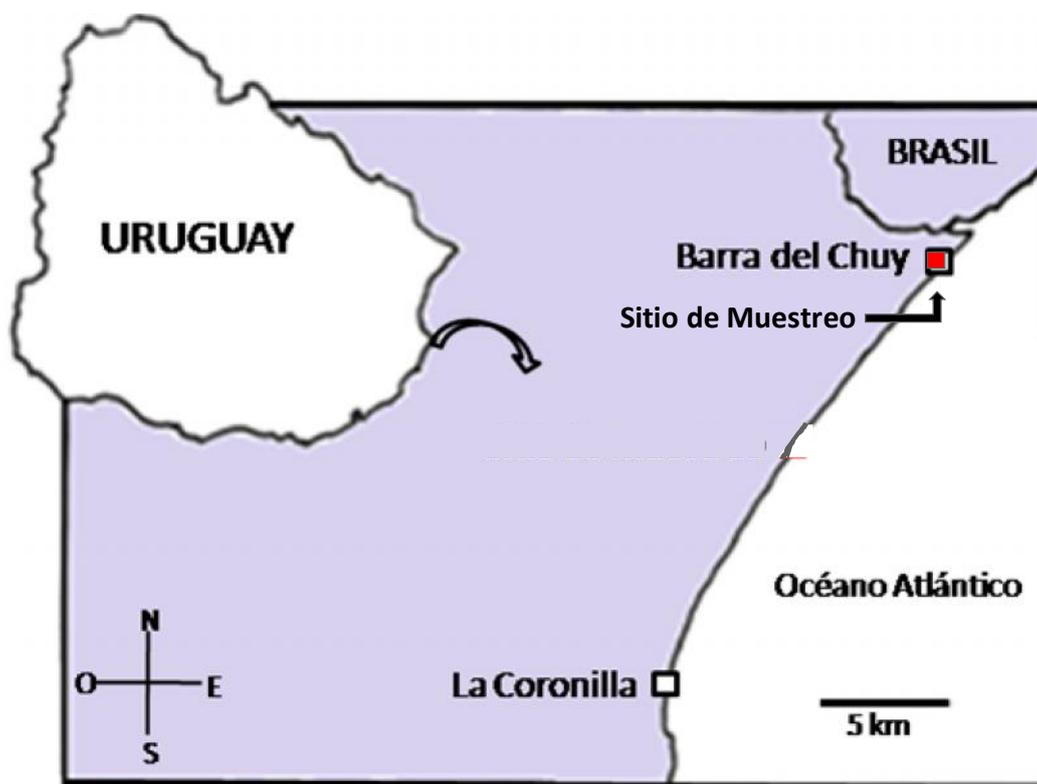


Figura 1. Mapa de la costa atlántica uruguaya, indicando la ubicación de la playa analizada en este estudio.

## 2.2 Muestreo

Se realizó un muestreo en verano (marzo) y otro en invierno (septiembre) de 2015. Se trazaron 5 transectos perpendiculares a la línea de la costa, separados 20 m entre sí, ubicando las unidades de muestreo (UM) en las siguientes zonas (Fig. 2): 1) nivel superior del *swash* (NSS), el cual fue definido como el nivel de máximo avance del agua en la playa (0 m); 2) nivel inferior del *swash* (NIS), definido como el nivel de máximo retroceso del agua dejando la playa al descubierto; 3) zona submareal superior (ZSS), a 0.25 m de profundidad; y 4) zona submareal inferior (ZIS), a 0.5 m de profundidad. La distancia entre UM dependió del estado de la playa en el día del muestreo. En cada UM se obtuvo una muestra de sedimento de 0.08325 m<sup>2</sup> de área, mediante a un corer cilíndrico. Cada muestra fue tamizada en una malla de 1 mm, etiquetada y guardada en bolsas con alcohol 70% para, en laboratorio, reconocer las especies y cuantificar los datos.

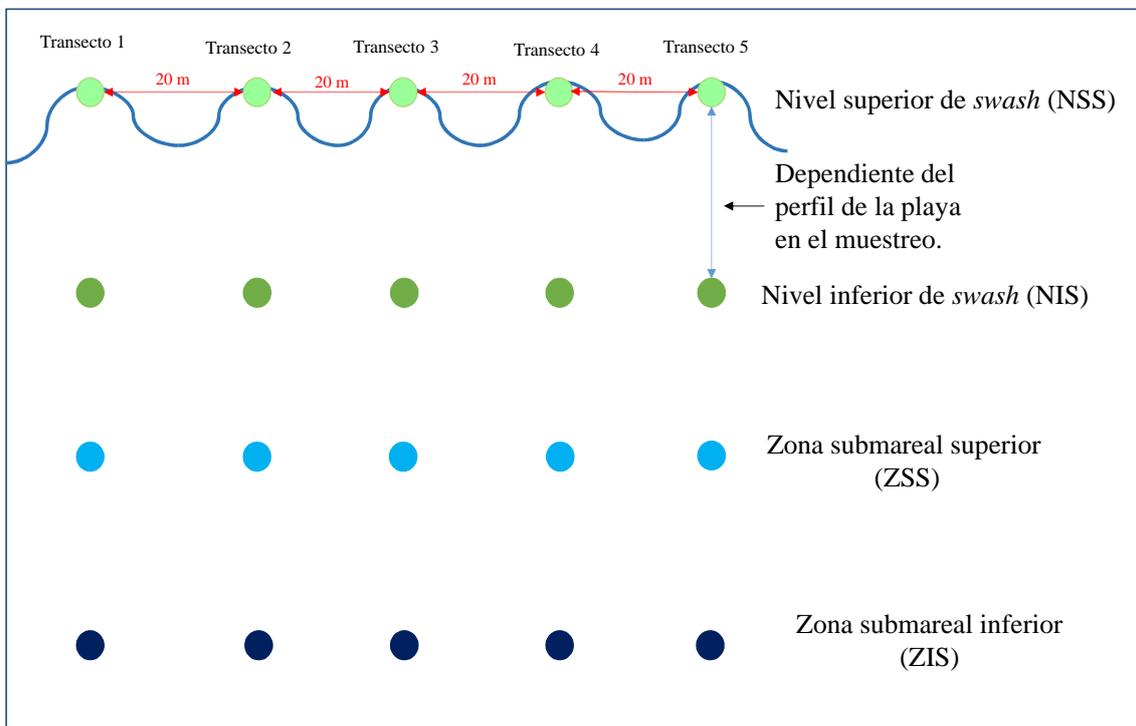


Figura 2. Diseño del muestreo de Peracarida en los niveles intermareal y submareal en la playa Barra del Chuy.

Además se realizó un muestreo alternativo con fines cualitativos (Fig. 3) empleando una rastra de 0.3 m de largo y 0.5 m de ancho, totalizando 0.15 m<sup>2</sup> de apertura y con una malla de red de 1 mm (Fig. 4A, B). En cada zona se realizaron tres arrastres de 5 m de distancia paralelos a la línea de costa (Fig. 3). Las muestras retenidas fueron guardadas y etiquetadas en bolsas con alcohol 70% para, en laboratorio, identificar las especies encontradas. Los resultados derivados de este tipo de muestreo fueron empleados para complementar el inventario faunístico.

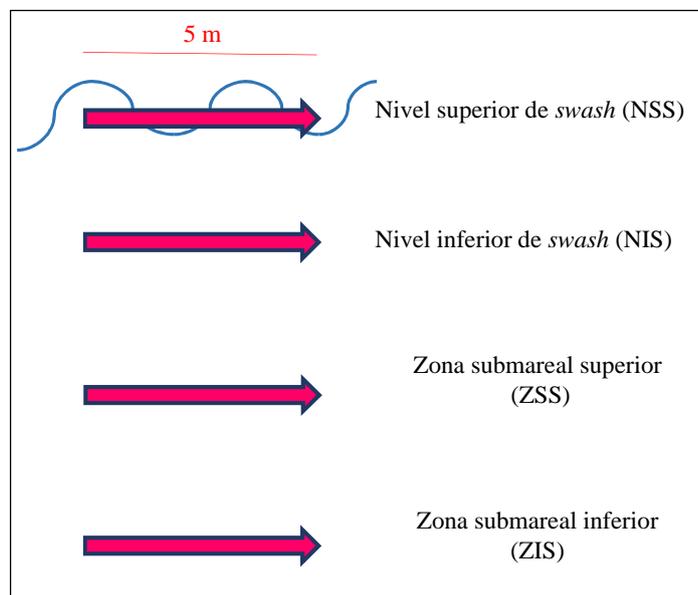


Figura 3. Diseño del método de muestreo alternativo basado en el uso de una rastra para la obtención de peracáridos en la playa Barra del Chuy.

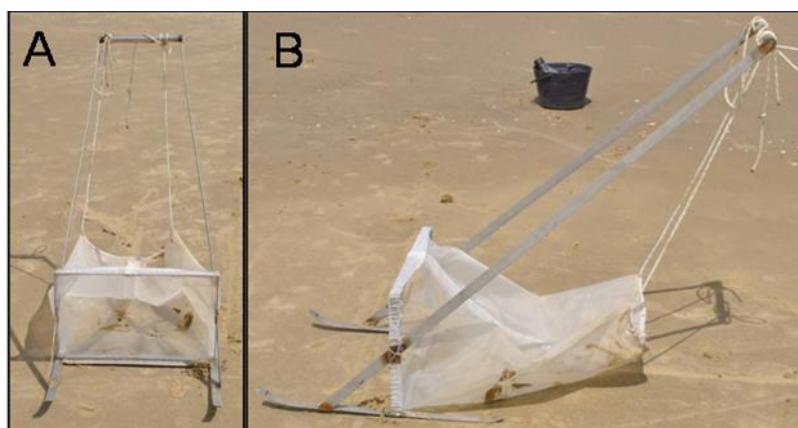


Figura 4. Fotos del equipamiento utilizado para el arrastre: A) vista frontal. B) Vista lateral.

En cada muestreo se tomaron datos de las siguientes variables ambientales: tamaño de grano, contenido de materia orgánica en el sedimento, temperatura del agua, salinidad del agua y pendiente de la playa. Para estimar dichas variables, en cada UM se extrajeron muestras de sedimento mediante un cilindro de 5 cm de diámetro, las cuales se almacenaron en papel aluminio y conservaron en frío para determinar, en laboratorio, el tamaño del grano y contenido materia orgánica en el sedimento.

### **2.3 Análisis de laboratorio**

Para el análisis granulométrico, las muestras de sedimento fueron tamizadas por mallas de 2.0 a 0.006 mm de abertura (Folk, 1980) y cada fracción retenida fue pesada con una precisión de 0.001g. Para calcular el tamaño medio de grano se utilizó el programa GRADISTAT v. 6.0 (Blott & Pye, 2001). El contenido de materia orgánica se determinó por diferencia de peso entre la muestra seca e incinerada a 500°C durante 5 horas (Lercari & Defeo, 2006).

Para desarrollar el inventario de peracáridos, las muestras extraídas en la playa fueron analizadas y los individuos obtenidos separados por morfotipos. Posteriormente, a partir de la bibliografía correspondiente como: Escofet, 1970; Almeida Prado, 1974; Bynum & Fox, 1977; Barnard & Clarck, 1982; Thuston, 1982; Zeidler, 1992; Souza-Filho, 2011, los mismos se identificaron al nivel de especie o género y fueron conservados y etiquetados en tubos de vidrio con alcohol. Esto permitió generar una lista de especies para la zona de estudio. Tal como se mencionó previamente, las muestras derivadas del muestreo con la rastra sirvieron para complementar el inventario faunístico, por lo cual el análisis cuantitativo que se menciona a continuación fue realizado con las muestras recabadas con el cilindro.

## 2.4 Análisis de datos

**Variación abiótica estacional.** Se evaluó la variabilidad de los parámetros físicos entre estaciones y niveles de playa mediante Análisis de Varianza (ANOVA) de dos vías, usando la estación del año y el nivel de playa como factores fijos. También se emplearon modelos lineales y no lineales para modelar la variabilidad del tamaño de grano y de la materia orgánica en el espacio y en el tiempo, procedimiento que se considera más apropiado para describir patrones que las comparaciones múltiples entre tratamientos de factores fijos (Defeo & Cardoso, 2004). Se seleccionó el modelo que mejor explicó las relaciones en base al valor de  $R^2$ . Se realizaron análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS por sus siglas en inglés) de las variables físicas para determinar patrones de ordenamiento ambiental de las UM en las estaciones del año y los niveles de playa, utilizando el coeficiente de similitud de Bray Curtis. Fue usado el análisis de similitud (ANOSIM) de dos vías para determinar la significancia estadística de la similitud de las estaciones del año y los niveles de playa.

**Variación estacional de los descriptores bióticos.** Para cuantificar variaciones intra-anales en la abundancia, riqueza de especies, densidad, biomasa y tamaño corporal de los peracáridos en la playa Barra del Chuy, los individuos de cada UM fueron pesados y contabilizados. La riqueza de especies (diversidad  $\alpha$ ) fue estimada como la suma total de especies en cada evento de muestreo, mientras que el estimador global para la playa Barra del Chuy resultó del número total de especies identificadas durante ambos muestreos. La abundancia fue estimada en base a la suma total de individuos en todas las UM, mientras que la densidad fue estimada en función del

número de individuos por unidad de área y expresada como ind/m<sup>2</sup>. El tamaño corporal (mg), se estimó en base al cociente entre la biomasa (mg/m<sup>2</sup>) y la densidad (ind/m<sup>2</sup>). Los descriptores biológicos también fueron determinados por: 1) estación del año (invierno-verano), y 2) por UM. Estas dos estimaciones fueron empleadas para evaluar las hipótesis nulas de ausencia de diferencias entre estaciones y entre diferentes franjas del intermareal y submareal. Las estimaciones de abundancia, densidad y riqueza de especies fueron también empleadas para evaluar los patrones de zonación de peracáridos para ambas estaciones del año. Posteriormente, las estimaciones realizadas para cada descriptor en verano e invierno fueron sometidas a un ANOVA de dos vías, empleando la estación del año y el nivel de playa como factores fijos.

Para calcular los diversos estadísticos comunitarios se utilizó el procedimiento Diverse del programa PRIMER (Clarke & Gorley, 2001). Los índices calculados para cada estación del año y nivel de la playa fueron (Magurran, 1988):

1. Diversidad de Shannon-Wiener ( $H' = -\sum_{i=1}^s (P_i \cdot \ln P_i)$ ), donde  $P_i$  representa la proporción de organismos observados de la especie  $i$  en la comunidad.
2. Equidad de Pielou ( $J = H' / \ln(S)$ ), donde  $S$  es el número de especies en la unidad de muestreo.
3. Dominancia de Simpson ( $(D) = \sum P_i^2$ ), donde  $P_i$  representa la proporción de organismos observados de cada especie en la comunidad.
4. Riqueza de Margalef ( $d = (S-1)/\ln(N)$ ), donde  $S$  es el número de especies en la unidad de muestreo y  $N$  es el número de individuos.

Se realizaron NMDS para determinar patrones de ordenamiento ambiental y biológico de las UM entre estaciones del año y niveles de playa, utilizando el coeficiente de similitud de Bray Curtis. Fue usado el ANOSIM de dos vías para determinar la significancia estadística de la similitud entre estaciones del año y niveles de playa. Las especies dominantes del ecosistema por estación fueron identificadas

usando el procedimiento SIMPER (Clarke & Gorley, 2001), estimando la contribución promedio de cada especie a la similitud y diferencia entre muestras (especies tipificantes y discriminantes respectivamente).

Las relaciones simples entre los descriptores biológicos y variables físicas fueron modeladas utilizando ajustes lineales y no lineales (Defeo & Cardoso, 2004). Se seleccionó el modelo que mejor explicó las relaciones en base al valor de  $R^2$ . Además, se realizaron ANOVA con las variables físicas (e.g, granulometría, materia orgánica) para evaluar la contribución relativa de las diferentes variables en la explicación de las tendencias de abundancia, riqueza, densidad, biomasa y tamaño corporal individual de los peracáridos.

**Zonación.** Se evaluó la variación intra-anual de la zonación a lo largo del eje transversal entre el NSS y el submareal inferior, considerándose promedios por UM. En el caso de la riqueza se utilizó el número total de especies. Se realizó un análisis deconstructivo, tomando en consideración los estimadores de Isopoda y Amphipoda por separado, a efectos de estimar la variación espacial de la abundancia y riqueza a lo largo del eje transversal. También en este caso las especies dominantes de cada zona de la playa fueron identificadas usando el procedimiento SIMPER (Clarke & Gorley, 2001), para lo cual fue estimada la contribución promedio de cada especie a la similitud entre muestras (especies tipificantes) y a la disimilitud (especies discriminantes).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Variación abiótica

La temperatura y salinidad del agua fueron mayores en verano (Tabla 1). El sedimento se clasificó como fino en invierno (media  $\pm$  error estándar =  $0.21 \pm 0.004$  mm) y mediano en verano ( $0.28 \pm 0.01$  mm), siendo significativamente más grueso en esta estación (ANOVA, Tabla 3). La materia orgánica presentó un porcentaje significativamente mayor en verano que en invierno (Tablas 1 y 3), mientras que la pendiente fue menor en verano que en invierno.

El tamaño de grano fue máximo en verano, en la ZIS. Si bien en invierno los valores también fueron mayores en el submareal, la variación del tamaño del grano fue más homogénea entre las UM (Figs. 5A y 6A). El contenido de materia orgánica del sedimento aumentó desde el intermareal hacia el submareal, y en verano la playa presentó un incremento significativo en la ZIS (Figs. 5B y 6B). El análisis global (todos los datos combinados) mostró un incremento significativo del tamaño de grano y porcentaje de materia orgánica en dirección al submareal (Figs. 5D y 5E). La pendiente a su vez presentó una tendencia decreciente desde el intermareal hacia el submareal (Fig. 5F), así como un valor significativamente mayor en invierno que en verano (Fig. 6C y Tabla 3).

Tabla 1. Caracterización física de la playa Barra del Chuy para verano e invierno 2015 (media  $\pm$  error estándar).

	Verano	Invierno
Temperatura del agua (°C)	22.8	14.8
Salinidad	29.3	24.2
Tamaño medio de grano (mm)	$0.28 \pm 0.01$	$0.21 \pm 0.004$
Materia orgánica (%)	$0.38 \pm 0.03$	$0.31 \pm 0.01$
Pendiente (%)	$2.8 \pm 0.66$	$3.8 \pm 0.84$

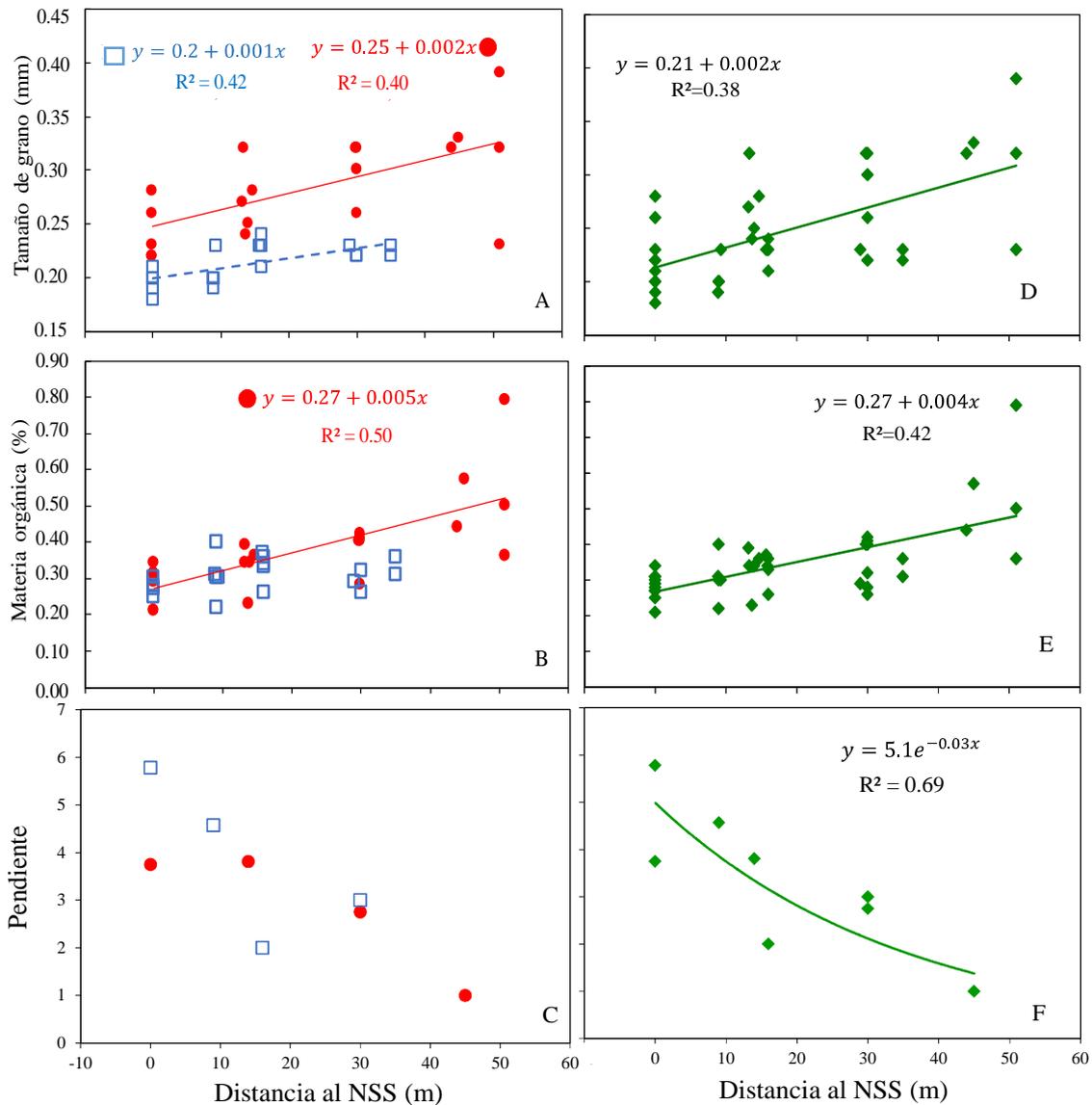


Figura 5. Variación transversal de: A) tamaño de grano, B) materia orgánica y C) pendiente en función de la distancia al nivel superior del *swash* (NSS) en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□). D, E y F muestran la variación transversal de las referidas variables pero sin discriminar por estación del año. A efectos de la modelación de la variación transversal de estos indicadores se consideraron las mediciones individuales generadas en cada unidad de muestreo de cada transecto. Las líneas indican el modelo que mejor se ajustó a la variación en cada descriptor ( $p < 0.05$  en todos los casos).

Tabla 2. Mejores modelos que explicaron la relación entre tamaño de grano y materia orgánica y la distancia al nivel superior de *swash* en la playa Barra del Chuy. n/s =  $p > 0.05$ , \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ . Los valores de los parámetros de cada modelo se muestran en las figuras respectivas.

Descriptores abióticos	Invierno	Verano	Total
Tamaño de grano (mm)	$y = a + bx^{**}$	$y = a + bx^{**}$	$y = a + bx^{***}$
Materia orgánica (%)	n/s	$y = a + bx^{***}$	$y = a + bx^{***}$
Pendiente (%)	n/s	n/s	$y = a \cdot e^{-bx^*}$

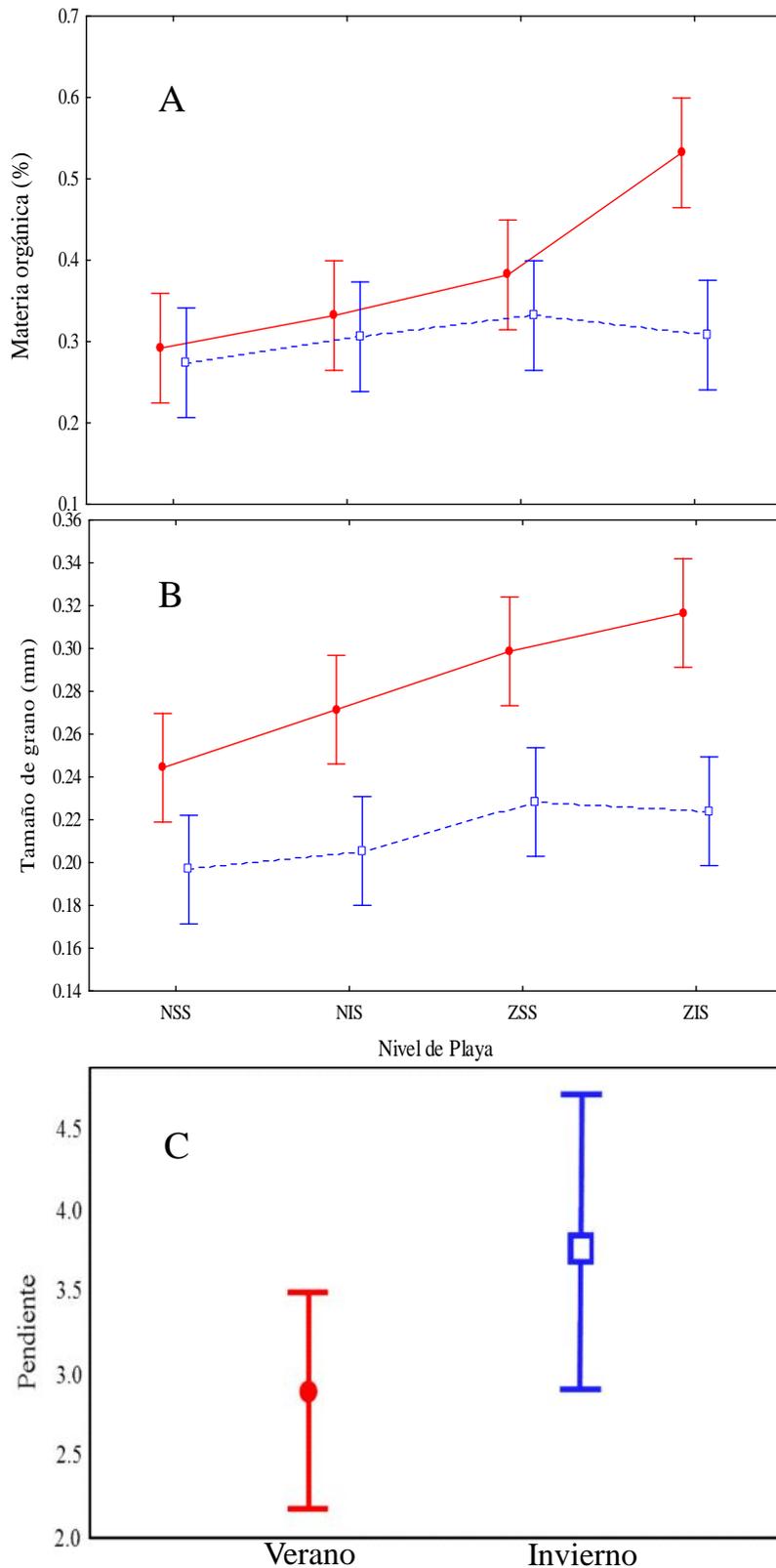


Figura 6. Variación transversal (media  $\pm$  error estándar) de: A) tamaño de grano, B) materia orgánica y C) pendiente en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□). NSS: nivel superior del *swash*; NIS: nivel inferior del *swash*; ZSS: nivel superior del submareal; ZIS: nivel inferior del submareal

Tabla 3. Resultados del ANOVA de dos vías, con estación y nivel de la playa como factores fijos, para tamaño de grano y materia orgánica en Barra del Chuy. En el caso de la pendiente, se muestran los resultados del ANOVA de una vía (estación como factor fijo). V= Verano, I= Invierno. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ , n/s =  $p > 0.05$ .

	Nivel de playa	Estación del año	Nivel x Estación
Tamaño medio de grano (mm)	0.001**	0.000***	n/s
Materia orgánica (%)	0.002**	0.002**	n/s
Pendiente (%)		0.02*	

El análisis de ordenamiento multidimensional (NMDS) de las variables físicas mostró una tendencia a la separación en la ordenación espacial de las UM de invierno y verano. No obstante, en verano se distinguieron dos grupos de UM, donde uno de ellos presentó valores más similares a las UM del invierno (stress = 0.04) sin separación entre las zonas submareal e intermareal (Fig. 7). Tomando en cuenta el ordenamiento espacial de los descriptores físicos separados por estación, las UM se agruparon en dos grupos diferentes (stress = 0.02), definiendo claramente las zonas submareal e intermareal (Fig. 8), principalmente en invierno. Las pruebas ANOSIM de dos vías mostraron diferencias significativas en las variables físicas entre verano e invierno y entre niveles de playa (R global por estación = 0.47;  $p < 0.05$  y R global por nivel de playa = 0.27;  $p < 0.001$ ).

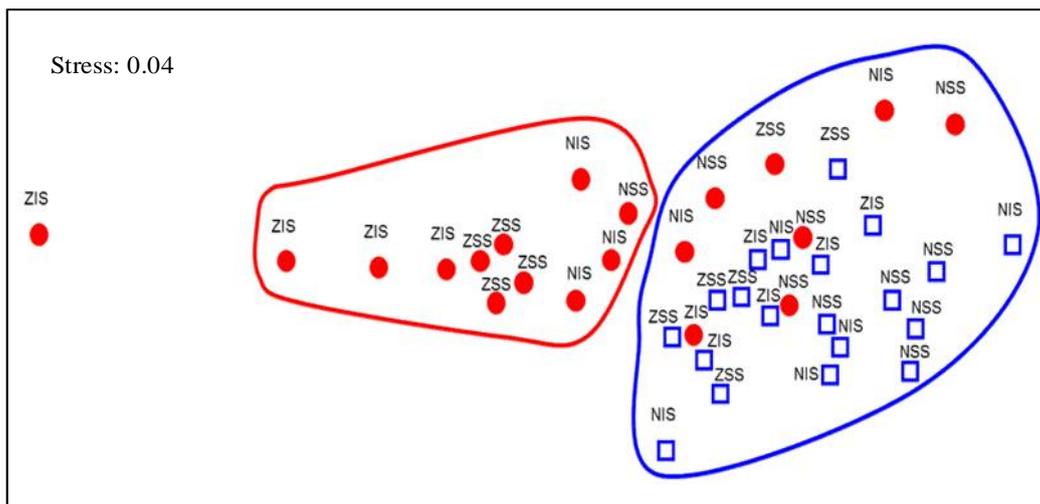


Figura 7. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de las variables físicas por unidad de muestreo en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□), basado en el índice de similitud de Bray-Curtis. Las elipses denotan similitud = 95%. NSS: nivel superior del *swash*; NIS: nivel inferior del *swash*; ZSS: nivel superior del submareal; ZIS: nivel inferior del submareal.

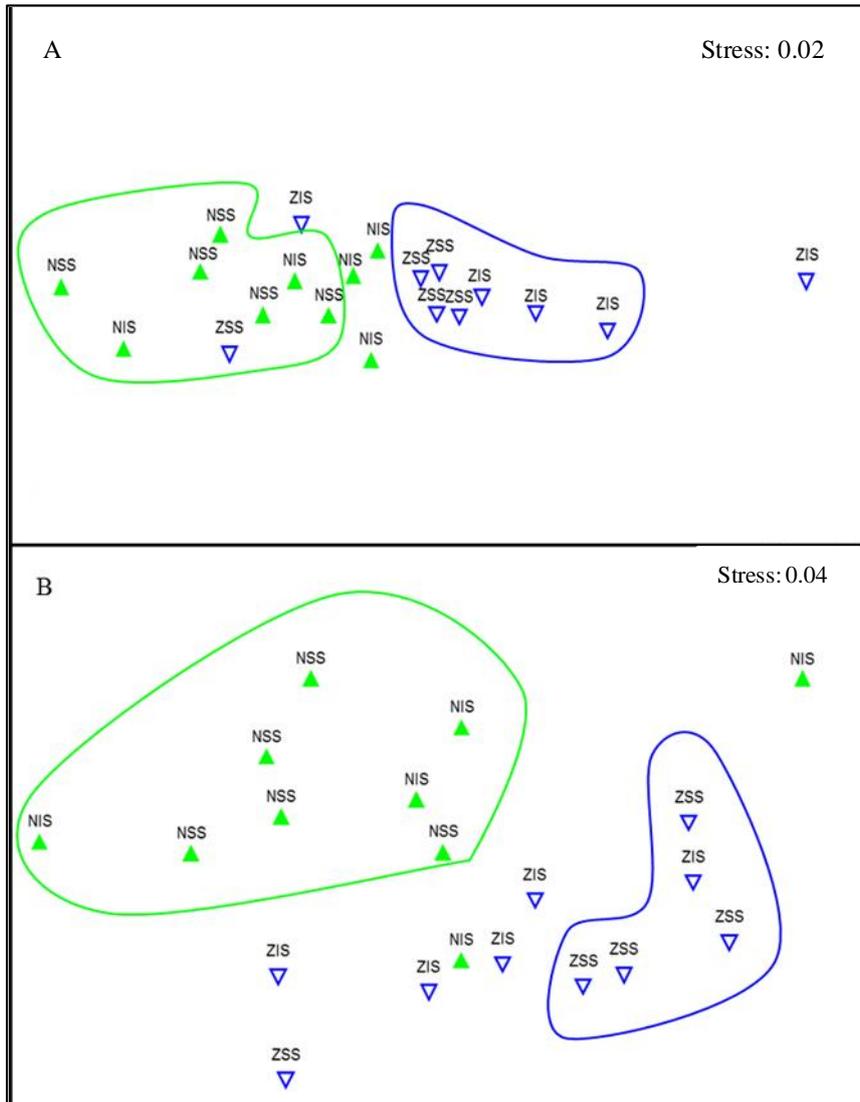


Figura 8. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de las variables físicas por unidad de muestreo en la playa Barra del Chuy en A) verano e B) invierno, basado en el índice de similitud de Bray-Curtis. Las elipses denotan similitud= 95%. Intermareal (▲) y submareal (▼). NSS: nivel superior del *swash*; NIS: nivel inferior del *swash*; ZSS: nivel superior del submareal; ZIS: nivel inferior del submareal

### 3.2 Biodiversidad

Se recolectaron 6156 ejemplares de crustáceos Peracarida pertenecientes a 4 órdenes, 14 familias y 16 especies. De éstas, 8 especies se obtuvieron exclusivamente mediante el arrastre, 5 especies ocurrieron exclusivamente en verano y 6 especies presentaron una distribución del intermareal al submareal (Tabla 4).

Tabla 4. Distribución de los taxones por tipo de muestreo en invierno y verano. \*\*número total de individuos colectados y \*abundancia relativa (%) de los taxa de Peracarida de Barra del Chuy. Las especies destacadas son nuevos registros para el Uruguay.

Taxón	Distribución verano	Distribución invierno	Muestreo		**	*
			Arrastre	Corer		
Amphipoda						
Gammaridea						
Familia Atylidae						
<i>Nototropis minikoi</i> (A.O. Walker, 1905)	ZSS, ZIS		Arrastre	Corer	4	0.1
Familia Cheidae						
<i>Cheus annae</i> (Thurston, 1982)	NSS, NIS	NSS, NIS; ZIS	Arrastre	Corer	736	12
Familia Exoedicerotidae						
<i>Bathyporeiapus ruffoi</i> (Escofet, 1971)	NSS, NIS	NSS, NIS; ZSS, ZIS	Arrastre	Corer	108	2
Familia Hyalidae						
<i>Parhyalella</i> sp.		ZIS	Arrastre		1	0.02
Familia Phoxocephalopsidae						
<i>Phoxocephalopsis</i> sp.	NSS, NIS; ZSS, ZIS	NIS; ZSS, ZIS	Arrastre	Corer	226	4
<i>Puelche orensanzi</i> (Barnard & Clark, 1982)	NSS, NIS; ZSS, ZIS	NSS, NIS; ZSS, ZIS	Arrastre	Corer	2174	35
Hyperiididae						
Familia Brachyscelidae						
<i>Brachyscelus cruscolum</i>	NIS; ZSS, ZIS		Arrastre		4	0.1
Senticaudata						
Familia Caprellidae						
<i>Caprella equilibra</i> (Say, 1818)		NIS; ZSS, ZIS	Arrastre		5	0.1
Familia Corophiidae						
Subfamilia Protomediinae						
<i>Cheiriphotis petronioi</i> (Souza-Filho, Souza & V.-Berardo, 2012)	ZIS	NSS; ZSS, ZIS	Arrastre		11	0.2
Familia Ischyroceridae						
<i>Jassa</i> sp.	ZIS		Arrastre		1	0.02
Cumacea						
Familia Bodotriidae						
<i>Leptocuma</i> sp.	ZIS		Arrastre		1	0.02
Isopoda						
Cymothoida						
Familia Cirolanidae						

<i>Excirolana armata</i> (Dana, 1853)	NSS, NIS	NSS, NIS; ZIS	Arrastre	Corer	243	4
Valvifera						
Familia chaetiliidae						
<i>Chiriscus giambiagiae</i> (Torti & Bastica, 1972)	NSS, NIS; ZIS	NSS, NIS; ZSS, ZIS	Arrastre	Corer	111	2
Familia Idoteidae						
<i>Idotea baltica</i> (Pallas, 1772)	ZIS	ZIS	Arrastre		10	0.2
<i>Synidotea marplatensi</i> (Giambiagi, 1922)	ZIS	ZIS	Arrastre		26	0.4
Mysida						
Familia Mysidae						
<i>Metamysidopsis elongata atlantica</i> (Bacescu, 1968)	NSS, NIS; ZSS, ZIS		Arrastre	Corer	2495	40
<b>TOTAL</b>					<b>6156</b>	

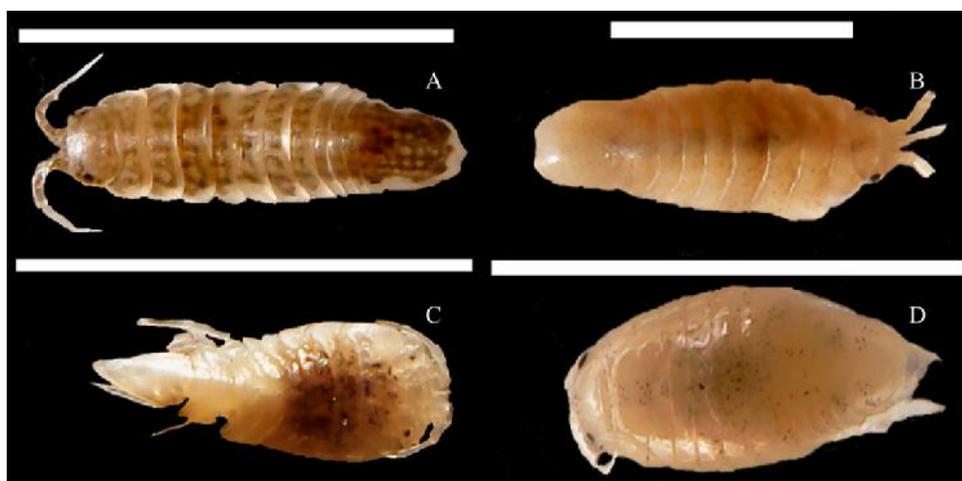


Figura 9. Orden Isopoda: A) *Idotea baltica*, B) *Synidotea marplatensis*, C) *Chiriscus giambiagiae*, D) *Excirolana armata*.

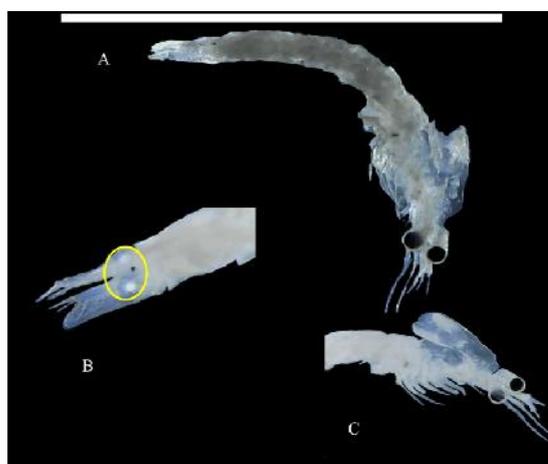


Figura 10. Orden Mysida: A) *Metamysidopsis elongata atlantica* de cuerpo entero con una graduación de 1cm, B) detalle del urópodo con 2 estatocistos, característica del género en cuestión, C) detalle de cefalotórax en posición lateral.

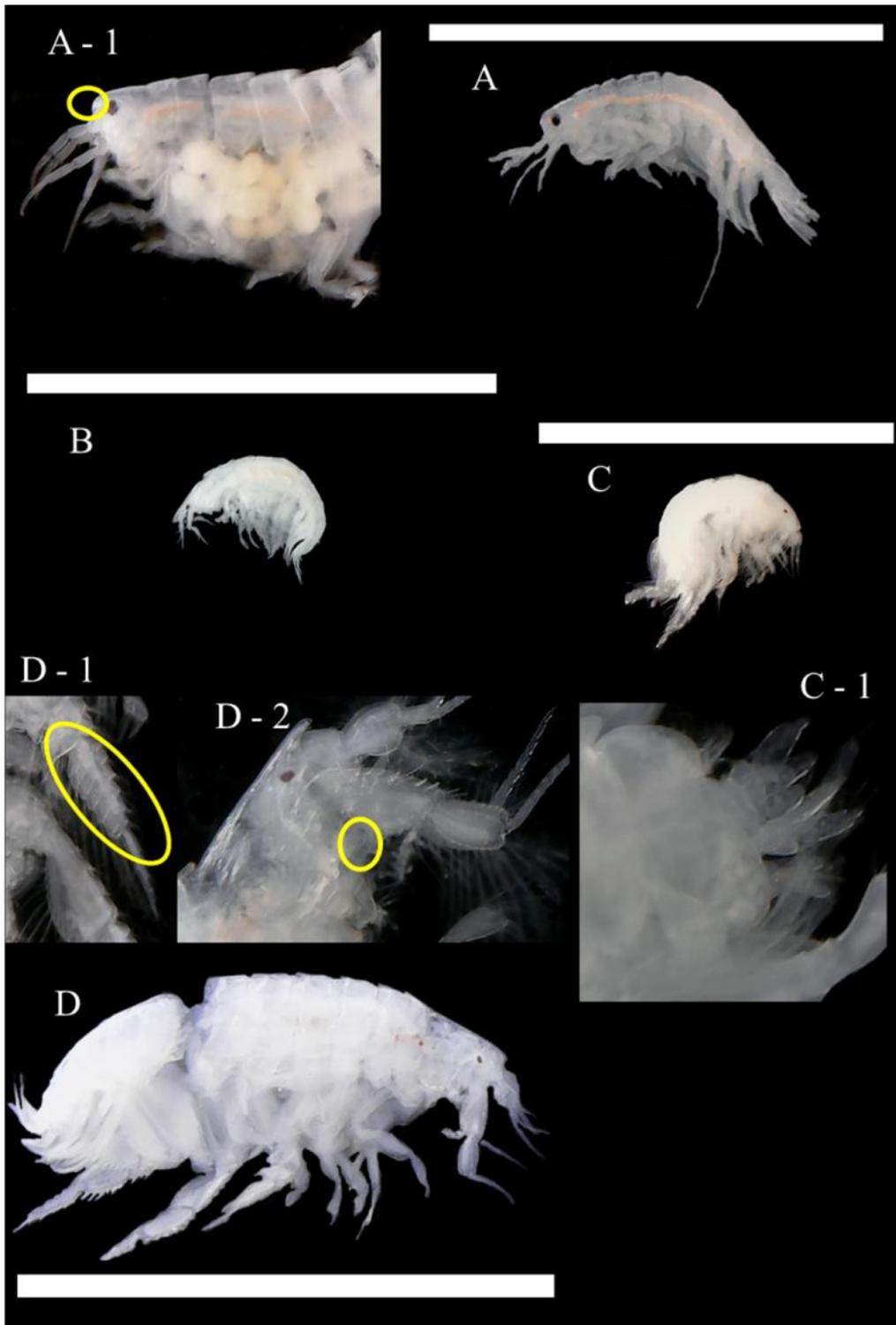


Figura 11. Orden Amphipoda: Especies colectadas por el corer. A) *Bathyporeiapus ruffoi*, A-1) detalle de una hembra con huevos, destacando el rostro característico de la especie, B) *Cheus annae*, C) *Puelche orensanzi*, C-1) detalle del urópodo característico del género, D) *Phoxocephalopsis* sp. (sensu Ruffo), D-1) detalle del pereiópodo 5, característica principal de la especie, D-2) detalle de la cabeza destacando una característica del género.

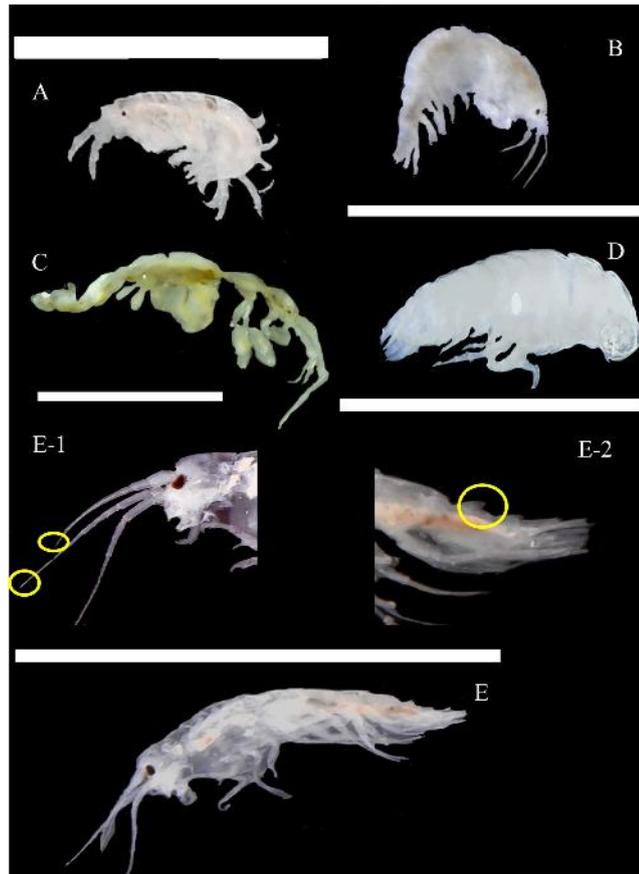


Figura 12. Orden Amphipoda: Especies colectadas exclusivamente por arrastre. A) *Jassa* sp., B) *Cheiriphotis petronioi*, C) *Caprella equilibra*, D) *Brachyscelus crusculum*, E) *Nototropis minikoi*, E-1) detalle de las antenas con antena 1 mayor que antena 2, característico del género y E-2) detalle de la ornamentación del pleópodo, característico del género.

Los órdenes más abundantes muestreados por medio del corer fueron Amphipoda (86%) e Isopoda (17%), seguidos por Mysida (4%) (Fig. 13A). Con la técnica de arrastre los órdenes más abundantes fueron Mysida (89%) e Isopoda (6%), seguidos por Amphipoda (5%) (Fig. 13B). En términos de riqueza, los órdenes mayormente representados obtenidos por medio del corer fueron Amphipoda (62%), Isopoda (25%) y Mysida (13%) (Fig. 14A). El arrastre mostró resultados semejantes, siendo Amphipoda el orden con mayor riqueza (63%), seguido de Isopoda (25%) (Fig. 14B). Amphipoda e Isopoda predominaron en todas las estaciones (Fig. 15), razón por lo cual más adelante se realizó un análisis deconstructivo con estos dos órdenes.

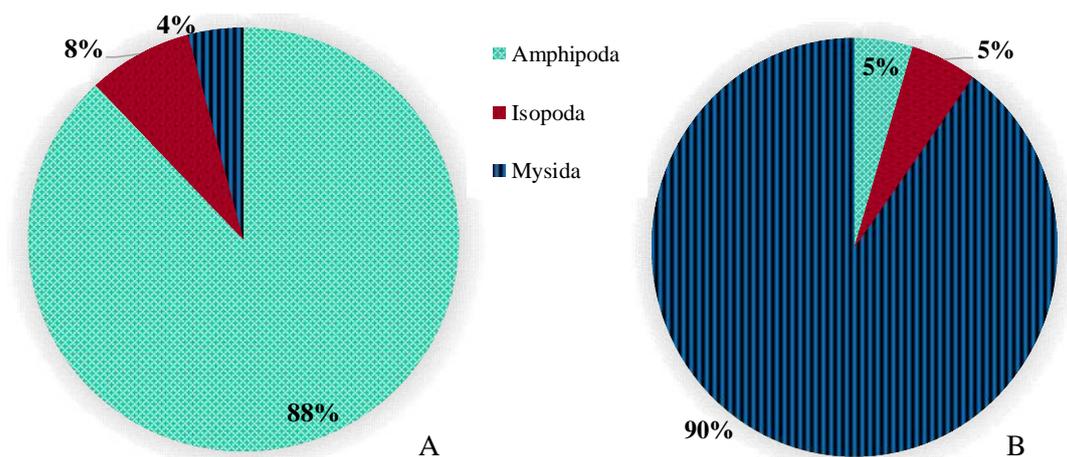


Figura 13. Abundancia relativa de los órdenes de Peracarida colectados en la playa Barra del Chuy, discriminada por técnica de muestreo. A) corer y B) arrastre.

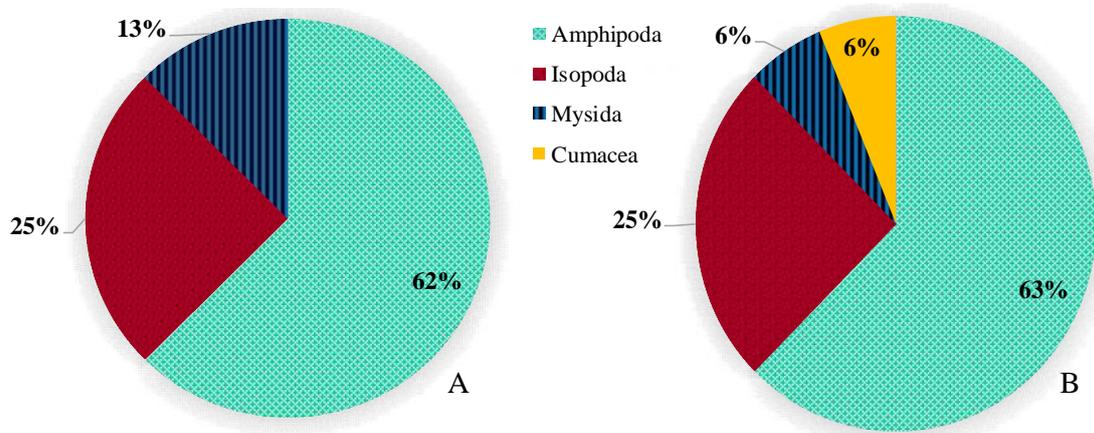


Figura 14. Riqueza de los órdenes de Peracarida colectados en la playa Barra del Chuy, discriminada por técnica de muestreo. A) corer y B) arrastre.

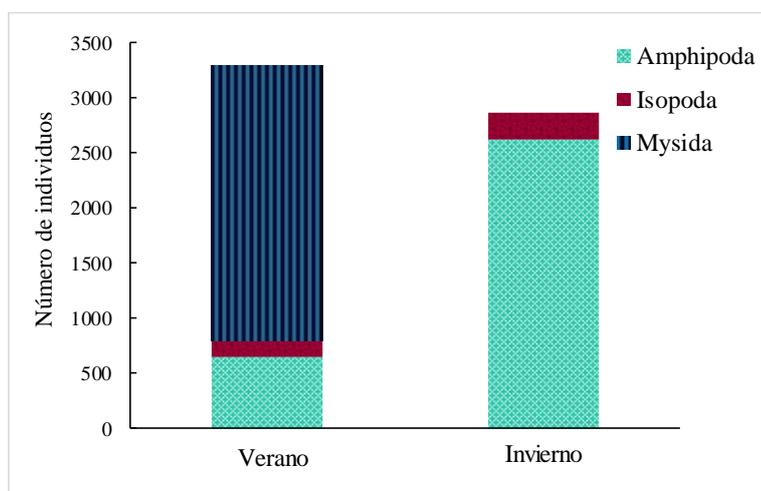


Figura 15. Variación verano-invierno en el número de individuos de los órdenes de Peracarida colectados en la playa de Barra del Chuy.

El NMDS basado en la abundancia total de Peracarida mostró una ordenación espacial de las UM con una diferenciación significativa entre invierno y verano (stress = 0.07). Se observó una mayor similitud entre las UM del NSS de verano y aquellas del invierno, mientras que la ZIS del invierno quedó claramente discriminada como un grupo aparte (Fig. 16).

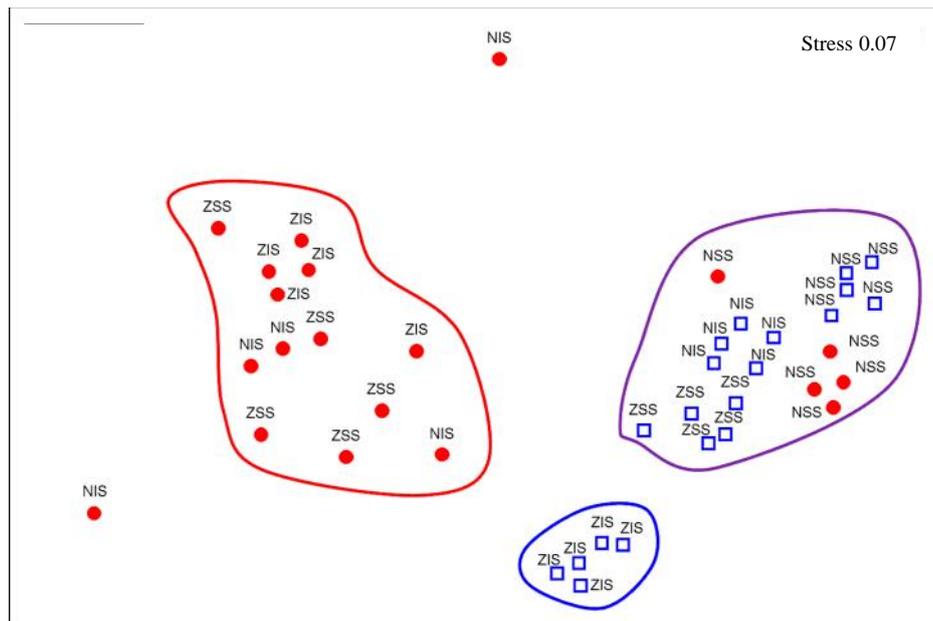


Figura 16. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de la abundancia de Peracarida para las unidades de muestreo en la playa Barra del Chuy en verano (●) e invierno (□), basado en el índice de similitud de Bray-Curtis (las elipses denotan similitud 50%). NSS: nivel superior del *swash*; NIS: nivel inferior del *swash*; ZSS: nivel superior del submareal; ZIS: nivel inferior del submareal.

### 3.3 Variación biótica

Los descriptores biológicos de Peracarida de Barra del Chuy, estimados para verano e invierno, se describen en la Tabla 5, y los mejores modelos ajustados para describir la relación entre los descriptores biológicos y la distancia al NSS se muestran en la Tabla 6. Los resultados del ANOVA, considerando la estación del año y el nivel de la playa como factores fijos para la abundancia, riqueza de especies, densidad, biomasa y tamaño corporal de Peracarida de Barra del Chuy, se muestran en la Tabla 7. La riqueza específica no difirió significativamente entre verano e invierno, presentando

pequeñas diferencias en las NIS y ZSS (Tabla 5, Figs. 17B y 19B). La abundancia, densidad y biomasa fueron significativamente mayores en invierno que en verano, con patrones semejantes entre niveles (Tabla 5, Figs. 17A, D, 18A y 19B, C). El tamaño corporal fue mayor en invierno que en verano (Tabla 4, Figs. 17C y 19C), principalmente en el NSS y en el ZIS (Fig. 17C). Los ANOVA de dos vías, utilizando el nivel de playa y la estación del año como factores fijos, revelaron que todas las variables bióticas tuvieron una variación significativa en ambos factores y en su interacción, con excepción del tamaño corporal que no difirió significativamente entre estaciones, aunque sí entre estaciones del año y en la interacción respectiva (Tabla 7). La existencia de interacción estación x nivel de playa indicó tendencias contrapuestas en alguno de los factores en el tiempo y/o espacio, lo cual impidió determinar para algunos descriptores una tendencia uniforme general (Tabla 7). No obstante, fue observada una tendencia global de disminución de todos los descriptores biológicos en dirección al submareal (Figs. 17E, F, H y 18B), mientras que el tamaño corporal no mostró diferencias como consecuencia de tendencias contrapuestas entre verano e invierno (Fig. 17C, G). La dominancia (D) y la riqueza (d) presentaron valores indicativos de una alta diversidad, aún cuando los valores individuales de H' no lo fueron (Tabla 5).

Tabla 5. Descriptores biológicos de Peracarida de la playa Barra del Chuy, estimados para verano e invierno (media  $\pm$  error estándar).

	<b>Verano</b>	<b>Invierno</b>
Abundancia	43.05 $\pm$ 11.60	124.55 $\pm$ 17.03
Riqueza de especies	3.20 $\pm$ 0.25	3.70 $\pm$ 0.25
Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	464.40 $\pm$ 125.10	1543.60 $\pm$ 222.80
Biomasa (mg/m <sup>2</sup> )	44.40 $\pm$ 10.80	327.50 $\pm$ 55.40
Tamaño de cuerpo (mg)	1.40 $\pm$ 0.16	2.30 $\pm$ 0.15
Riqueza (d)	2.76 $\pm$ 0.29	3.50 $\pm$ 0.26
Dominancia (D)	0.53 $\pm$ 0.04	0.54 $\pm$ 0.02
Diversidad (H')	0.80 $\pm$ 0.06	0.79 $\pm$ 0.04
Equidad (J)	0.70 $\pm$ 0.05	0.60 $\pm$ 0.05

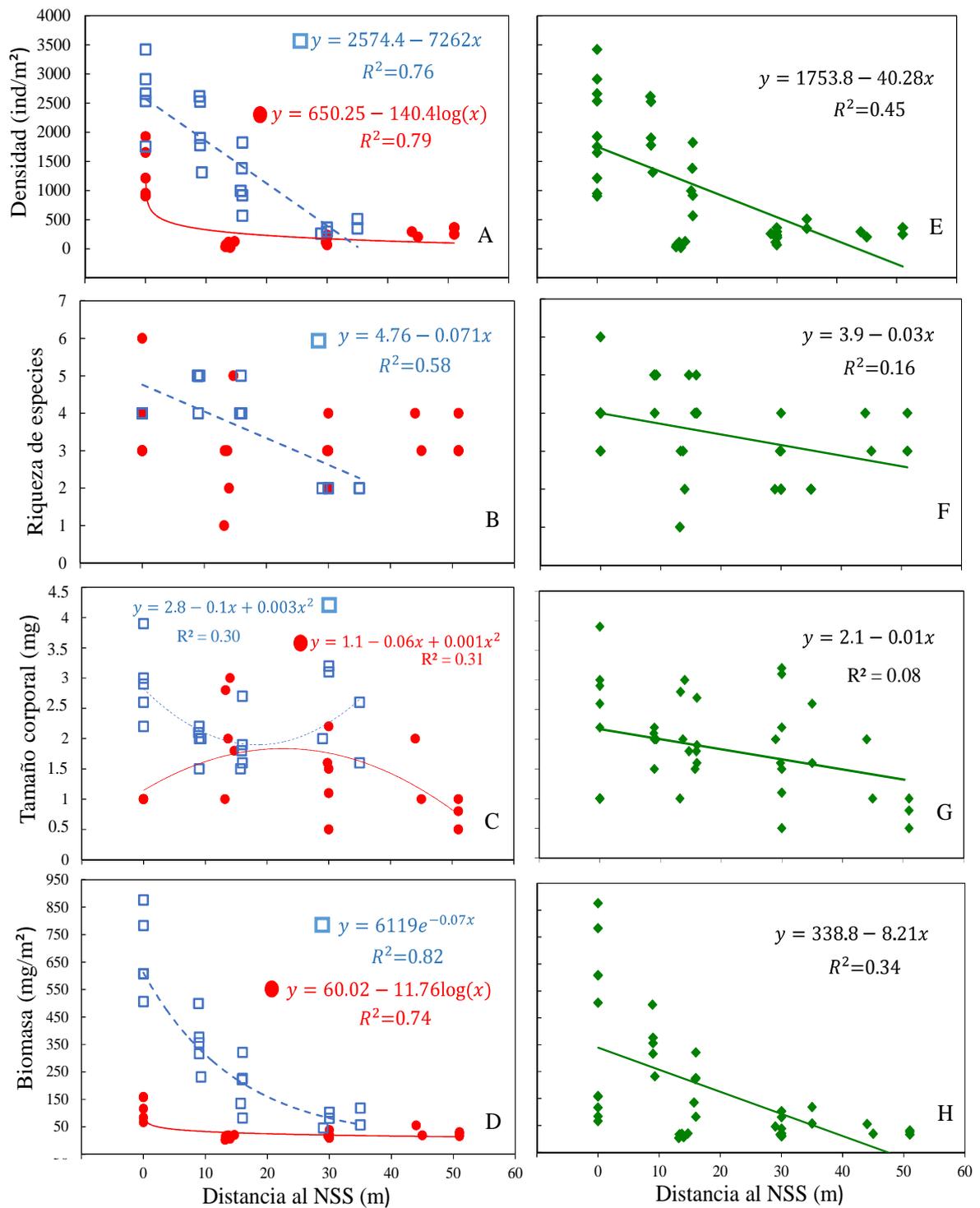


Figura 17. Variación transversal de: A) densidad, B) riqueza de especies, C) tamaño del cuerpo y D) biomasa de Peracarida en función de la distancia al nivel superior de *swash* (NSS) en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□). Los paneles E a H muestran la variación transversal de las referidas variables pero sin discriminar por estación del año. A efectos de la modelación de la variación transversal de estos indicadores se consideraron las mediciones individuales generadas en cada unidad de muestreo de cada transecto. Las líneas indican el modelo que mejor se ajustó a la variación en cada descriptor biótico ( $p < 0.05$ ). En el caso de G, la relación es marginalmente significativa ( $p=0.08$ ).

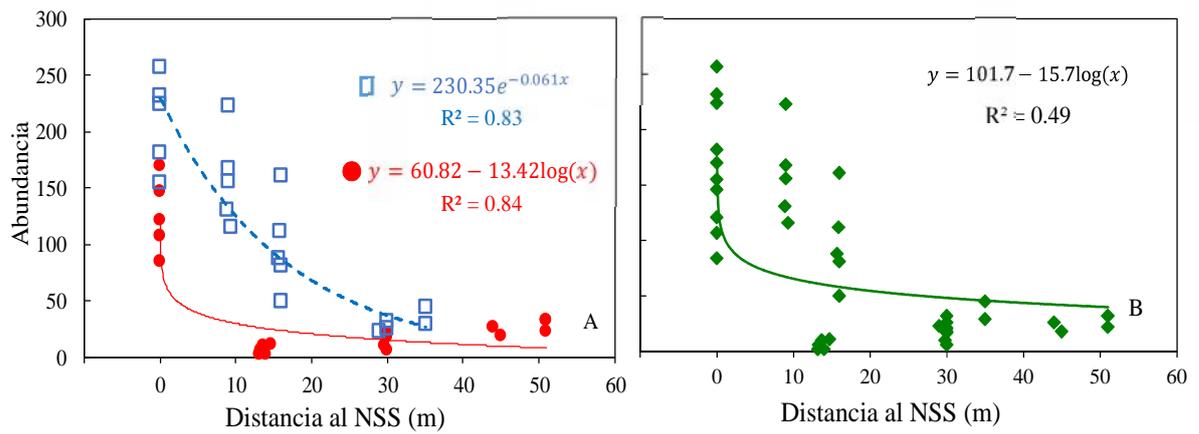


Figura 18. Variación transversal de la abundancia de Peracarida en función de la distancia al nivel superior de *swash* (NSS) en la playa Barra del Chuy. A) verano (●) e invierno (□); y B) conjuntando las unidades de muestreo de las dos estaciones. A efectos de la modelación de la variación transversal de estos indicadores se consideraron las mediciones individuales generadas en cada unidad de muestreo de cada transecto. Las líneas indican el modelo que mejor se ajustó a la variación en cada descriptor biótico ( $p < 0.05$ ).

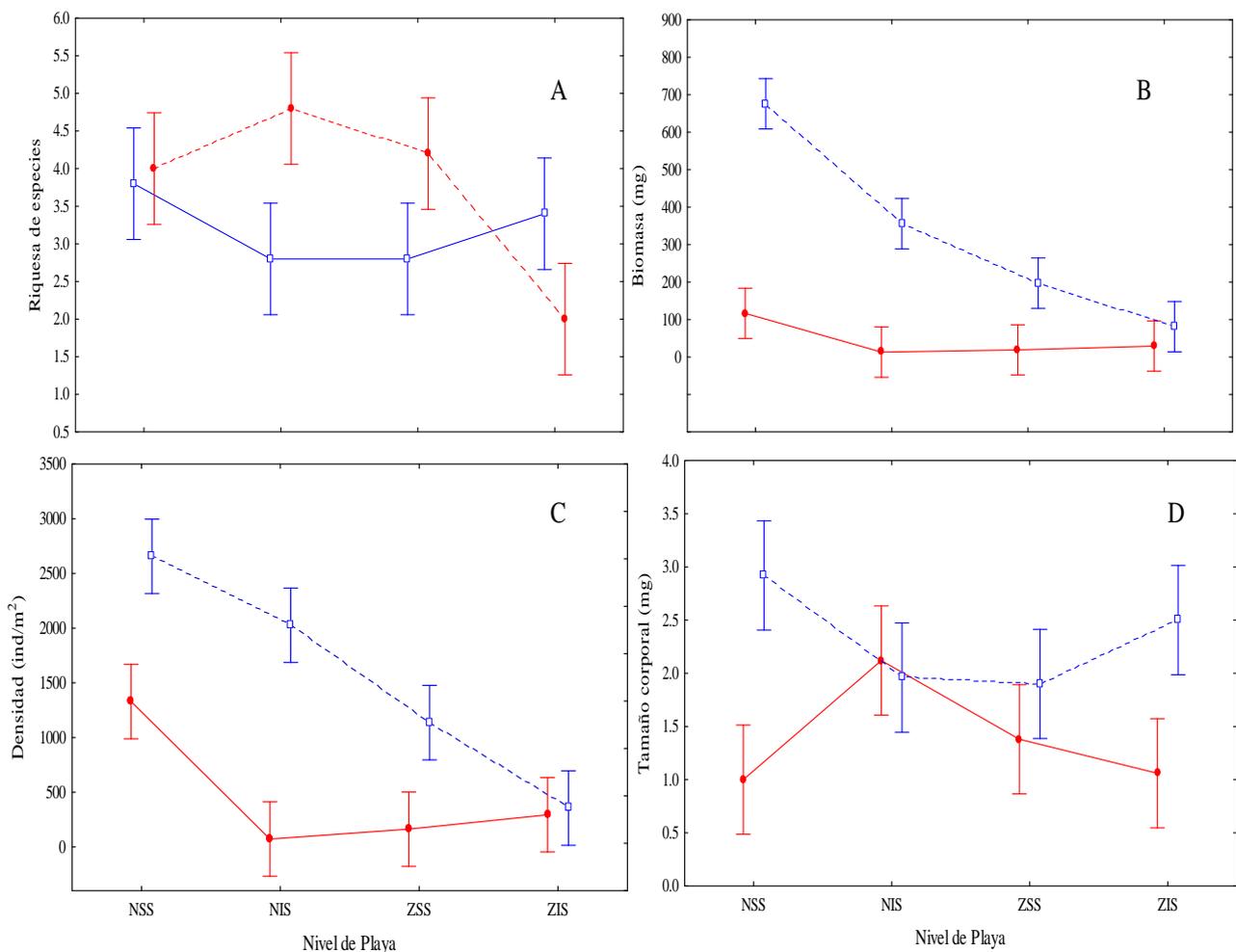


Figura 19. Variación transversal (media  $\pm$  error estándar) de: A) riqueza de especies, B) biomasa, C) densidad y D) tamaño del cuerpo en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□). El eje x indica los niveles de la playa: NSS: nivel superior del *swash*; NIS: nivel inferior del *swash*; ZSS: nivel superior del submareal; ZIS: nivel inferior del submareal

Tabla 6. Mejores modelos lineales y no lineales que explicaron la relación entre los descriptores biológicos de Peracarida y la distancia al nivel superior de *swash* en la playa Barra del Chuy. n/s = p > 0.05, \*\*\*p < 0.001, 0.05 < p < 0.10. Los valores de los parámetros de cada modelo se muestran en las figuras respectivas.

Descriptores biológicos	Invierno	Verano	Total
Densidad (ind /m <sup>2</sup> )	$y = a - bx^{***}$	$y = a - b \cdot \log(x)^{***}$	$y = a - bx^{***}$
Riqueza de especies	$y = a - bx^{***}$	n/s	$y = a - bx^*$
Biomasa (mg /m <sup>2</sup> )	$y = a \cdot e^{-bx^{***}}$	$y = a \cdot e^{-bx^{***}}$	$y = a - bx^{***}$
Tamaño corporal (mg)	$y = a - bx + cx^2^*$	$y = a - bx + cx^2^*$	$y = a - bx \#$
Abundancia	$y = a \cdot e^{-bx^{***}}$	$y = a - b \cdot \log(x)^{***}$	$y = a - b \cdot \log(x)^{***}$

Tabla 7. Resultados del ANOVA, con estación y nivel de la playa como factores fijos, para los diferentes descriptores biológicos de la comunidad de Peracarida de la playa Barra del Chuy. V= Verano, I= Invierno. n/s = p > 0.05, \*\*p < 0.01, \*\*\*p < 0.001.

	Nivel de playa	Estación del año	Nivel x Estación
Abundancia	0.000***	0.000***	0.000***
Riqueza de especies	0.001**	0.040*	0.002**
Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	0.000***	0.000***	0.000***
Biomasa (mg/m <sup>2</sup> )	0.000***	0.000***	0.000***
Tamaño de cuerpo (mg)	n/s	0.001**	0.001**

De acuerdo con el NMDS de los descriptores bióticos y considerando los factores estación y nivel de playa, las UM estuvieron separadas en cuatro grupos definidos a un nivel de similitud del índice Bray-Curtis = 75% (stress = 0.01): uno formado mayormente por las UM del intermareal de invierno, otro formado por el NSS de verano y zonas de transición de invierno, otro exclusivamente compuesto por UM del submareal de invierno y verano, y un grupo final exclusivamente formado por UM de verano (Fig. 20). El NMDS sin el factor estación definió tres grupos a un nivel de similitud del índice Bray-Curtis = 80% (stress = 0.03): uno con UM exclusivamente de NSS, otro de la ZIS y un tercer grupo con UM de las zonas intermedias NIS y ZSS (Fig. 21). El ANOSIM de dos vías para cada estación del año y nivel de playa mostró diferencias significativas globales en la composición específica de la comunidad entre estaciones del año (R global por estación = 0.47; p = 0.05) y niveles de playa (R global por nivel de playa = 0.27; p = 0.001), aunque no mostró diferencias significativas en las comparaciones pareadas (p > 0.05).

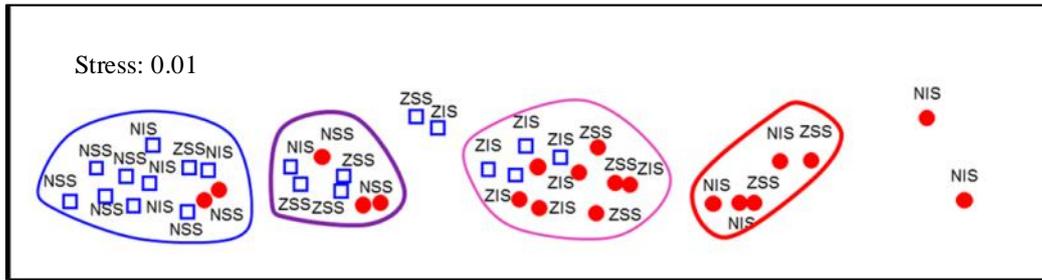


Figura 20 Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de los descriptores biológicos en la playa Barra del Chuy en verano (●) e invierno (□), basado en el índice de similitud de Bray-Curtis (las elipses denotan similitud = 75%). NSS: nivel superior del *swash*; NIS: nivel inferior del *swash*; ZSS: nivel superior del submareal; ZIS: nivel inferior del submareal.

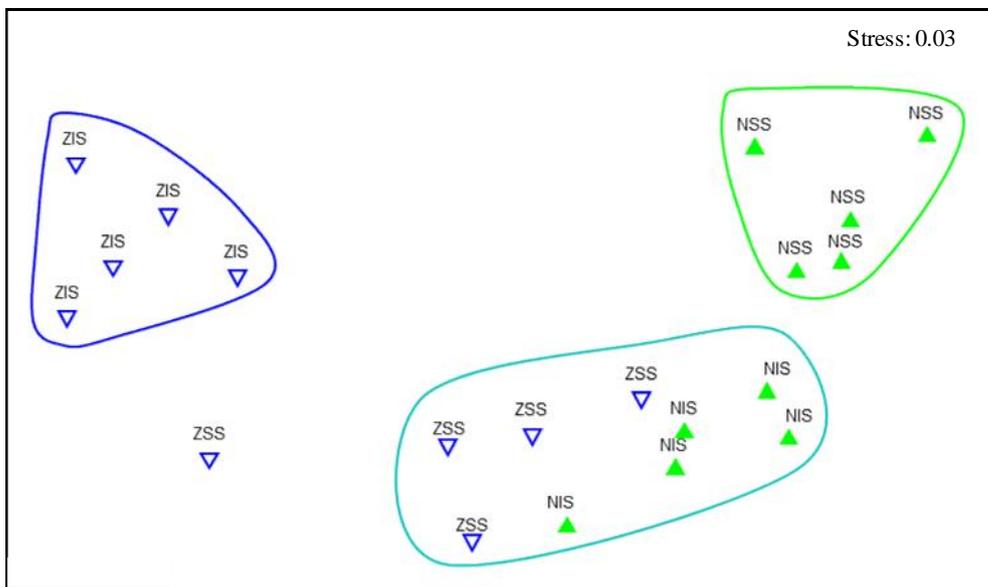


Figura 21. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de los descriptores biológicos en la playa Barra del Chuy por nivel de playa, basado en el índice de similitud de Bray-Curtis. Las elipses denotan similitud= 80%. Intermareal (▲) y submareal (▼).

El análisis deconstructivo (i.e. discriminado por Orden) no mostró ninguna tendencia en el espacio o en el tiempo, contrastando con los patrones observados para el análisis discriminado por estación del año (ver Fig. 17C).

El procedimiento SIMPER identificó especies de los órdenes Mysida, Amphipoda e Isopoda como tipificantes. En particular los taxa *Phoxocephalopsis* sp., *Puelche orensanzi* y *Cheus annae* fueron representativos de la comunidad de Peracarida de ambas estaciones del año; mientras que *Metamysidopsis elongata atlantica* y

*Chiriscus giambiagiae* lo fueron solo en verano (Tabla 8). Asimismo, las especies *Puelche orensanzi*, *Metamysidopsis elongata atlantica*, *Cheus annae* y *Phoxocephalopsis* sp. fueron discriminantes entre las comunidades de verano e invierno debido a sus diferentes patrones de abundancia (Tabla 9).

Tabla 8. Contribución de las especies (%), identificadas por el procedimiento SIMPER para las especies de Peracarida de la playa Barra del Chuy, en base a los promedios de similitud entre verano e invierno (especies tipificantes > 10%).

<b>Especies Tipificantes</b>	<b>Verano</b>	<b>Invierno</b>
<i>Metamysidopsis elongata atlantica</i>	38.19	
<i>Phoxocephalopsis</i> sp.	18.85	53.32
<i>Puelche orensanzi</i>	14.98	20.58
<i>Cheus annae</i>	13.65	19.49
<i>Chiriscus giambiagiae</i>	10.69	
<b>Similitud promedio</b>	63.63	87.65

Tabla 9. Contribución de las especies (%), identificadas por el procedimiento SIMPER para las especies de Peracarida de la playa Barra del Chuy, en base a los promedios de disimilitud entre verano e invierno (especies discriminantes > 10%).

<b>Especies Discriminantes</b>	<b>Verano-Invierno</b>
<i>Puelche orensanzi</i>	42.67
<i>Metamysidopsis elongata atlantica</i>	16.48
<i>Cheus annae</i>	18.87
<i>Phoxocephalopsis</i> sp.	10.69
<b>Disimilitud promedio</b>	67.56

### 3.4 Zonación

En las dos estaciones del año, la abundancia de Amphipoda e Isopoda en Barra del Chuy presentó un máximo en el nivel intermareal, disminuyendo hacia el submareal (Fig. 22). Para los anfípodos se observó una alta abundancia en el NSS en verano, así como una homogenización en las zonas restantes. En invierno se evidenció una disminución marcada en dirección al submareal (Fig. 22A), y la tendencia global (i.e., sin discriminar por estación) fue igual a observada en dicha estación (Fig. 22C). Los isópodos a su vez presentaron el mismo patrón en verano e invierno, aunque en invierno fue más acentuado (Fig. 22B), con una tendencia global de elevada abundancia en el

NSS y una disminución (acompañada de una menor variabilidad en las estimaciones) para el resto de las zonas (Fig. 22D).

El NMDS de la abundancia de Amphipoda mostró que las UM se reunieron en tres grupos (stress = 0.04), definiendo diferencias entre verano e invierno (Fig. 23A). Se observó una mayor similitud entre las UM del NSS de verano y aquellas del invierno, mientras que la ZIS del invierno quedó claramente discriminada como un grupo aparte. Con el NMDS de la abundancia de isópodos las UM formaron tres grupos demostrando una similitud por estación del año (stress = 0.04) (Fig. 23B).

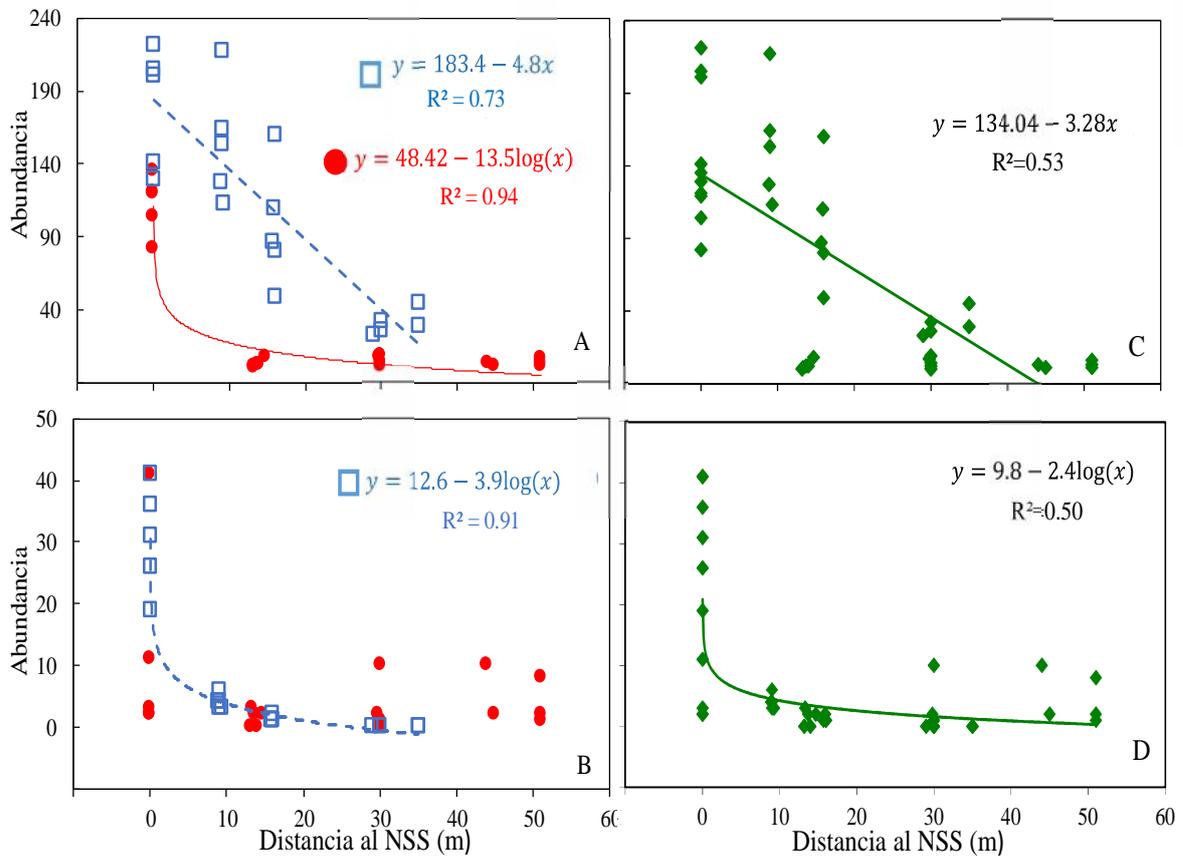


Figura 22. Variación transversal de las zonas intermareal y submareal de abundancia de A) Amphipoda, y B) Isopoda en función de la distancia al nivel superior de *swash* (NSS) en la playa Barra del Chuy para el verano (●) y el invierno (□). Los paneles C y D muestran la variación transversal de las referidas variables pero sin discriminar por estación del año. A efectos de la modelación de la variación transversal de estos indicadores se consideraron las mediciones individuales generadas en cada unidad de muestreo de cada transecto. Las líneas indican el modelo que mejor se ajustó a la variación en cada descriptor biótico ( $p < 0.05$ ).

Tabla 10. Mejores modelos lineales y no lineales que explicaron la relación entre la abundancia de Peracarida (discriminada por Orden) y la distancia al nivel superior de *swash* en la playa Barra del Chuy.  $n/s = p > 0.05$ ,  $***p < 0.001$ . Los valores de los parámetros de cada modelo se muestran en las figuras respectivas.

Abundancia por orden	Invierno	Verano	Total
Amphipoda	$y = a - bx^{***}$	n/s	$y = a - bx^{***}$
Isopoda	$y = a - b \cdot \log(x)^{***}$	n/s	$y = a - b \cdot \log(x)^{***}$

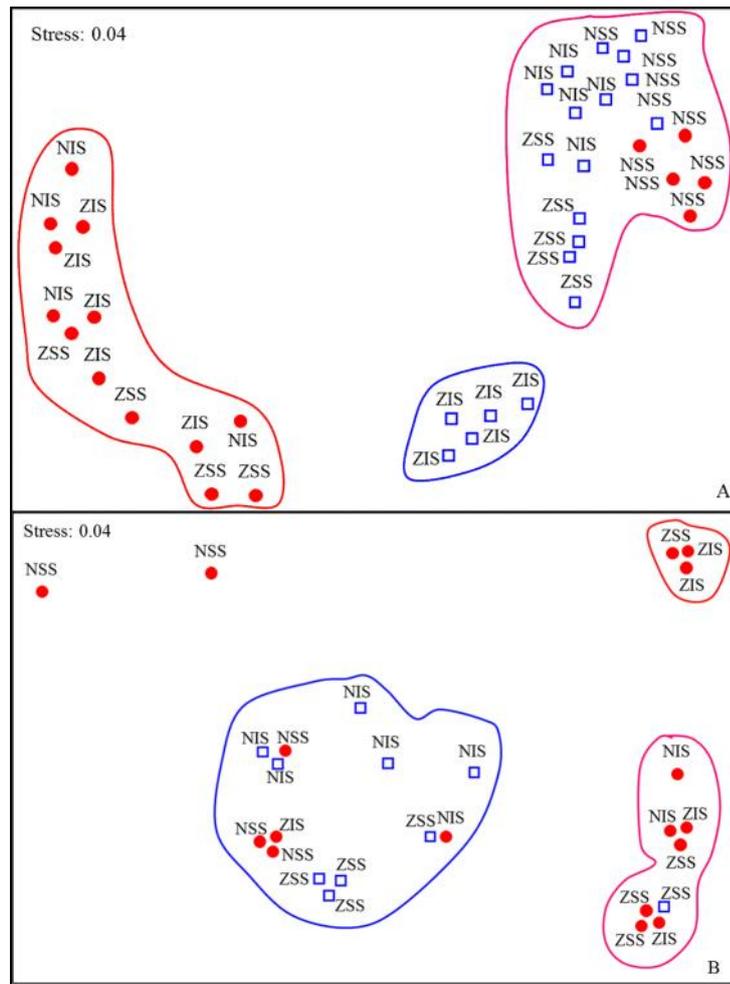


Figura 23. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de abundancia de A) Amphipoda, y B) Isopoda en la playa de Barra del Chuy en verano (●) e invierno (□), basado en el índice de similaridad de Bray-Curtis (las elipses denotan similitud 70%). NSS: nivel superior del *swash*; NIS: nivel inferior del *swash*; ZSS: nivel superior del submareal; ZIS: nivel inferior del submareal.

Los NMDS de abundancia de Amphipoda (sin considerar el factor estación del año) mostraron diferencias significativas entre niveles. En los análisis de verano se observó la formación de tres grupos (similitud 75% y stress = 0.01), definiéndose el NSS como el de mayor disimilitud entre los niveles (Fig. 24A). En invierno existió una

diferenciación significativa entre intermareal y submareal (similitud 75% y stress = 0.03). No obstante, el submareal estuvo dividido en dos grupos (Fig. 24B).

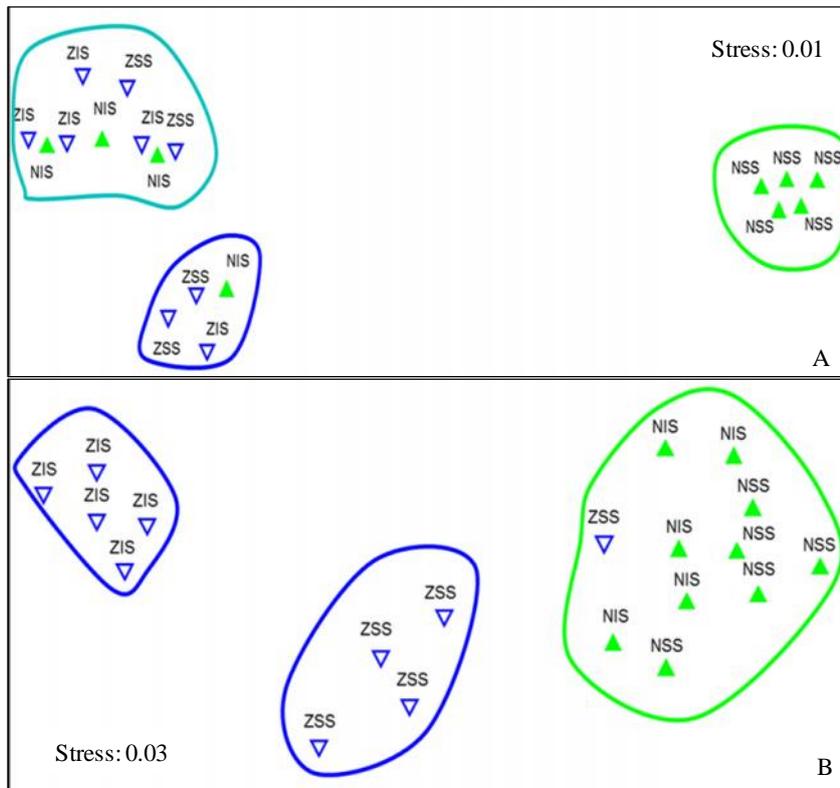


Figura 24. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de abundancia de Amphipoda en la playa Barra del Chuy en A) verano, y B) invierno, basado en el índice de similaridad de Bray-Curtis (las elipses denotan similitud 75%). Intermareal (▲) y submareal (▼). NSS: nivel superior del *swash*; NIS: nivel inferior del *swash*; ZSS: nivel superior del submareal; ZIS: nivel inferior del submareal.

Los NMDS de abundancia de Isopoda (sin considerar el factor estación del año) mostraron diferencias significativas entre zonas. En verano se observó la formación de tres grupos (similitud 60% y stress = 0.03), definiendo algunas UM del submareal con mayor disimilitud entre las zonas y un grupo compuesto en su mayoría por UM del NSS (Fig. 25A). En invierno existió una mayor diferenciación entre zonas, con la formación de tres grupos (similitud 60% y un stress = 0.05): uno formado exclusivamente por UM del NSS, otro por la ZSS y un tercero compuesto por UM de las zonas intermedias del NIS y del ZSS (Fig. 25B).

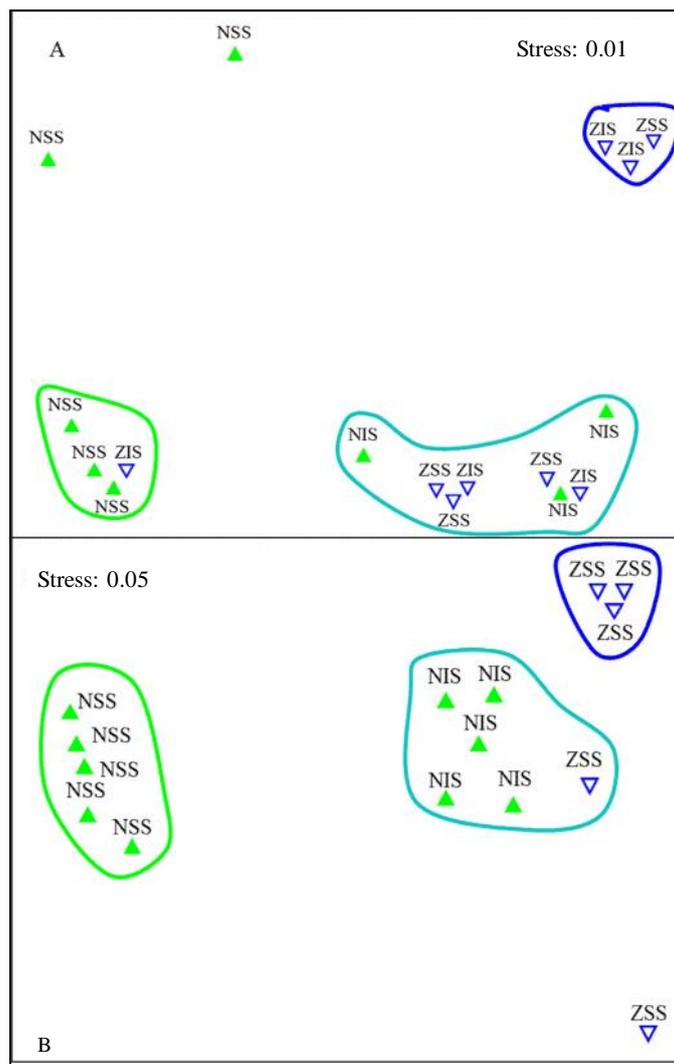


Figura 25. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de abundancia de Isopoda en la playa Barra del Chuy, en A) verano, y B) invierno, basado en el índice de similitud de Bray-Curtis (las elipses denotan similitud = 60%). Intermareal (▲) y submareal (▼). NSS: nivel superior del *swash*; NIS: nivel inferior del *swash*; ZSS: nivel superior del submareal; ZIS: nivel inferior del submareal.

El análisis de ordenamiento NMDS basado en la densidad (sin considerar el factor verano e invierno) mostró una diferenciación bien definida de los niveles (similitud = 70% y un valor de stress = 0.004). Se generaron tres grupos: uno compuesto por UM de la ZIS, otro formado exclusivamente por UM del intermareal y otro con unidades de la zona intermedia o sea el NIS y ZSS (Fig. 26A). El NMDS de riqueza de especies mostró un patrón similar con la definición significativa de la ZIS, un grupo reducido de UM pertenecientes al intermareal y otro con UM del intermareal mezclados

con unidades del nivel superior del submareal (similitud = 90% y un valor de stress = 0.002) (Fig. 26B).

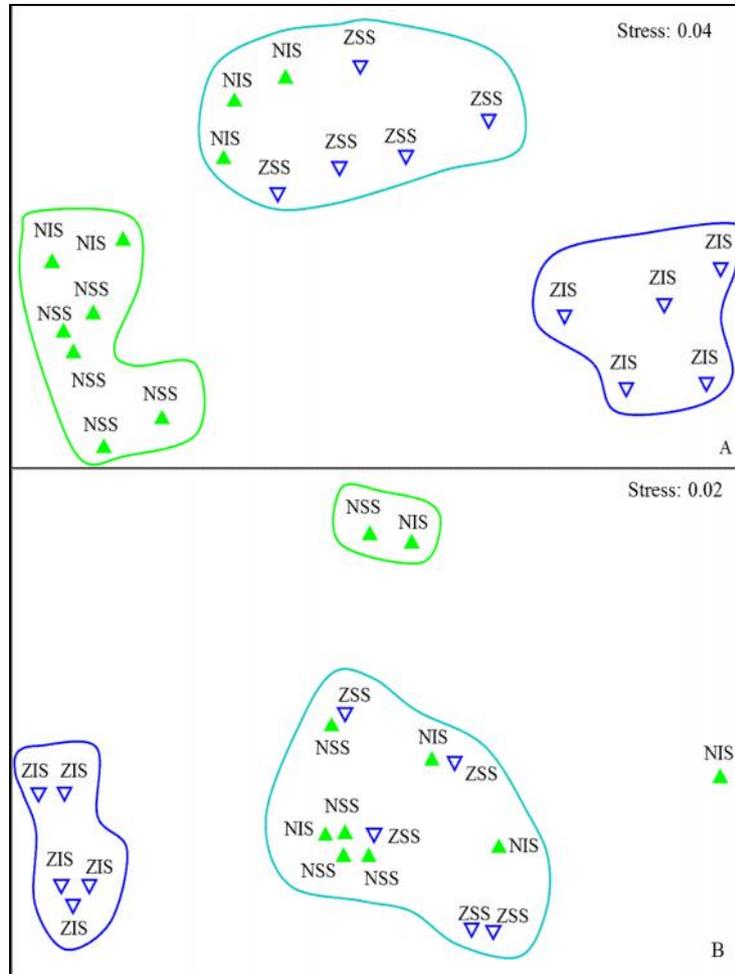


Figura 26. Análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) de: A) densidad, y B) riqueza de especies en la playa Barra del Chuy, basado en el índice de similitud de Bray-Curtis (las elipses denotan similitud 60%). Intermareal (▲) y submareal (▼). NSS: nivel superior del *swash*; NIS: nivel inferior del *swash*; ZSS: nivel superior del submareal; ZIS: nivel inferior del submareal.

El procedimiento SIMPER identificó especies de los órdenes Amphipoda y Mysida como representativos. En este sentido, *Puelche orensanzi* fue tipificante de la comunidad de Peracarida de todas las zonas, *Metamysidopsis elongata atlantica* y *Phoxocephalopsis* sp. lo fueron en el NIS y en el submareal y *Cheus annae* fue representativo del intermareal y de la ZSS (Tabla 11). Asimismo, se identificaron especies de los órdenes Amphipoda, Isopoda y Mysida como especies discriminantes.

*Cheus annae*, *Puelche orensanzi* y *Excirolana armata* se identificaron como discriminantes entre NSS-NIS; *Cheus annae*, *Puelche orensanzi* y *Phoxocephalopsis* sp. fueron discriminantes entre el NIS y niveles del submareal; y *Metamysidopsis elongata atlantica*, *Phoxocephalopsis* sp., *Cheus annae* y *Puelche orensanzi* fueron discriminantes entre las comunidades del NIS y el ZSS y *Metamysidopsis elongata atlantica*, *Phoxocephalopsis* sp., *Cheus annae*, *Puelche orensanzi* y *Chiriscus giambiagiae* discriminaron NIS de ZIS y entre las zonas de submareal debido a sus diferentes patrones de distribución y abundancia (Tabla 12).

Tabla 11. Contribución de las especies (%), identificadas por el procedimiento SIMPER, para las especies de Peracarida de la playa Barra del Chuy, en base a los promedios de similitud entre niveles de playa (especies tipificantes > 10%).

<b>Especies Tipificantes</b>	<b>NSS</b>	<b>NIS</b>	<b>ZSS</b>	<b>ZIS</b>
<i>Puelche orensanzi</i>	51.27	41.10	28.76	26.89
<i>Phoxocephalopsis</i> sp.		15.98	26.85	37.51
<i>Metamysidopsis elongata atlantica</i>		14.48	21.80	29.08
<i>Cheus annae</i>	37.38	16.17	12.84	
<b>Similitud promedio</b>	85.67	62.83	72.78	81.27

Tabla 12. Contribución de las especies (%), identificadas por el procedimiento SIMPER para las especies de Peracarida de la playa Barra del Chuy, en base a los promedios de disimilitud entre niveles de playa (especies discriminantes >10%).

<b>Especies Discriminates</b>	<b>NSS- NIS</b>	<b>NSS- ZSS</b>	<b>NIS- ZSS</b>	<b>NSS- ZIS</b>	<b>NIS- ZIS</b>	<b>ZSS- ZIS</b>
<i>Cheus annae</i>	31.22	29.32	17.72	31.01	16.64	18.77
<i>Phoxocephalopsis</i> sp.		12.56	26.09	10.94	12.39	13.80
<i>Puelche orensanzi</i>	32.12	30.24	19.06	32.92	26.79	26.00
<i>Chiriscus giambiagiae</i>					11.67	14.69
<i>Excirolana armata</i>	12.79					
<i>Metamysidopsis elongata atlantica</i>			21.84		23.02	17.91
<b>Disimilitud promedio</b>	58.79	67.65	36.7	82.79	57.45	37.02

En términos generales, los descriptores biológicos de Peracarida presentaron mayores valores en invierno que en verano. Esto se evidenció con la correlación entre dichos descriptores y las variables abióticas (Figs. 27 y 28) y mediante ANCOVA

(Tablas 13 y 14). De acuerdo al ANCOVA, la biomasa y el tamaño corporal fueron significativamente mayores en invierno que en verano para un mismo tamaño de grano. Al mismo tiempo, usando el porcentaje de materia orgánica como covariable, todos los descriptores biológicos presentaron mayores valores en invierno, con excepción de la riqueza de especies. Asimismo, la gran mayoría de los descriptores bióticos mostraron una correlación negativa con el tamaño de grano y el porcentaje de materia orgánica, particularmente cuando se analizaron las tendencias globales, es decir, sin discriminar por estación del año, sugiriendo una disminución de dichos descriptores con el aumento del tamaño de grano (Fig. 27) y de la materia orgánica en el sedimento (Fig. 28).

Tabla 13. Resultados de ANCOVA para descriptores biológicos, considerando la estación del año como factor fijo y el tamaño de grano como covariable. \*\* $p < 0.01$ , n/s  $> 0.05$ .

	<b>F</b>	<b>Verano-Invierno</b>
Abundancia	0.65	n/s
Biomasa (mg/m <sup>2</sup> )	11.53	0.002**
Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	3.58	n/s
Riqueza de especies	0.12	n/s
Tamaño corporal (mg)	8.85	0.005**

Tabla 14. Resultados de ANCOVA para descriptores biológicos, considerando la estación del año como factor fijo y la materia orgánica como covariable. \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ , n/s  $> 0.05$ .

	<b>F</b>	<b>Verano-Invierno</b>
Abundancia	9.22	0.004**
Biomasa (mg/m <sup>2</sup> )	17.26	0.000***
Densidad (ind/m <sup>2</sup> )	16.00	0.000***
Riqueza de especies	11.02	n/s
Tamaño corporal (mg)	12.01	0.001**

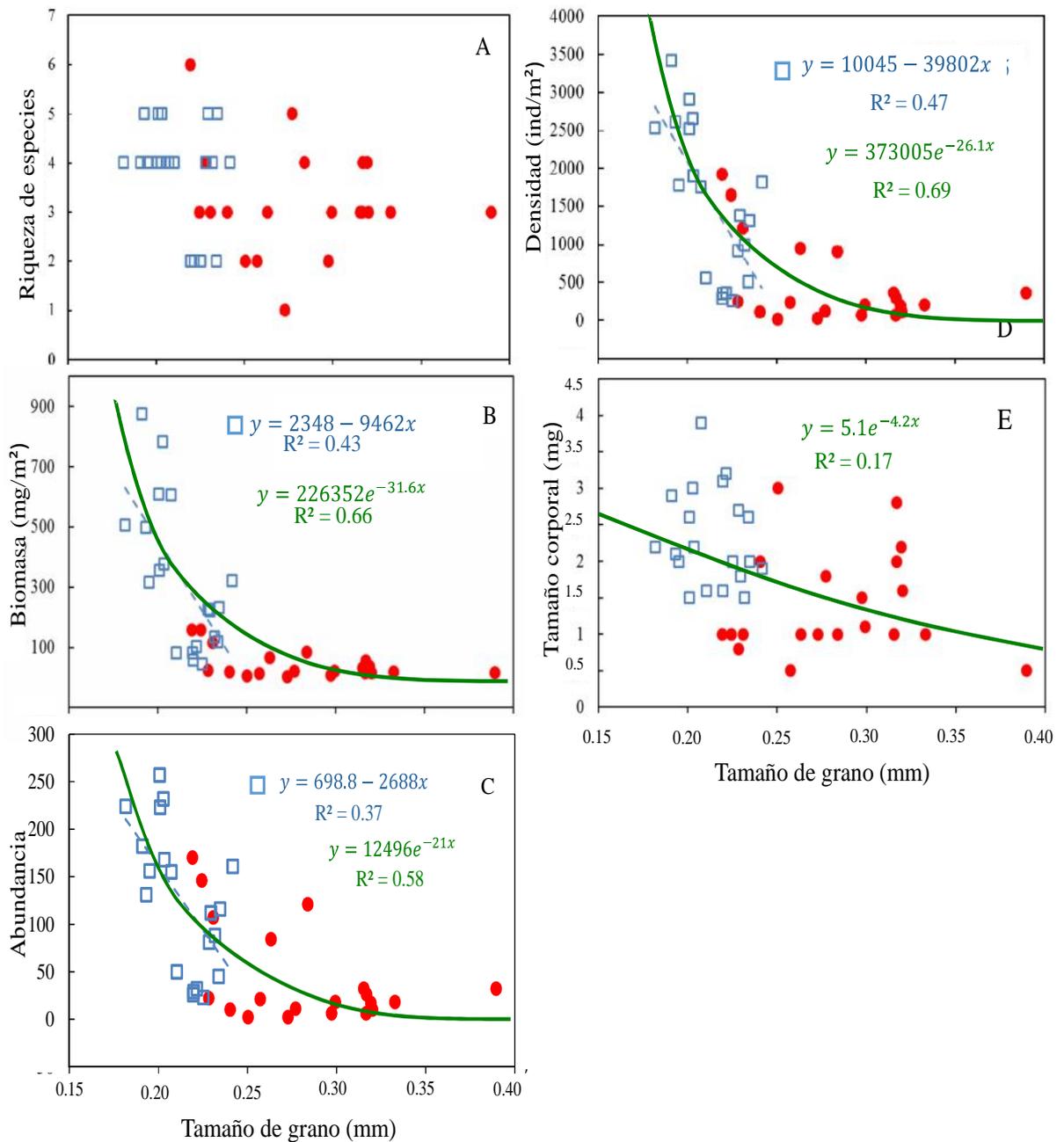


Figura 27. Relación entre el tamaño de grano y: A) riqueza de especies, B) biomasa (mg/m<sup>2</sup>), C) abundancia D) densidad (ind/m<sup>2</sup>) y E) tamaño corporal (mg) de Peracarida en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□). Las líneas muestran el mejor modelo ajustado en caso de haber sido significativo (ver resultados en Tabla 15).

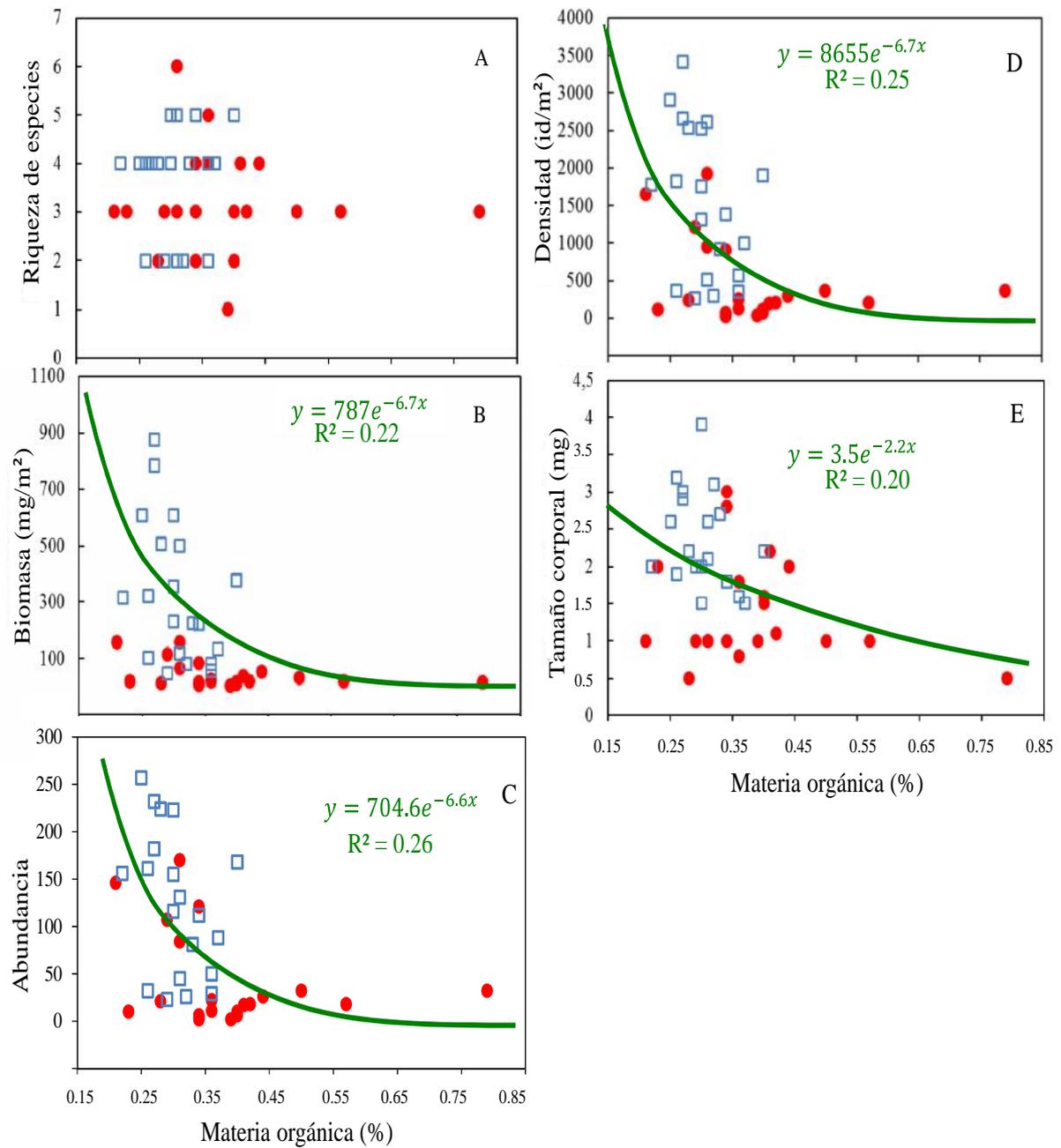


Figura 28. Relación entre materia orgánica en el sedimento y: A) riqueza de especies, B) biomasa (mg/m<sup>2</sup>), C) abundancia D) densidad (ind/m<sup>2</sup>) y E) tamaño corporal (mg) de Peracarida en la playa Barra del Chuy para verano (●) e invierno (□). Las líneas muestran el mejor modelo ajustado en caso de haber sido significativo (ver resultados en Tabla 16).

Tabla 15. Mejores modelos lineales y no lineales que explicaron la relación entre los descriptores biológicos de Peracarida y la variación del tamaño del grano de arena de la playa Barra del Chuy. n/s =  $p > 0.05$ , \* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.001$ . Los valores de los parámetros de cada modelo se muestran en las figuras respectivas.

Descriptores biológicos	Invierno	Verano	Total
Densidad (ind /m <sup>2</sup> )	$y = a - bx^{***}$	n/s	$y = a \cdot e^{-bx^{***}}$
Riqueza de especies	n/s	n/s	n/s
Biomasa (mg /m <sup>2</sup> )	$y = a - bx^{***}$	n/s	$y = a \cdot e^{-bx^{***}}$
Tamaño corporal	n/s	n/s	$y = a \cdot e^{-bx^*}$
Abundancia	n/s	n/s	$y = a \cdot e^{-bx^{***}}$

Tabla 16. Mejores modelos lineales y no lineales que explicaron la relación entre los descriptores biológicos de Peracarida y la variación del porcentaje de materia orgánica en el sedimento de la playa Barra del Chuy. n/s =  $p > 0.05$ , \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ . Los valores de los parámetros de cada modelo se muestran en las figuras respectivas.

Descriptores biológicos	Invierno	Verano	Total
Densidad (ind /m <sup>2</sup> )	n/s	n/s	$y = a \cdot e^{-bx^*}$
Riqueza de especies	n/s	n/s	n/s
Biomasa (mg /m <sup>2</sup> )	$y = a - bx^{***}$	n/s	$y = a \cdot e^{-bx^*}$
Tamaño corporal	n/s	n/s	$y = a \cdot e^{-bx^*}$
Abundancia	n/s	n/s	$y = a \cdot e^{-bx^{**}}$

## 4. DISCUSIÓN

El ensamblaje de Peracarida para la playa Barra del Chuy estuvo compuesto por 16 especies, de las cuales 12 son registradas por primera vez para la costa del Uruguay. En consecuencia, esta Tesis ha generado nuevos conocimientos para la ecología de playas arenosas del país, incluyendo nuevos integrantes de la macrofauna bentónica y organismos bentopelágicos que, por tanto, también habitan la columna de agua.

### 4.1 Variación abiótica

Las variables abióticas difirieron significativamente entre verano e invierno. La temperatura y la salinidad del agua fueron mayores en verano, así como el tamaño del grano de arena y el porcentaje de materia orgánica, mientras que la pendiente fue mayor en invierno, pudiendo ser un reflejo de la alta energía de las olas que generan procesos de erosión en la playa. En este sentido, las playas presentaron diferentes perfiles de acuerdo con la estación del año. Las tormentas, más comunes en invierno en presencia de vientos hacia la costa más fuertes y persistentes, aumentan la acción erosiva de las olas, generando perfiles de tempestades o perfiles de invierno (Barros et al., 2001). En consecuencia, la ocurrencia de tormentas e incrementos de viento hacia la costa aumentarían la erosión, lo cual pudiera explicar el aumento en el perfil de playa en la Barra de Chuy en invierno en comparación al verano.

El impacto de las tempestades en la playa y la magnitud de los procesos erosivos dependen de su estado morfodinámico (Lee et al., 1998; Short, 1999). La erosión tiene alto impacto en el tamaño medio del grano, acentuando además la pendiente en la zona del intermareal de la playa (Schlacher et al., 2015). Por más de 20 años, las

investigaciones en la playa Barra del Chuy han reportado un aumento de la velocidad del viento que genera un crecimiento en la intensidad del sistema de olas, incrementando las características disipativas de la playa, que como consecuencia amplía el ancho del *swash*, disminuyendo la pendiente e intensificando la vulnerabilidad por erosión (Ortega et al., 2013). Los procesos erosivos relacionados con las tormentas en una playa disipativa podrían alterar su perfil, llevando a una modificación rápida del estado de la playa de acuerdo con las condiciones ambientales (Barros et al., 2001). Los cambios morfológicos resultantes de este proceso erosivo tienden a persistir, lo que indica que este tipo de playa se caracteriza por una reducida capacidad de recuperación (Alves & Pezzuto, 2009). Los resultados hallados en esta Tesis pueden ser consecuencia de los ciclos estacionales y de una tendencia global de acreción en dirección al submareal, con tamaños de grano más homogéneos en el invierno que en el verano.

El aumento de la erosión en invierno aumenta la pendiente, lo cual a su vez tiende a disminuir el tamaño medio del grano de arena, generando a su vez mayor capilaridad en el sedimento y favoreciendo la circulación de materia orgánica disminuyendo su porcentaje (McLachlan & Brown, 2006). Esta tendencia fue consistente con los resultados verano-invierno en pendiente, tamaño de grano y materia orgánica. Trabajos con mayor periodicidad temporal podrían proporcionar mayores evidencias para confirmar los patrones observados en estas variables físicas.

## **4.2 Biodiversidad**

Fue colectado un total de 6156 ejemplares, que se dividieron en 4 órdenes, 14 familias y 16 especies. De dichas especies, 12 fueron registradas por primera vez en la costa del Uruguay en esta Tesis. *Cheus annae*, a pesar de su alta abundancia, nunca fue encontrada antes por su tamaño diminuto que pasa por la malla de 5 mm de los

muestreos tradicionales realizados con corer en la Barra del Chuy (Lercari et al., 2002). Las restantes especies que fueron registradas por primera vez son *Nototropis minikoi*, *Phoxocephalopsis* sp., *Puelche orensanzi*, *Brachycelus crusculum*, *Caprella equilibra*, *Cheiriphotis petronioi*, *Parhyslella* sp., *Idotea báltica*, *Synidotea marplatensis*, *Leptocuma* sp. y *Metamysidopsis elongata atlantica*. *Brachycelus crusculum*, *Caprella equilibra*, *Cheiriphotis petronioi*, *Parhyslella* sp., *Idotea báltica*, *Synidotea marplatensis* y *Leptocuma* sp. fueron obtenidas solo por el arrastre y *Nototropis minikoi*, *Brachycelus crusculum*, *Parhyslella* sp., *Idotea báltica*, *Synidotea marplatensis* y *Leptocuma* sp. solamente en el submareal. Por tanto, esta Tesis ha generado nuevos conocimientos en una zona muestreada solo esporádicamente en trabajos anteriores, englobando no solo animales bentónicos, sino también bentopelágicos.

En verano fueron colectadas 14 especies en 4 órdenes, con 5 especies exclusivas de esta estación, mientras que en invierno fueron colectadas 11 especies en 2 órdenes, con 2 especies exclusivas de invierno. De acuerdo a los criterios de interpretación del índice de Margalef, valores superiores a 5 son considerados como indicativos de alta diversidad (Dogra et al., 2009), por lo que el valor obtenido en este estudio ( $d = 7.9$ ) reafirma a la playa de Barra del Chuy como un ecosistema de alta diversidad, como fuera caracterizada anteriormente para la zona supralitoral y de *swash* (Lercari & Defeo, 2006).

En el muestreo con corer se colectó una media de 7 especies (6 en invierno y 8 en verano). Por medio del arrastre fueron colectadas 16 especies, de las cuales solamente 8 fueron recolectadas por dicho arte de muestreo. Se confirma de esta forma la mayor diversidad en la columna de agua y capturabilidad por medio del arrastre. Esto puede deberse a un movimiento transversal de la fauna, considerado como una adaptación a la intensa acción de las olas (McLachlan & Brown, 2006), y a que muchas

especies son consideradas como bentopelágicas, es decir, habitan tanto en la columna de agua como en el sedimento, aumentando así la diversidad muestreada por el arrastre.

En cuanto a la abundancia, el orden Amphipoda representó un 86% y el orden Isopoda un 10%. En el arrastre, 89% de la abundancia correspondió a Mysida, 6% de Isopoda y 5% de Amphipoda. Por su parte, el orden Amphipoda representó el 63% de la riqueza total e Isopoda el 25%, observando valores similares en la técnica del corer y arrastre. Estos resultados muestran de una forma general el hallazgo de muchas especies con poca abundancia y pocas especies con muchos individuos. La alta abundancia de Amphipoda revelada por el muestreo con corer está dentro de los patrones esperados, ya que es el orden con mayor dominancia de la comunidad bentónica en playas arenosas expuestas (Carter & Sorbe, 1999; McLachlan & Brown, 2006). Asimismo, la especie del orden Mysida también presentaron un patrón esperado, ya que *Metamysidopsis eloganta atlantica* posee como característica conformar densas agregaciones, pudiendo representar más de 80% de la biomasa y abundancia de Peracarida en la zona de *surf*, mientras que cuando está ausente, esta zona se compone casi exclusivamente por Amphipoda (Mauchline, 1980; McLachlan & Brown, 2006).

Los análisis de NMDS basados en la abundancia demostraron que las UM del NSS en verano fueron más similares a las UM del invierno. Esto pudo deberse a que en el invierno se encontró mayor abundancia y el NSS (por sus características ecológicas) es la zona con mayor abundancia entre el intermareal y el submareal de la playa (McLachlan & Brown, 2006).

De las 16 especies, 4 fueron las más importantes en la generación de los patrones de abundancia observados. *Metamysidopsis eloganta atlantica*, frecuente y abundante en las zonas de submareal del Océano Atlántico, ocurre en grandes agregaciones en la zona del *surf* (Mauchline, 1980). Es una especie encontrada en

ambientes con amplio rango de salinidad (14-44), en especial en sistemas marinos con salinidad mayor a 30 (Gama et al., 2011), y utiliza las corrientes para volver al mar. En Brasil tiene una distribución desde San Pablo hasta el extremo sur del Río Grande del Sur, en respuesta directa de la corriente de Brasil y de la cantidad de materia orgánica disuelta en el agua (Almeida-Prado, 1974; Gama & Zamboni, 1999; Gama et al., 2002). Es la primera vez que esta especie es descrita para la costa uruguaya.

*Cheus annae* también fue una especie abundante y presenta una alta adaptación a la vida bentónica, incluyendo un cuerpo robusto y pereiópodos estructurados. Habita el intermareal y submareal de playas expuestas hasta los 2 metros de profundidad. Ha sido descrita para las Malvinas, Sur de Chile y Brasil en Río de Janeiro, Santa Catarina y Río Grande del Sur (Thurston, 1982; Souza Filho, 2011). En esta Tesis se describe por primera vez para la costa uruguaya.

La tercera especie en importancia fue *Puelche orenzansi*, la cual posee adaptaciones al medio bentónico y es encontrada en el intermareal y submareal hasta 1 metro de profundidad, con su localidad tipo en la costa de argentina (Lowry et al., 2007). También ha sido descrita para el sur de Brasil como una especie típica del inferior del *swash* (Neves & Benvenuti, 2006), y constituye el primer registro para la costa uruguaya en esta Tesis.

Por último, *Phoxocephalopsis* sp. (senso Ruffo), que en la costa uruguaya siempre fue identificado como *Phoxocephalopsis zimmeri*, fue otra especie de importancia. Los ejemplares muestreados en el presente trabajo presentan el proceso ensiforme sin punta y el dácilo del P5 con presencia de espina. Característica distinta de las descritas para el *P. zimmeri.*, que tiene el proceso ensiforme con punta y el dácilo del P5 liso, siendo un género característico de las playas de todo el Océano Atlántico sur (Barnard & Clark, 1982). *Puelche orensanzi* y *Phoxocephalopsis* sp. pertenecen a la

familia Phoxocephalopsidae, una familia típica de aguas frías de la América del Sur muy semejante a ciertos géneros de la familia Phoxocelidae como *Metarpinea*, el cual ocurre en la región magallánica (Barnard & Clark, 1982).

A pesar del alto número de especies encontradas en este trabajo, dicho número es inferior al encontrado en otras regiones (Young, 1998; Gappa et al., 2006). Esto puede deberse también al bajo nivel de estudios taxonómicos locales, o una consecuencia de las características oceanográficas de la región, donde los choques entre las corrientes de Brasil y Malvinas, junto con la alta descarga del Río de la Plata, generan una zona de quiebre o frente en el Océano Atlántico Sudoccidental (Gappa et al., 2006). Puede decirse que, como en otros grupos de invertebrados (Barboza et al., 2011), la costa de Uruguay podría ser menos diversa que la costa de Brasil y Argentina, aunque se requieren futuros estudios para sustentar esta aseveración.

#### **4.3 Variación biótica**

Se encontró una variación significativa en los descriptores biológicos para Barra del Chuy entre verano e invierno. Este último presentó valores mayores. A su vez, los índices de diversidad fueron significativamente mayores en verano que en invierno.

La riqueza de Margalef para el verano fue de 7.8 y para el invierno de 5.9, confirmando la alta riqueza en las zonas de playa trabajadas y ratificando el elevado índice de riqueza atribuido a la playa Barra del Chuy en trabajos previos (Lercari & Defeo, 2006). Los valores encontrados del índice de Simpson también confirmaron esta alta diversidad: el verano tuvo 0.26 de dominancia y el invierno presentó 0.49. Los resultados pueden ser atribuidos al hecho de que este trabajo se realizó en la zona de *swash* y submareal somero, considerada como una zona de alta riqueza (McLachlan & Brown, 2006). No obstante, los valores encontrados resultan mayores con respecto a los

reportados anteriormente debido a la identificación de nuevas especies encontradas. El índice de diversidad de Shannon – Wiener fue el único que demostró valores que podrían clasificar al ensamblaje de Peracarida de Barra de Chuy como poco diverso (1.53 en verano y 1.01 en invierno), pero debe tenerse en cuenta que este índice es considerado sensible a especies raras (Peet, 1974). En este trabajo se detectaron muchas especies con poca abundancia, o sea un alto porcentaje de especies raras, lo cual podría haber incidido en las estimaciones.

La abundancia, así como la biomasa, densidad, riqueza y tamaño corporal presentaron valores mayores en el invierno. La abundancia, biomasa y densidad presentaron un mismo patrón con valores mayores en el NSS, con un descenso en la dirección al submareal. Los resultados encontrados pueden ser consecuencia de la relación directa y positiva entre las tres variables (McLachlan & Brown, 2006). La riqueza de especies también tuvo su mayor valor medio en invierno, con menores valores en el NSS y en el ZIS. Un patrón completamente opuesto fue encontrado en verano. Los bajos valores de riqueza en el inferior del submareal en invierno pueden ser consecuencia de la mayor intensidad de olas en el submareal en dicha estación. La riqueza de especies disminuye en la zona de *surf* con el aumento de la intensidad de las olas (McLachlan & Brown, 2006). La zona supralitoral es muy afectada por alteraciones climáticas propias del cambio de estación, como temperatura e intensidad de los vientos, mientras que las zonas intermareal y submareal presentan menos cambios de temperatura del agua que los del aire, a pesar del aumento de tormentas en invierno que intensifican la hidrodinámica de la zona de *surf*. Es sabido que estas condiciones generan ambientes más favorables para la comunidad bentónica de Peracarida, con granos de arena de menor tamaño y menor porcentaje de materia orgánica en el sedimento.

El tamaño corporal presentó patrones opuestos en verano e invierno, con valores mayores en este último. En términos generales podría decirse que todos los índices comunitarios tendieron a disminuir en dirección al submareal, con excepción del tamaño corporal, el cual presentó tendencias contrapuestas entre verano e invierno. Todos los descriptores biológicos presentaron diferencias significativas en los ANOVA de dos vías, aunque el tamaño corporal no varió entre niveles de playa. De modo general se puede mencionar que existe una variación tanto por nivel de playa como por estación del año. No obstante, la existencia de interacción entre factores sugiere que las variaciones en los estimadores no pueden ser explicadas por un solo factor y que éstas no son consistentes en tiempo y espacio (Zar, 2010).

Los análisis comparativos invierno-verano en el ordenamiento espacial mostraron una diferencia estacional en la disposición espacial de las UM. Por un lado, la zona superior de *swash* de verano, por sus patrones de alta densidad y biomasa, tuvo más similitud con las UM de invierno, mientras que la zona inferior del submareal en invierno, por sus bajos valores, tuvo mayor similitud con el submareal del verano, tal como se observara en los patrones de zonación. Los análisis basados en los niveles de playa mostraron una diferencia significativa entre niveles, con un gran grupo formado por la zona inferior de *swash* y la superior del submareal. Esto refuerza la existencia de una zona de transición entre el intermareal y el submareal, pudiendo ser consecuencia de las diferentes condiciones encontradas en la zona de *surf* con respecto a la zona de *swash*, incluyendo intensidad de olas, efectos de la amplitud de marea y potenciales diferencias en interacciones bióticas (McLachlan & Brown, 2006). La consistencia en los patrones derivados de los resultados del MDS y ANOVA sugiere la existencia de variaciones espaciales significativas, robustas y sólidas.

Como fue mencionado en lo referido a biodiversidad, se encontraron 4 especies con alta relevancia por sus altos valores de abundancia. En los análisis de SIMPER se confirmó su relevancia, ya que dichas especies fueron tipificantes de la comunidad de Peracarida del intermareal y submareal de la Barra de Chuy. Los Amphipoda *Phoxocephalopsis* sp., *Puelche orensanzi* y *Cheus annae* tipificaron la comunidad en verano e invierno. Estas tres especies pertenecen a familias típicas de playas de América de Sur (Barnrd & Clark, 1982; Souza Filho, 2011). No obstante, *Metamysidopsis elongata atlantica* (Mysida) y *Chiricus giambiagiae* (Isopoda) tipificaron la comunidad de Peracarida solamente en verano. Estas especies han sido descritas para playas principalmente para el inferior de *swash* y el submareal (Mauchline, 1980; Carcedo et al., 2014). Las mismas especies de Amphipoda y Mysida, por sus distintos patrones de abundancia, fueron responsables de las diferencias en las comunidades en el verano e invierno.

#### **4.4 Zonación**

La variación entre los niveles de playa fue mayor entre el NSS y el ZIS (82% de disimilitud según los resultados del SIMPER). La diferencia en la **ensamblaje** entre el inferior del *swash* y el superior del submareal fue la menor encontrada (36.7%), pudiendo ser considerada como una zona intermedia entre el intermareal y el submareal. Estos hallazgos tienen respaldo de estudios previos de zonación, que a partir de análisis cuantitativos dividen las playas disipativas en 3 zonas (supralitoral, intermareal, submareal), donde dependiendo de la morfodinámica de la playa puede tener zonas interconectadas o fusionadas (Defeo & McLachlan, 2005; McLachlan & Brown, 2006).

Los análisis de NMDS para densidad confirmaron los resultados encontrados en el SIMPER, incluyendo el superior de *swash* y el inferior del submareal como los más

distintos y el inferior de *swash* y el superior del submareal con una similitud de 60%. Este patrón puede ser relacionado con el hecho de que la densidad y la abundancia están positivamente relacionadas. El análisis de la riqueza de especies mediante el NMDS mostró al inferior del submareal como el más diferente en la composición de especies. Dada la alta hidrodinámica de la zona, se genera una mayor presión sobre las especies colonizadoras del submareal (Alves & Petuzzo, 2009). Los patrones encontrados en el SIMPER y observados en el NMDS de densidad y riqueza de especies pueden ser consecuencia de dos factores principales: (1) el NSS tiene influencia de especies del supralitoral, generando una mayor diversidad y abundancia (Alves y Pezzuto, 2009); y (2) dichos descriptores tienden a decaer en dirección a la zona de *surf*, presentando un menor número de especies por su elevada e intensa hidrodinámica (Jasnssen & Mulde, 2005).

Los Amphipoda presentaron valores similares de los descriptores biológicos para el NSS del verano y de invierno. A su vez, el inferior del submareal presentó diferencias con las otras zonas muestreadas. Analizando los Amphipoda (sin usar las estaciones como factor) se pudo observar que el verano tiene una mayor diferencia del superior de *swash* con las otras zonas, mientras que en invierno posee un submareal y un intermareal bien definido. Los Isopoda presentaron los mismos patrones de división de zonas, con la única diferencia de la ausencia en el inferior del submareal en invierno. Estas pequeñas variaciones serían consecuencia de que los peracáridos de una forma general poseen un comportamiento migratorio entre zonas según la época del año (Brazeiro & Defeo, 1996; McLachlan & Brown, 2006).

Las principales especies responsables de los patrones antes mencionados fueron *Cheus annae*, *Puelche orensanzi* y *Metamysidopsis elongata atlantica*. *Cheus annae* presentó una distribución entre el superior del *swash* y el superior del submareal, pero

con una drástica disminución en el número de individuos entre estas dos zonas. Es interesante observar también que aumentó su rango de distribución en el invierno. Este mismo patrón fue observado por *Puelche orensanzi*, pero su amplitud de distribución llegó hasta el inferior del submareal. Este aumento del rango de distribución puede estar asociado a las migraciones ya conocidas para peracáridos (McLachlan & Brown, 2006), que pueden ser explicadas por la hipótesis de favorabilidad de hábitat, que afirma que los centros de los rangos de distribución de una especie en condiciones óptimas puede ser ocupados por una mayor abundancia de organismos, disminuyendo hacia condiciones sub-óptimas en ambos extremos de su distribución (Defeo & McLachlan, 2005). Es decir, poseen plasticidad en su distribución, ampliando o reduciendo su zona de ocurrencia dependiendo de las condiciones ambientales (Defeo & McLachlan, 2005; McLachlan & Brown, 2006).

*Metamysidopsis elongata atlantica* presentó una distribución opuesta con respecto a Amphipoda e Isopoda, con mayor número de individuos en el nivel del submareal y una distribución progresiva hasta el inferior del *swash*. *Metamysidopsis elongata atlantica* fue la especie principal en el verano, pero no fue colectada en invierno. Su distribución corrobora informaciones previas sobre esta especie, con una zonación clara y una dominancia en la zona de *surf* (McLachlan & Brown, 2006). Además, esto confirma las observaciones de que cuando está presente, compone 80% de la biomasa de la zona de *surf* en base a la conformación de intensos parches monoespecíficos (Mauchline, 1980; McLachlan & Brown, 2006). Su ausencia en invierno puede estar relacionada con la corriente de Brasil, ya que es responsable de su distribución junto con la disminución de la salinidad (Almeida-Prado, 1974; Gama & Zamboni, 1999; Gama et al., 2002; Gama et al., 2011).

El isópodo cirolánido *Excirolana armata* sólo presentó una pequeña importancia para en los niveles del *swash* (12%), a pesar de la altísima importancia citada en trabajos anteriores para la región muestreada (Lercari et al., 2002; Lozoya & Defeo, 2006). Esto puede deberse a que *E. armata* tiende a migrar hacia el supralitoral en distintas épocas, mostrando entonces su distribución desde el supralitoral hasta el superior del *swash* (de Alava & Defeo, 1991; Brazeiro & Defeo, 1996; Neves & Benvenuti, 2006).

En consecuencia, se puede concluir que se detectó una zonación entre el intermareal y el submareal, no existiendo una variación significativa entre invierno e verano. Los resultados obtenidos pueden ser un reflejo de una distribución momentánea, ya que las disposiciones de las zonas pueden ser modificadas a corto o largo plazo (Brazeiro & Defeo, 1996). La zonación encontrada puede ser una respuesta individual de las especies a los factores físicos, la cual varía en función de la diferente susceptibilidad de las especies a variaciones en el ambiente (Defeo & McLachlan, 2005). Dado que la variación en las condiciones climáticas modifican el tamaño del grano y la pendiente, esto a su vez podría afectar la zonación (Defeo et al., 1992; Alves & Pezzuto, 2009; Carcedo et al., 2017). Por tanto, los patrones de zonación son dinámicos como consecuencia de variaciones ambientales, aunque no debieran descartarse potenciales interacciones inter e intra-específicas, las cuales tienden a manifestarse en mayor grado en playas disipativas como la analizada (Defeo & McLachlan, 2005). Es por esto que muchos autores afirman que no existe una zonación definida para peracáridos en los niveles de playa trabajados (McLachlan & Brown, 2006; Gonçalves, 2012).

#### **4.5 Efecto de factores físicos en descriptores comunitarios**

Los resultados encontrados mostraron diferencias significativas en las variaciones de biomasa y tamaño corporal entre verano e invierno, usando el tamaño de grano como covariable. Los valores fueron mayores en invierno, confirmando estudios anteriores que afirman que la biomasa crece exponencialmente con la pendiente suave, alta energía de ola pero principalmente con la arena más fina (Defeo et al., 1992; McLachlan et al., 1993; McLachlan & Brown, 2006). El tamaño corporal también fue coherente con estos resultados. En este contexto, la abundancia, densidad, biomasa y tamaño corporal mostraron la misma tendencia global de disminución con el aumento del tamaño de grano, es decir, fueron mayores hacia granos más finos. Los resultados ratifican que el tamaño de grano de arena tiene un papel fundamental en la estructura de la comunidad de la playa arenosa (Defeo et al., 1992).

La abundancia, densidad, biomasa y tamaño corporal difirieron significativamente entre invierno y verano cuando se usó a la materia orgánica como covariable, siendo mayores los valores de invierno. Contrariamente a lo predicho por la teoría (Defeo & McLachlan 2005), los descriptores biológicos tendieron a disminuir con el aumento de la materia orgánica. Barra del Chuy es definida como un ecosistema semi-cerrado, con una zona de surf rica en fitoplancton marino sustentando una importante red trófica (Defeo & Scarabino, 1990). Estos ecosistemas semi-cerrados se caracterizan por una importante concentración de nutrientes (McLachlan 1983; McLachlan & Defeo, 2018), la cual está inversamente relacionada con la cantidad de materia orgánica (Cividanes et al., 2002). En el corto plazo, Incera et al. (2003) mencionan la existencia de variación bioquímica en la materia orgánica de acuerdo con la altura de la marea y afirman que esta alteración disminuye la disponibilidad de nutrientes y afecta la posición de los organismos en la playa. Estas posibles

explicaciones de los patrones encontrados debieran ser objeto de futuros estudios. En cuanto a la riqueza de especies, a pesar de presentar variaciones estacionales y por nivel de playa, ésta no mostró correlación significativa con ninguna variable física (tamaño de grano o porcentaje de materia orgánica en la arena).

Los resultados ratifican la habilidad adaptativa de los peracáridos para habitar diferentes zonas de la playa y tamaños de grano más finos (McLachlan et al., 1981), los cuales posibilitan la colonización de especies menores y delicadas (McLachlan & Brown, 2006) estructurando la comunidad de playas arenosas (Defeo et al., 1992). Si bien la mayoría de los descriptores comunitarios mostró correlación negativa con el tamaño del grano, los patrones observados con respecto a la materia orgánica no eran esperables, ya que los mayores valores de materia orgánica tienden a ocurrir con sedimentos más finos. Considerando la íntima relación del tamaño de grano con la materia orgánica en el sedimento, la importancia del tamaño del grano para la estructuración de la comunidad de playa está más allá del tamaño del grano en sí, sino también con todo lo que dicha variable controla. Por tanto, futuros estudios con mayor intensidad temporal de muestreo podrán aportar mayores indicios acerca del rol que cumple el tamaño de grano en la estructuración de estos ensamblajes de Peracarida.

## 5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Los resultados obtenidos en esta Tesis apoyaron una de las hipótesis planteadas, ya que se encontró un número significativo de nuevas especies para la playa Barra del Chuy. Los resultados aportan valiosa información para la elucidación de patrones bióticos y abióticos del espacio-temporales de un componente faunístico subestimado en la literatura científica relacionada con la ecología de playas arenosas. Estos conocimientos, sumados al inventario de las especies, aportan importantes bases para la conservación de la biodiversidad en este cinturón costero.

El ensamblaje de Peracarida para la Barra del Chuy estuvo compuesto por 16 especies, de las cuales 12 constituyen nuevos registros para la costa uruguaya. Estas especies comprendieron 8 Amphipoda, 1 Cumacea, 2 Isopoda y 1 Mysida. Las 4 principales especies responsables en la explicación de los patrones de abundancia incluyeron nuevos registros, siendo ellas: *Cheus annae*, *Puelche orensanzi*, *Phoxocephalopsis* sp. y *Metamysidopsis elongata atantica*.

El ensamblaje de Peracarida de los niveles intermareales y submareales presentó altos niveles de diversidad, aunque se esperaba un número mayor de especies al comparar con la composición de la comunidad de peracáridos de Brasil y Argentina reportada en estudios previos. Esto puede estar relacionado con el hecho de que el Río de la Plata presenta una barrera biogeográfica para las comunidades marinas, lo que ya fue constatado para el orden Amphipoda.

Todos los descriptores biológicos mostraron mayores valores en invierno que en verano. Esto último está en contraposición con la hipótesis inicialmente planteada. Trabajos anteriores en la playa de Barra del Chuy mostraron valores mayores de los

estimadores biológicos de la macrofauna en verano, principalmente para la zona supralitoral. El presente estudio mostró resultados opuestos que pueden ser consecuencia de las diferentes zonas estudiadas y de las especies analizadas.

La zonación de Amphipoda e Isopoda en Barra del Chuy presentó un máximo en el nivel intermareal, disminuyendo hacia el submareal. En ambos casos se tendió a observar una alta abundancia en el nivel superior del *swash*, disminuyendo en forma marcada en dirección al submareal. Los análisis multivariados para Amphipoda tendieron a identificar una mayor similitud entre las unidades de muestreo del nivel superior del *swash* en verano e invierno, mientras que las estaciones de la zona inferior del *swash* correspondientes a invierno quedaron claramente discriminadas como un grupo aparte. En el caso de Isopoda, los análisis multivariados discriminaron a estaciones del submareal con respecto a aquellas correspondientes a niveles superiores del *swash*.

Los descriptores biológicos mostraron una correlación negativa con el porcentaje de materia orgánica y con el tamaño del grano, lo cual implica mayores valores de dichos descriptores hacia tamaños de grano más finos y menores valores de materia orgánica. Este último patrón no es consistente con lo reportado en la literatura. No obstante, considerando la íntima relación entre ambos descriptores físicos, la importancia del grano de arena en la estructuración de la comunidad de peracáridos no debiera descartarse, y los patrones aquí obtenidos deben ser sujetos de futuros estudios que contemplen un análisis temporal más intensivo (e.g., estudios con periodicidad mensual).

En el futuro se requiere profundizar en estudios de diversidad de los peracáridos, así como en la biología de las especies y su relevancia en ambientes costeros. Asimismo, teniendo en cuenta la carencia de estudios de este tipo en Uruguay, será

importante evaluar las variaciones de los patrones espacio-temporales de descriptores biológicos durante un mayor periodo de tiempo, incluyendo asimismo zonas más profundas del submareal. Teniendo en cuenta que los peracáridos presentan comportamientos marcadamente diferentes entre el día y la noche, se recomienda asimismo realizar estudios diarios de variaciones transversales (zonación) en los descriptores biológicos. Esto permitirá profundizar en la detección de patrones de diversidad, así como en el conocimiento de los mecanismos responsables de los patrones espacio-temporales de descriptores biológicos de peracáridos.

## BIBLIOGRAFIA

- Almeida Prado, M.S. (1974). Sistemática dos Mysidacea (Crustacea) na região de cananeia. *Boletim Instituto Oceanográfico* 23: 47-87.
- Alves, E. & Pezzuto, P. (2009). Effect of morphodynamics on annual avarege zonation patter of benthic macrofauna of exposed sandy beaches in Santa Catarina, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 57: 189-203.
- Barboza, C., Bendayan de Moura, R., Monnerat, A.L., Oackes, T. & Campos, L.S. (2011). Echinoderms as clues to Antarctic - South American connectivity. *Oecologia Australis* 15: 86-110.
- Barboza, R., Gomez, J., Lercari, D. & Defeo, O. (2012). Disentangling diversity patterns in sandy beaches along environmental gradients. *PLoS ONE* 7: e40468.
- Barnard, J.L. & Clark, J. (1982). *Puelch orensanzi*, new genus, new species, a Phoxocephalopsid Amphipod from the shore of Argentina (Crustacea, Amphipoda, Phoxocephalopsidae). *Journal of Crustacean Biology* 2: 361-272.
- Barros, F., Borzone, C.A. & Rasso, S. (2001). Macroinfauna of six beaches near Guaratuba bay, Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 44: 351-364.
- Blott, S.J. & Pye, K. (2001). GRADISTAT: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes Landforms* 26: 1237-1248.
- Brazeiro, A. & Defeo, O. (1996). Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: is it possible to identify patterns in such variable environments? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 42: 523-536.
- Brusca, R.C. & Brusca, G.J. (2007). *Invertebrados*. Segunda edição. Editora Guanabara-Koogan, Rio de Janeiro, BR 968 pp.
- Bynum, K.H. & Fox, R.S. (1977). New and Noteworthy Amphipod Crustaceans from North Carolina, U.S.A. *Chesapeake Science* 18: 1-33.
- Carcedo, C.M., Fiori, S.M. & Bremec, C.S. (2015). Macrobenthic surf zone communities of temperate Sandy beaches: spatial and temporal patterns. *Marine Ecology* 36: 326-336.
- Carcedo, C.M., Fiori, S.M. & Bremec, C.S. (2017). Zonation of macrobenthos across a mesotidal Sandy beach variability based on physical factors. *Journal of Sea Research* 121: 1-10.
- Carter, J.E. & Sorbe, J.C. (1999). Deep-water amphipods from the Catalan sea slope (western Mediterranean): Bathymetric distribution, assemblage composition and biological characteristics. *Journal of Natural History* 33: 1133-1138.
- Celentano, E. & Defeo, O. (2006). Habitat harshness and morphodynamics: life history

- traits of the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguayan sandy beaches. *Marine Biology* 149: 1453-1461.
- Celentano, E., Gutiérrez, N.L. & Defeo, O. (2010). Effects of morphodynamic and estuarine gradients on the demography and distribution of a sandy beach mole crab: implications for source-sink habitat dynamics. *Marine Ecology Progress Series* 398: 193-205.
- Cividanes, S., Incera, M. & Lopez, J. (2002). Temporal variability in the biochemical composition of sedimentary organic matter in an intertidal flat of the Galician coast (NW Spain). *Oceanologica Acta* 25:1-12.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N. (2001). *PRIMER v5: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth.
- de Alava, A. & Defeo, O. (1991). Distributional pattern and population dynamics of *Excirolana armata* (Isopoda: Cirolanidae) in Uruguayan sandy beach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 33: 433-444.
- Defeo, O. & Cardoso, R.S. (2004). Latitudinal patterns in abundance and life-history traits of the mole crab *Emerita brasiliensis* on South American sandy beaches. *Diversity and Distributions* 10: 89-98.
- Defeo, O. & Gómez, J. (2005). Morphodynamics and habitat safety in sandy beaches: life history adaptations in a supralittoral amphipod. *Marine Ecology Progress Series* 293: 143-153.
- Defeo, O. & McLachlan, A. (2005). Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series* 295: 1-20.
- Defeo, O. & McLachlan, A. (2011). Coupling between macrofauna community structure and beach type: a deconstructive meta-analysis. *Marine Ecology Progress Series* 433: 29-41.
- Defeo, O. & McLachlan, A. (2013). Global patterns in sandy beach, macrofauna: Species richness, abundance, biomass and body size. *Geomorphology* 199: 106-114.
- Defeo, O., Jaramillo, E. & Lyonnet, A. (1992). Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in the Atlantic coast of Uruguay. *Journal of Coastal Research* 8: 830-839.
- Defeo, O., Gómez, J. & Lercari, D. (2001). Testing the swash exclusion hypothesis in sandy beach population: the mole crab *Emerita brasiliensis* in Uruguay. *Marine Ecology Progress Series* 212: 159-170.
- Defeo, O., Lercari, D., de Álava, A., Gómez, J., Martínez, G., Celentano, E., Lozoya, J.P., Sauco, S., Carrizo, D. & Delgado, E. (2006). Ecología de playas arenosas de la costa uruguaya: Una revisión de 25 años de investigación. En: Menafrá R, Rodríguez-Gallego L., Scarabino F. & Conde D. Eds., *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*. Vida Silvestre: pp. 363-370.

- Defeo, O. & Scarabino, V. (1990). Ecological significance of a possible deposit-feeding strategy in *Mesodesma mactroides* (Deshayes, 1854) (Mollusca: Pelecypoda). *Atlantica (Brasil)* 12: 55-66.
- Dogra, K.S., Kohli, R.K. & Soodl, S.K. (2009). An assessment and impact of the three invasive species in the Shivalik Hills of Himachal Pradesh, India. *International Journal of Biodiversity and Conservation* 1: 4-10.
- Escofet, A. (1971). Amphipoda Marinos de la Provincia de Buenos Aires II. Observaciones sobre el género *Bathyporeiapus* Schellenberg (Gammaridea: Oedicerotidae), con la descripción de *Bathyporeiapus ruffoi* sp. nueva. *Neotropica* 17:107-115.
- Folk, R. (1980). Petrology of sedimentary rocks. Hemphill publishing, Co. Austin, 184pp.
- Gama, A.M, Calazans, D. & Fontoura N.F. (2011). Dial behavioral responses of *Metamysidopsis elongata atlântica* (Crustacea, Mysida) to gradients of salinity and temperature. *Iheringia, Serie Zoologia* 101: 103-108.
- Gama, A.M., Montú, M.A. & Gusmão, L.F. (2002). Ciclo de pós-marsupial e crescimento de *Metamysidopsis elongata atlântica* (Crustacea, Mysidacea, Mysidae) em cultivo de laboratório. *Iheringia, Serie Zoologia* 96: 77-83.
- Gama, A.M. & Zamboni, A.J. (1999). Aspecto da biologia do cultivo de *Metamysidopsis elongata atlantica* para uso em teste de toxicidade. *Nauplus* 7: 127-139.
- Gappa, J.L., Alonso G. & Landoni, N. (2006). Biodiversity of benthic Amphipoda (Crustacea; Peracarida) in the southwest Atlantic between 35°S and 56°S. *Zootaxa* 1342: 1-66.
- Golçanvez, S.C. (2012). Crustaceans in Atlantic and Mediterranean exposed sandy beaches. First edition. Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, DE 121 pp.
- González, E. & Thiel, M. (2004). Índice Bibliográfico sobre biodiversidad acuática de Chile: Crustáceos Peracáridos (Crustacea). *Ciencia y Tecnología del Mar* 27: 133-150.
- González, E., Thiel, M., Haye, P., Bruce, N., Lowry, J. & Roccagliata, D. (2006). Notebook of third international course on ecology and taxonomy of Peracarida. Universidad Católica de Chile, Coquimbo, CL 277 pp.
- Guerra-García, J.M., Ruiz-Tabares, A., Baeza-Rojano, E., Cabezas, M.P., Díaz-Pavón, J.J., Pacios, I., Maestre, M. González, A.R., Espinosa, F. & García-Gómez, J.C. (2010). Trace metals in *Caprella* (Crustacea: Amphipoda). A new tool for monitoring pollution in coastal areas? *Ecological Indicators* 10: 734-743.
- Incera, M., Cividanes, S., Lastra, M. & Lopez, J. (2003). Temporal and spatial variability of sedimentary organic matter in Sandy beaches on the northwest coast of de Iberian Peninsula. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58S: 55-61.

- Janssen, G. & Mulder, S. (2005). Zonation of macrofauna across sandy beach and surf zone along the Dutch coast. *Oceanologia* 47: 265-282.
- Jaramillo, E. & McLachlan, A. (1993). Community and population responses of the macroinfauna to physical factors over a range of exposed sandy beaches in south-central Chile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 37: 615-624.
- Lee, G., Nicholls, R.J. & Birkemeier, W.A. (1998). Storm driven variability of the beach nearshore profile at duck, North Carolina USA 1981-1991. *Marine Geology* 148: 163-177.
- Lercari, D. & Defeo, O. (2006) Large-scale diversity and abundance trends in sandy beach macrofauna along full gradients of salinity and morphodynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 68: 27-35.
- Lercari, D. & Defeo, O. (2015) Large-scale dynamics of sandy beach ecosystems in transitional waters of the Southwestern Atlantic Ocean: species turnover, stability and spatial synchrony. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 154: 184-193.
- Lercari, D., Defeo, O. & Celentano, E. (2002). Consequences of freshwater canal discharge on the benthic community and its habitat on an exposed sandy beach. *Marine Pollution Bulletin* 44: 1392-1399.
- Lozoya, J.P. & Defeo, O. (2006). Effects of a freshwater canal discharge on an ovoviviparous isopod in an exposed sandy beach. *Marine and Freshwater Research* 57: 421-428.
- Lowry, J.K., Jazdzewski, K. & Robert, H. (2007). Synopsis of the Amphipoda of the southern ocean. Vol 1, Parte 1. Catalogue of the Gammaridean and Corophiidean Amphipoda (Crustacea) of the southern ocean with distribution and ecological data. Edited C. Broyer, Instituut voor Natuurwetenschappen, Koninklijk Belgisch: pp.180-200.
- Magurran, A.E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. New Jersey, U.S.A. 179 pp.
- Martínez, G. & Defeo, O. (2006). Reproductive biology of the isopod *Excirrolana braziliensis* at the edge of its southern geographical range. *Helgoland Marine Research* 60: 273-280.
- Mauchline, J. (1976). The biology of mysids and euphausiids. *Advances in Marine Biology* 18: 1-369.
- McLachlan, A. (1983). Sandy beach ecology - a review. En: McLachlan A & Erasmus T Eds., *Sandy beaches as ecosystems*. W. Junk Publishing., The Hague: pp. 321-380.
- McLachlan, A. (1988). Behavioral adaptations of sandy beach organisms: an ecological perspective. En: Chelazzi G. & Vannini M. Eds., *Behavioral adaptation to intertidal life*. Plenum Publishing Corporation: pp. 449-475.
- McLachlan, A. (1990). Dissipative beaches and macrofauna communities on exposed intertidal sands. *Journal of Coastal Research* 6: 57-71.

- McLachlan, A. & Brown, A.C. (2006). Ecology of sandy shores. Second edition. Elsevier Publishing, Amsterdam, NL 377 pp.
- McLachlan, A. & Defeo, O. (2018). The Ecology of Sandy Shores. Third Edition. Elsevier, Academic Press. London, UK 560 pp.
- McLachlan, A. & Dorvlo, A. (2005). Global patterns in sandy beach macrobenthic communities. *Journal of Coastal Research*. 21: 674-687.
- McLachlan, A., Jaramillo, E., Donn, E. & Wessels, F. (1993). Sandy beach macrofauna communities and their control by the physical environment: a geographical comparison. *Journal of Coastal Research* 15: 27-38.
- Neves, F.M., & Bemvenuti C.E. (2006). Spatial distribution of macrobenthic fauna on three sandy beaches from northern Rio Grande do Sul, southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* 54: 135-146.
- Neves, L.P., Silva, P. & Bemvenuti, C. (2012). Distribuição horizontal da macrofauna bentônica na praia do Cassino, extremo sul do Brasil. *Iheringa, Serie Zoologia* 102: 245-253.
- Ortega L., Celentano E., Finkl C. & Defeo O. (2013). Effects of climate variability on the morphodynamics of Uruguayan sandy beach. *Journal of Coastal Research* 29: 747-755.
- Peet, R.K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 5: 285-307.
- Ruppert, E., Fox, R. & Barnes, R. (2005). *Zoologia dos Invertebrados*. Sétima edição. Editora Rocca, São Paulo, BR 1145 pp.
- Scarabino, F. (2006). Faunística y taxonomía de invertebrados bentónicos marinos y estuarinos de la costa uruguaya. En: Menafrá R., Rodríguez-Gallego L., Scarabino, F. & Conde D. Eds., *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. Vida Silvestre*: pp. 113-142.
- Short, A. (1996). The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classification: A review. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 589-604.
- Short, A. (1999). *Handbook of beach and shoreface morphodynamic*. John Wiley and Sons, Chichester 392 pp.
- Short, A. & Wright, D. (1983). Physical variability of sandy beaches. En: McLachlan A. & Erasmus T. Eds., *Sand beaches as ecosystems*. W. Junk Publishing., The Hague: pp. 137-144.
- Souza-Filho, J.F. (2011). First record of the family Cheidae (Amphipoda Gammaridea) from the Brazilian coast, with description of two new general and new species. *Journal of Natural History* 45: 327-346.
- Thiel, M. & Hinojosa, I. (2009). Amphipods, Isopods, Tanaidaceans and Cumaceans.

- En: Haussermann V. & Forsterra G., Eds., Marine Benthic Fauna of Chilean Patagonia Illustrated Identification Guide. Nature in Focus Publishing: pp. 671-738.
- Thomas, J.D. (1993). Biological monitoring and tropical biodiversity: a critique with recommendations and comments on the use of amphipods as bioindicators. *Journal of Natural History* 27: 795-806.
- Thurston, M.H. (1982). *Cheus annae*, new genus, new species (Cheidae new family), a fossorial Amphipo from Falkland island. *Journal of Crustacean Biology* 2: 410-419.
- WoRMS (2009). Peracarida. Acceso por World Register of Marine Species: <http://www.marinespecies.org/aphia.php/aphia.php?p=taxdetails&id=1090>. Fecha: 15/08/2017.
- Young, P.S. (1998). Catalogue of Crustacea of Brazil. Editora Museu Nacional Rio de Janeiro, BR 717 pp.
- Zar, J.H. (2010). Biostatistical analysis. Fifth edition. Person Education, New Jersey, U.S.A. 931 pp.
- Zeidler W. (1992). Hyperiid Amphipods (Crustacea: Amphipoda: Hyperiidea) collected recently from eastern Australian waters. *Records of the Australian Museum* 44: 85-133.