



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, BIOQUÍMICA Y FARMACIA



Distribución espacial de los copépodos meiobentónicos en la playa de Monte Hermoso

ALUMNO: Taraborelli, Lucas Ezequiel

DIRECTORA: Sciberras, Michel

Bahía Blanca

2024

Fecha de defensa oral: 17/12/2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, BIOQUÍMICA Y FARMACIA



Distribución espacial de los copépodos meiobentónicos en la playa de Monte Hermoso

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN
CIENCIAS BIOLÓGICAS

Lucas Taraborelli

Tesista

Dra. Michel Sciberras

Directora

Título abreviado: Distribución espacial de copépodos meiobentónicos en Monte Hermoso



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, BIOQUÍMICA Y FARMACIA



Spatial distribution of meiobenthic copepods in Monte Hermoso beach

BACHELOR'S THESIS IN BIOLOGICAL SCIENCES

Short title: Spatial distribution of meiobenthic copepods in Monte Hermoso

AGRADECIMIENTOS

A mi directora, la Dra. Michel Sciberras, por haberme dirigido durante este trabajo y por su enorme predisposición para enseñarme y guiarme en este proceso final de mi carrera; y a mi consejera, la Dra. Natalia Bulnes, por darme la oportunidad de formar parte de su grupo de trabajo en el laboratorio de Zoología de Invertebrados I y por guiarme durante los años posteriores a la pandemia, cuando no sabía a dónde ni a quién acudir para continuar mi transcurso en la licenciatura.

Al Dr. Hugo Marrero, por su gran aporte y colaboración en los muestreos y su mano mágica para la estadística; y a Horacio, que a pesar de su corta edad comenzó a incursionar en la ciencia participando en este trabajo.

A mis facu-amigos, los Biolgues, y en especial a los Inartrópodos, Valen, Karen, Fiorella, Enzo, Lisandro, Rocío, Nati y Kevin; por estar conmigo desde el inicio, compartiendo cada momento y apoyándonos entre nosotros para seguir adelante. Ustedes lograron que esto fuera mucho más fácil.

A los Babas, Hevar, Francisco, Nico, Brunito, Kony, Seba y Alex; por cada día de risas y diversión, por cada noche de reflexión, y por todos los momentos que pasamos juntos y nos hicieron crecer como estudiantes y personas.

A Emiliano; por ser un gran amigo y tutor, quien me dio un lugar al que llamar hogar durante más de la mitad de mi carrera.

Y en especial, por sobre todo, a mi familia; gracias por bancarme cada día con palabras de aliento y amor incondicional, y ayudarme a perseverar en este camino. Tengan por seguro que, sin no es por ustedes, no habría hecho esto nunca.

Gracias.

RESUMEN

Los ecosistemas marinos costeros de aguas poco profundas, como las playas arenosas, son ambientes dinámicos y heterogéneos, influenciados por los ciclos de marea. A pesar de que parecen desprovistos de vida, albergan una rica comunidad intersticial, como la meiofauna, que desempeña un papel crucial en la mineralización de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes. Dentro de este grupo, los copépodos meiobentónicos son importantes consumidores y presas. Su distribución puede estar influenciada por factores abióticos, como la granulometría y la materia orgánica, que varían según las zonas intermareal y sublitoral. Este trabajo se enfoca en estudiar la distribución de los copépodos meiobentónicos en la playa de Monte Hermoso, analizando si la granulometría y el contenido de materia orgánica influyen en su distribución. Como hipótesis de trabajo se planteó que la zona sublitoral tiene una mayor estabilidad en cuanto a factores abióticos en comparación con la zona intermareal, impactando positivamente sobre la biodiversidad de copépodos meiobentónicos y que, en el intermareal, a medida que nos alejamos de la línea de marea baja, más desfavorables son las condiciones para los copépodos, impactando negativamente en su diversidad.

En el muestreo se recolectaron 1297 copépodos adultos pertenecientes a seis especies putativas, de las cuales tres fueron determinadas taxonómicamente y representan especies nuevas de los géneros *Emertonia*, *Sextonis* y *Pseudectinosoma*. *Emertonia sp.* y *Sextonis sp.* son las más abundantes, representando el 99% del total de los ejemplares recolectados.

Nuestros resultados sugieren que la diversidad de copépodos es mayor en el sublitoral y parece estar influenciada por la granulometría (aunque obtuvimos valores marginales de significancia) ya que, a medida que aumentaba el tamaño de grano, la diversidad tendía a disminuir. Por otro lado, la abundancia total fue mayor en el intermareal, lo que parece responder a la distribución de las dos especies más importantes, *Emertonia sp.* y *Sextonis sp.*, que fueron dominantes en el intermareal medio y alto, respectivamente. La riqueza, por otro lado, no varió entre los niveles analizados, y no estaría influenciada por la granulometría o el contenido de materia orgánica.

Los resultados de este estudio son consistentes con la hipótesis de que el sublitoral es un ambiente más estable, lo que explicaría la mayor diversidad. Por otro lado, los picos de abundancia del intermareal podrían explicarse por las distintas preferencias de las dos especies más abundantes. Aunque este trabajo es preliminar, aporta información base sobre las especies presentes en la zona y los patrones de distribución de las mismas.

Palabras clave: MEIOFAUNA INTERSTICIAL; PLAYA DISIPATIVA; INTERMAREAL; SUBLITORAL

ABSTRACT

Shallow coastal marine ecosystems, such as sandy beaches, are dynamic and heterogeneous environments influenced by tidal cycles. Although they may appear devoid of life, they harbour a rich interstitial community, the meiofauna, which plays a crucial role in the mineralization of organic matter and nutrient recycling. Among these organisms, meiobenthic copepods are significant as both consumers and prey. Their distribution may be influenced by abiotic factors such as grain size and organic matter content, which vary between the intertidal and sublittoral zones.

This study investigated the distribution of meiobenthic copepods on Monte Hermoso Beach, analysing whether grain size and organic matter content influence their distribution. The working hypothesis posited that the sublittoral zone provide greater stability in abiotic factors compared to the intertidal zone, positively affecting the biodiversity of meiobenthic copepods. It was also hypothesized that in the intertidal zone, conditions become less favourable for copepods as the distance from the low tide line increased, negatively impacting their diversity.

During sampling, 1,297 adult copepods belonging to six putative species were collected, three of which were taxonomically identified as new species within the genera *Emertonia*, *Sextonis*, and *Pseudectinosoma*. *Emertonia sp.* and *Sextonis sp.* were the most abundant, accounting for 99% of the total specimens collected.

Our results suggest that copepod diversity is higher in the sublittoral zone and is influenced by grain size (although marginal significance values were obtained), as diversity tended to decrease with larger grain sizes. On the other hand, total abundance was higher in the intertidal zone, which seems to reflect the distribution patterns of the two dominant species, *Emertonia sp.* and *Sextonis sp.*, which were most abundant in the mid and high intertidal zones, respectively. Species richness, on the other hand, did not vary across the levels analysed and appeared unaffected by grain size or organic matter content.

These results supported the hypothesis that the sublittoral zone is a more stable environment, which could explain the higher diversity. In contrast, peaks in abundance within the intertidal zone could be attributed to the distinct habitat preferences of the two most abundant species. Although this study is preliminary, it provides essential baseline information on the species present in the area and their distribution patterns.

Keywords: INTERTITIAL MEIOFAUNA; DISSIPATIVE BEACH; INTERTIDAL; SUBTIDAL

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Introducción	8
Materiales y Métodos	10
a. Área de estudio	10
b. Diseño y procesamiento de muestras	10
c. Análisis de datos	12
Resultados	13
Discusión	17
Bibliografía	19

1. Introducción

Los ambientes marinos costeros de aguas poco profundas incluyen la zona submareal y la zona intermareal (Gheskiere *et al.*, 2004). Estos ecosistemas son dinámicos y complejos, caracterizados por una alternancia periódica de inmersión y emersión debido a los ciclos de las mareas (Gingold *et al.*, 2010). A primera vista las playas arenosas parecen no albergar mucha vida y lucen como “desiertos marinos” (Gheskiere *et al.*, 2004). Sin embargo, los gradientes fisicoquímicos crean un ambiente espacial y temporalmente heterogéneo (Rodil *et al.*, 2006), que alberga una vida intersticial importante, por lo que tienden a ser muy productivos (Gheskiere *et al.*, 2004). La estructura física del sistema intersticial está definida por el tamaño y la forma de las partículas del sedimento (granulometría de la arena), mientras que la química intersticial está determinada principalmente por la respuesta al equilibrio entre los aportes de oxígeno y el contenido de materia orgánica (McLachlan & Brown, 2006).

La meiofauna engloba a un conjunto heterogéneo de invertebrados bentónicos de tamaño microscópico, que habitan en los intersticios de los sedimentos marinos y dulceacuícolas. Su nombre deriva del griego "meios", que significa "medio", y hace referencia a su tamaño intermedio entre la microfauna y la macrofauna (Giere, 2009). Estos organismos, cuya talla oscila entre 45 y 500 μm , desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas bentónicos (Higgins & Thiel, 1988). En los sedimentos marinos, los copépodos suelen ser el taxón meio bentónico subdominante, después de los nematodos (Huys *et al.*, 1996) y, desde una perspectiva ecológica, desempeñan un papel fundamental actuando como consumidores primarios y presas (Giere, 2009). Al alimentarse de bacterias, diatomeas y detritos orgánicos, contribuyen a la mineralización de la materia orgánica y al reciclaje de nutrientes (Coull, 1999), y al ser presa de otros invertebrados mayores, forman un eslabón crucial en la transferencia de energía hacia niveles tróficos superiores (Warwick, 1986). Además, pueden considerarse ingenieros ecosistémicos, ya que modifican su entorno físico y biológico a través de sus actividades (Jaume *et al.*, 2004).

La distribución de los copépodos en la playa puede estar influenciada por diversos factores abióticos. La granulometría influye en la porosidad del sustrato, la disponibilidad de oxígeno y la capacidad de retención de agua, factores críticos para el establecimiento y desarrollo de los copépodos (Coull, 1999; Warwick, 1986). La distribución de los copépodos también se ve influenciada por la disponibilidad de materia orgánica, la cual puede variar considerablemente debido a los ciclos de marea, y a la entrada de materia orgánica proveniente de la descomposición de macro y microalgas durante la marea baja y de los aportes terrestres (Olafsson, 1991; McLachlan & Brown, 2006). Sumado a esto, en la zona intermareal influye el tiempo de exposición y por lo tanto, la desecación, lo cual está íntimamente relacionado con el régimen de marea (Iwasaki, 1999). En el intermareal, generalmente la menor diversidad de copépodos está cerca de la línea de marea alta (Baia & Venekey, 2019) ya que esta zona solo experimenta inundaciones momentáneas del agua de mar (Giere, 2009), y la temperatura aumenta durante la exposición en marea baja, alcanzando los valores máximos en la

superficie del sedimento (Gheskiere *et al.*, 2004). Por otro lado, la mayor diversidad suele encontrarse cerca de la línea de marea baja (Baia & Venekey, 2019), ya que esta región está expuesta solo unas horas al día, tiene sedimentos finos, la temperatura es relativamente estable, y los espacios intersticiales están siempre llenos de agua (Gheskiere *et al.*, 2004). Sin embargo, la diversidad no siempre sigue este patrón, y algunos estudios encontraron que los valores mayores se encuentran en el intermareal medio (Baia & Venekey, 2019). Estos valores máximos de diversidad de especies en la zona media del intermareal se han explicado por la Hipótesis del Disturbio Intermedio y se plantea que responden a combinaciones óptimas de condiciones físicas y químicas, como el contenido moderado de materia orgánica y la granulometría intermedia, que ofrecen estabilidad suficiente sin llegar a ser extremas, permitiendo la coexistencia de una mayor variedad de especies (Armonies & Reise, 2000; Gheskiere *et al.*, 2004; Gingold *et al.*, 2010). En cuanto al sublitoral, esta región es más estable que el intermareal respecto a factores ambientales (Iwasaki, 1999) y se ha planteado que la comunidad del intermareal bajo es una extensión de la comunidad del sublitoral (Gheskiere *et al.*, 2004).

En las playas de Monte Hermoso se han realizado estudios sobre la distribución horizontal de la macrofauna (Carcedo *et al.*, 2019; Fernández-Severini *et al.*, 2019; Fiori *et al.*, 2022), pero se desconocen completamente los patrones de distribución de la meiofauna. Particularmente en relación a los copépodos meiobentónicos, la única información disponible para la zona se centra en la taxonomía y los ciclos de vida de copépodos del estuario de Bahía Blanca (Bulnes *et al.*, 2021; Sciberras *et al.*, 2014; 2018, 2021) y de las costas de Mar del Plata (Ramírez, 1971). El objetivo de este trabajo es caracterizar la distribución de los copépodos meiobentónicos en la playa de Monte Hermoso y determinar si la granulometría y el contenido de materia orgánica influyen en la distribución. Como hipótesis de trabajo se planteó que la zona sublitoral tiene una mayor estabilidad en cuanto a factores abióticos en comparación con la zona intermareal, impactando positivamente sobre la biodiversidad de copépodos meiobentónicos y que, en el intermareal, a medida que no alejamos de la línea de marea baja, más desfavorables son las condiciones para los copépodos, impactando negativamente en su diversidad. Por esta razón, se espera que los sitios del sublitoral tengan una mayor diversidad de copépodos meiobentónicos que los sitios del intermareal, que la composición de especies del intermareal bajo sea similar a la del sublitoral, y que haya una menor diversidad en las zonas más altas del intermareal. Además, esperamos que la granulometría y el contenido de materia orgánica expliquen los patrones de distribución de las especies. Conocer estos patrones es importante para establecer cómo diferentes modificaciones antrópicas (e.g. contaminación) pueden afectar la biodiversidad costera y permite sentar las bases de conocimiento para futuros estudios de conservación e impacto ambiental.

2. Materiales y Métodos

Área de estudio

El muestreo se realizó en el partido de Monte Hermoso, hacia el este del Balneario Sauce Grande en la bajada vehicular de Playa Serena (Fig. 1). Esta es una playa arenosa disipativa, orientada de este a oeste, expuesta a la acción directa de las olas provenientes del sur (Caló *et al.*, 1995). Las mareas son de tipo semidiurno, con una amplitud promedio de 2,28 metros y máxima de 3,43 metros (SHN, 2024). La temperatura promedio del agua en superficie para enero, que es el mes de muestreo, es de 20,9 °C (SHN, 2024). El sistema costero está compuesto por un cordón dunario de cinco kilómetros de ancho y la zona intermareal abarca una longitud promedio de 120 a 170 metros desde la base de las dunas hasta la resaca, con una pendiente baja ($2,9 \pm 0,5\%$) y sedimentos de tamaño medio a fino (Carcedo *et al.*, 2019). La zona sublitoral se caracteriza por fondos predominantemente arenosos con una baja proporción de lodo y grava, identificándose dos tipos principales de sustratos: el sustrato móvil, compuesto mayoritariamente por arena (97,06%); y el sustrato duro, asociado con fases consolidadas como la fangolita arcillo-limosa (Bremec, 1986).

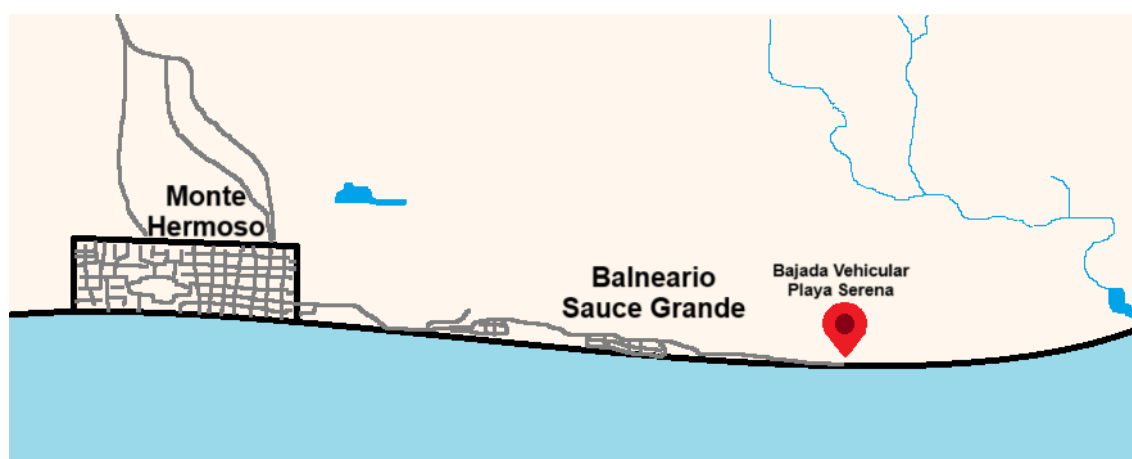


Figura 1. Sitio de muestreo señalado en rojo.

Diseño de muestreo y procesamiento de muestras

El muestreo se realizó en enero de 2024, donde se registran las mayores abundancias de copépodos meiobentónicos (Bulnes *et al.*, 2021) y durante la madrugada, para evitar el efecto del aumento de la temperatura, lo que provocaría que la meiofauna migre verticalmente (Giere, 2009). Se seleccionaron 10 sitios de muestreo (transectas) a lo largo de la playa separados entre sí por 100 metros (Fig. 2). Cada sitio se trató como un bloque con seis niveles a lo ancho de la playa: intermareal alto (sobre la línea de marea alta), intermareal medio (sitio descubierto pasadas las tres horas desde la pleamar), intermareal bajo (junto a la línea de marea baja), sublitoral alto (junto a la línea de marea baja), sublitoral medio (a 1 metro de profundidad), sublitoral bajo (a 1,5 metros de profundidad). El muestreo comenzó durante la marea alta y siguió el retroceso del agua a lo ancho de la playa hasta llegar a la línea de marea baja; las muestras en el sublitoral se tomaron con marea baja (Gheskiere *et*

al., 2004). En cada nivel se tomó una muestra de sedimento para el análisis de la comunidad de copépodos, y una muestra de sedimento para el análisis de la granulometría y el contenido de la materia orgánica.

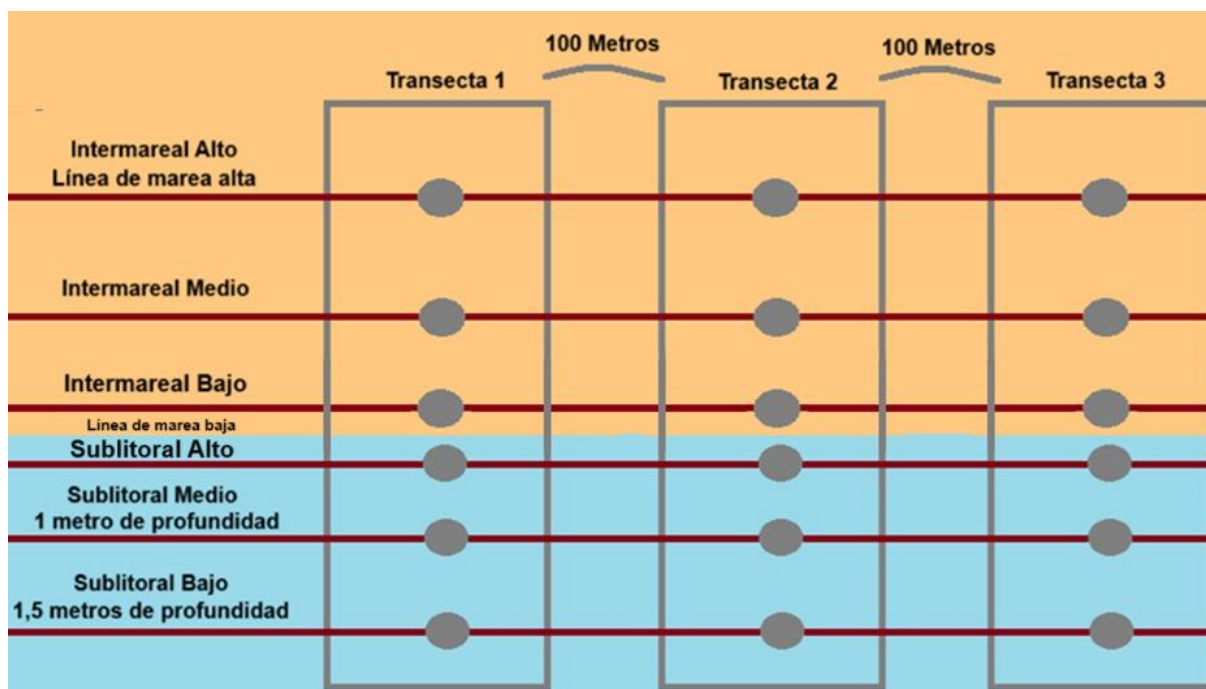


Figura 2. Distribución de los sitios de muestreo (transectas) y los niveles a lo ancho de la playa. Se usaron solo tres transectas para ejemplificar el diseño de muestreo.

La extracción de sedimento se realizó con émbolos plásticos de 60 ml (Higgins & Thiel, 1988), en los primeros 10 cm de sedimento ya que es donde se concentra la fauna intersticial en respuesta a la oxigenación del sedimento (McLachlan & Brown, 2006). Las muestras se colocaron en bolsas plásticas herméticas, y las correspondientes al análisis de comunidad de copépodos se fijaron con alcohol al 96% (McLachlan & Brown, 2006). Las 60 muestras se transportaron refrigeradas al laboratorio, donde se mantuvieron congeladas.

Para la separación de copépodos se aplicó el método de elutriación/decantación por una serie de tamices de 500 y 40 μm de diámetro (Giere, 2009). Los ejemplares se separaron bajo lupa binocular y se registró su abundancia. Los especímenes fueron identificados al menor nivel taxonómico posible bajo microscopio óptico, utilizando las claves taxonómicas de Huys *et al.* (1996).

Para el análisis granulométrico se tomaron aproximadamente 10 gramos de sedimento seco de cada muestra. Posteriormente se realizó un tamizado mecánico con una serie de siete tamices con malla de tamaño decreciente (2000 μm , 1000 μm , 500 μm , 250 μm , 125 μm , 63 μm y 4 μm) para obtener la proporción de las principales fracciones de arena (Folk & Ward, 1957).

Para el análisis del contenido de materia orgánica, el sedimento se secó en estufa a 60° C hasta peso constante. Luego las muestras se calcinaron a 450 °C durante seis horas y se determinó el

contenido de materia orgánica restando el peso final (peso sin cenizas) del peso inicial (Byers *et al.*, 1978).

Análisis de datos

Para estimar la diversidad utilizamos el índice de Shannon. Para el análisis de la granulometría se empleó la media geométrica del tamaño de grano, que considera los valores como razones entre sí, y es una buena opción ya que, al ponderar todos los valores de manera proporcional, es menos susceptible a la influencia de valores extremos (Folk & Ward, 1957).

Se aplicaron Modelos Lineales Mixtos Generalizados (GLMM, por sus siglas en inglés) para evaluar el efecto de la granulometría, el contenido de materia orgánica y el nivel en la costa sobre la diversidad, riqueza y abundancia de copépodos meibentónicos. El análisis del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) indicó una baja correlación entre estas tres variables predictoras (< 2), por lo que se pudieron incluir juntas en los modelos (Zuur *et al.*, 2009).

En el primer modelo se consideró la diversidad como variable respuesta, y se incluyeron las interacciones entre el nivel de la playa con la granulometría, y con el contenido de materia orgánica. Para este modelo se usó una distribución normal. El segundo y el tercer modelo tuvieron la misma estructura que el primero, pero con abundancia total y riqueza como variables respuestas respectivamente. Para ambos modelos se usó una distribución binomial negativa. El cuarto modelo tuvo como variable respuesta a la abundancia y presentó la misma estructura que los anteriores, pero se incluyó un factor fijo “especies” para considerar las dos especies más abundantes; *Sextonis sp.* y *Emertonia sp.* Se eligieron solo estas dos especies para el análisis porque son las únicas que estuvieron presentes en más de una transecta, permitiendo la comparación.

Se utilizó el software R (R Core Team, 2024) para el análisis de datos y se utilizaron las siguientes bibliotecas R: *glmmTMB* para el modelado de datos (Brooks *et al.*, 2017) y *car* para la estimación del VIF y evaluación de las inferencias estadísticas (Fox & Weisberg, 2019). Tuvimos en cuenta posibles patrones en los residuales en todos los modelos (por ejemplo, distribución no normal o heterocedasticidad) utilizando la función “simulateResiduals” de la biblioteca *DHARMa* (Hartig, 2020).

3. Resultados

Durante el muestreo se recolectaron 1297 ejemplares adultos de copépodos meiobentónicos pertenecientes al orden Harpacticoida, que se caracterizan por anténulas cortas, de cinco a nueve segmentos en la hembra, que raramente sobrepasan el límite posterior del cefalotórax (Williamson & Reid, 2001). Estos correspondieron a tres géneros (*Emertonia*, *Sextonis* y *Pseudectinosoma*) y tres morfotipos no determinados (Tabla 1). Los ejemplares pertenecientes a estos tres géneros corresponden a especies nuevas para la ciencia. El 99% de los adultos pertenecieron a *Emertonia sp.* y *Sextonis sp.*

Morfotipo	Número de Ejemplares
<i>Emertonia sp.</i>	1054
<i>Sextonis sp.</i>	230
<i>Pseudectinosoma sp.</i>	1
Morfotipo 1	4
Morfotipo 2	6
Morfotipo 3	2

Tabla 1. Número de ejemplares adultos correspondientes a cada género (en el caso de los que pudieron identificarse taxonómicamente) o morfotipos (para los que no fueron identificados).

Los modelos mostraron un buen ajuste y no hubo problema de heterocedasticidad o sobredispersión. El primer modelo, que consideraba la diversidad como variable respuesta, mostró un efecto significativo del nivel en la playa ($\text{Chi}^2 = 13,449$; $p = 0,019$), con una mayor diversidad en los niveles del sublitoral en comparación a los del intermareal (Fig. 3). Este modelo también mostró una interacción marginalmente significativa entre la granulometría y la diversidad ($\text{Chi}^2 = 3,098$; $p = 0,078$), ya que a medida que aumenta el tamaño de las partículas del sedimento, la diversidad disminuye (Fig. 4). No se encontró efecto del contenido de materia orgánica ($\text{Chi}^2 = 0,190$; $p = 0,662$).

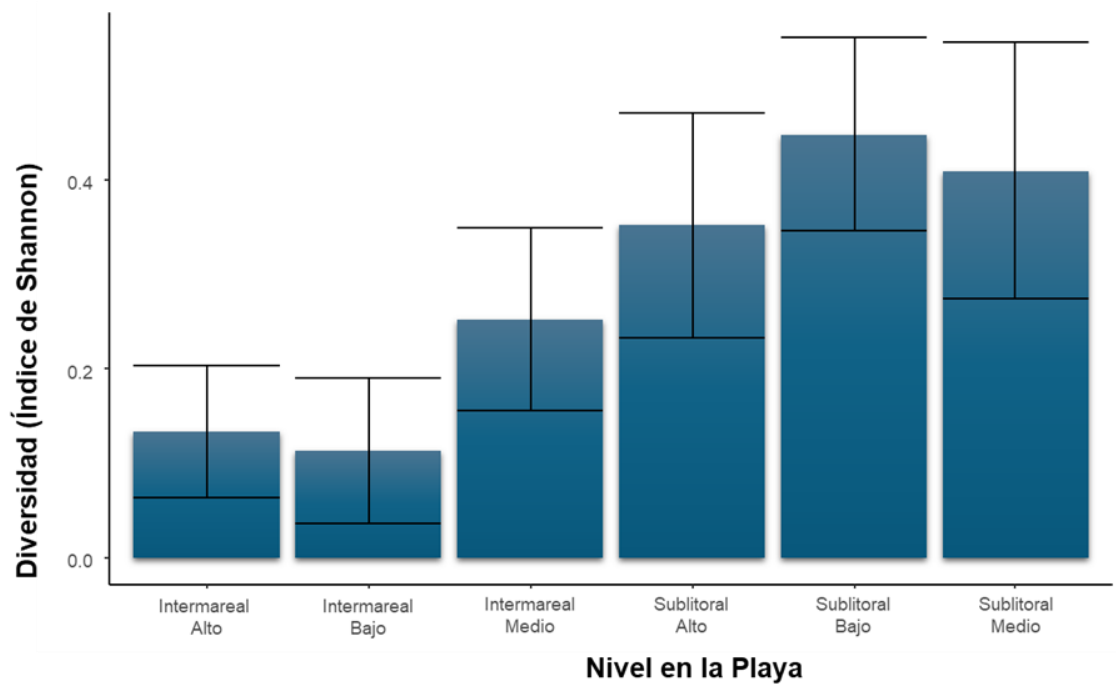


Figura 3. Diversidad en cada nivel de la playa. Sobre cada barra se representa la media y el desvío.

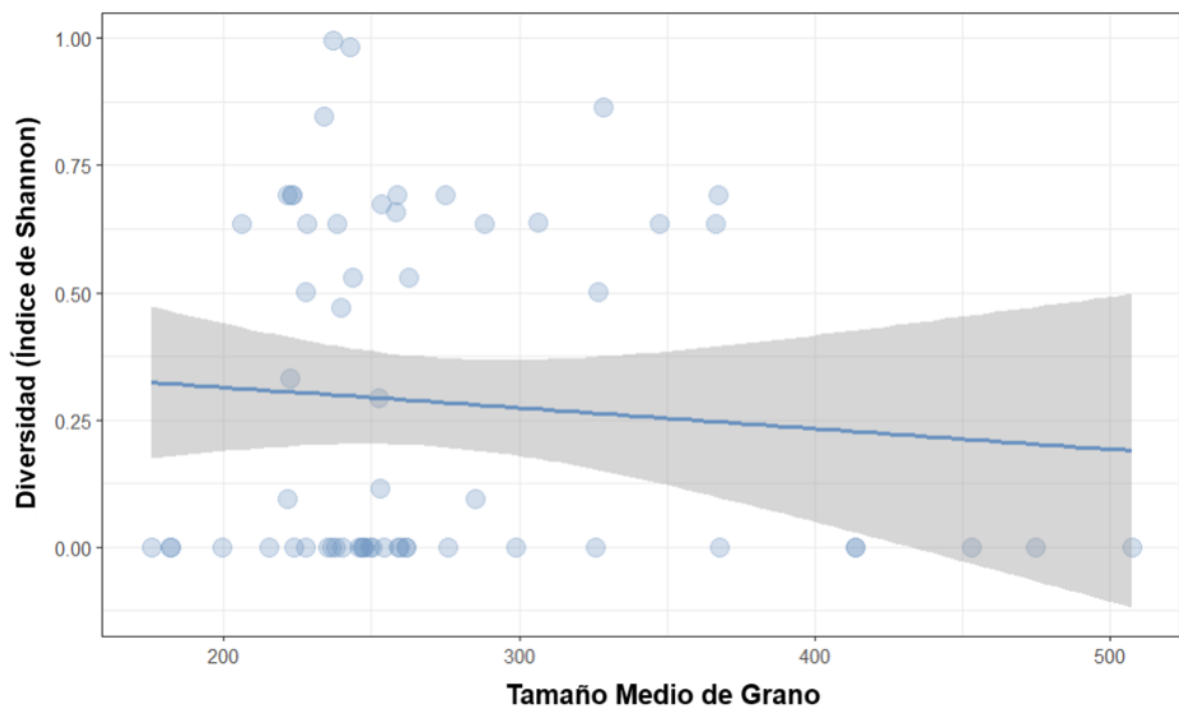


Figura 4. Diversidad en función del tamaño medio de grano (μm).

El segundo modelo, que consideraba la abundancia como variable respuesta, mostró un efecto significativo del nivel de la playa ($\chi^2 = 57,771$; $p = 3,506e-11$), con una abundancia significativamente mayor en el intermareal medio en comparación a los otros cinco niveles (Fig. 5). No se encontró efecto de la granulometría ($\chi^2 = 1,504$; $p = 0,220$), ni del contenido de materia orgánica ($\chi^2 = 0,088$; $p = 0,766$).

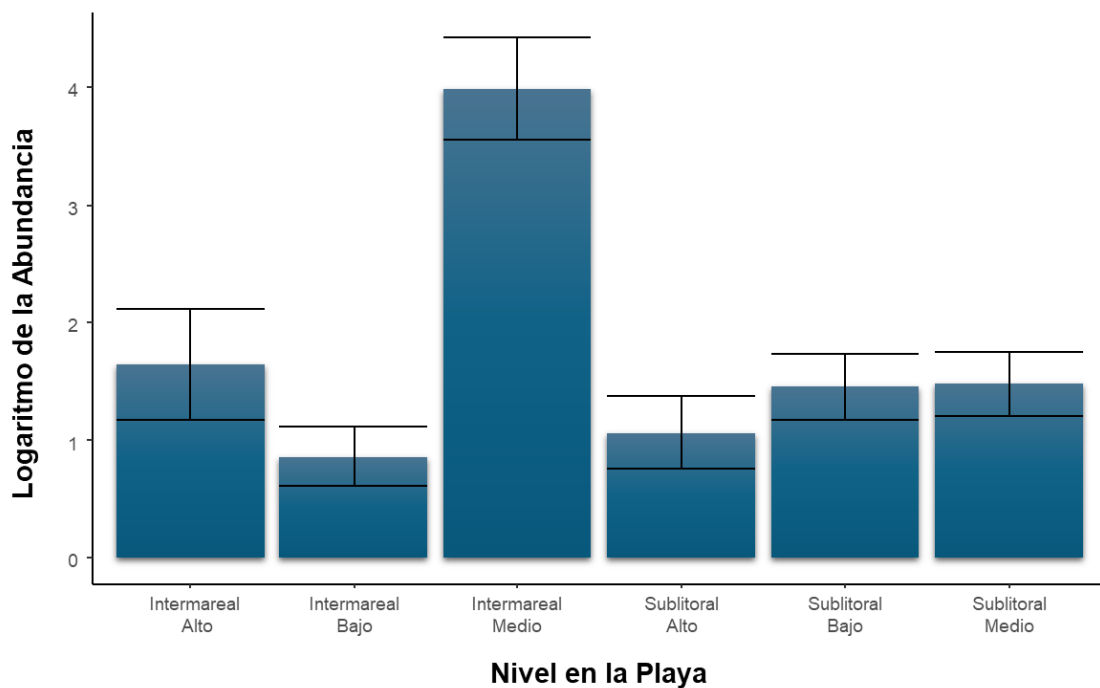


Figura 5. Abundancia total en cada nivel de la playa. Sobre cada barra se representa la media y el desvío.

El tercer modelo, que consideraba a la riqueza como variable respuesta, no arrojó efectos significativos del nivel en la playa ($\chi^2 = 5,058$; $p = 0,405$), contenido de materia orgánica ($\chi^2 = 0,106$; $p = 0,744$), ni de la granulometría ($\chi^2 = 0,309$; $p = 0,577$).

El cuarto modelo, que consideraba la abundancia por separado de *Emertonia sp.* y *Sextonis sp.* como variables respuesta, mostró diferencias significativas entre las especies ($\chi^2 = 4,049$; $p = 0,044$), entre los niveles de la playa ($\chi^2 = 83,623$; $p = < 2,2e-16$) y en la interacción entre las especies y el nivel ($\chi^2 = 49,317$; $p = 1,911e-09$). La diferencia por especie se debió a que la abundancia de *Emertonia sp.* es significativamente mayor en el intermareal medio que en los otros niveles, en cambio la abundancia de *Sextonis sp.* es mayor en el intermareal alto (Fig. 6). La diferencia por niveles se debió a que en el intermareal alto domina *Sextonis sp.* por sobre *Emertonia sp.*, mientras que en el intermareal medio domina *Emertonia sp.* por sobre *Sextonis sp.*

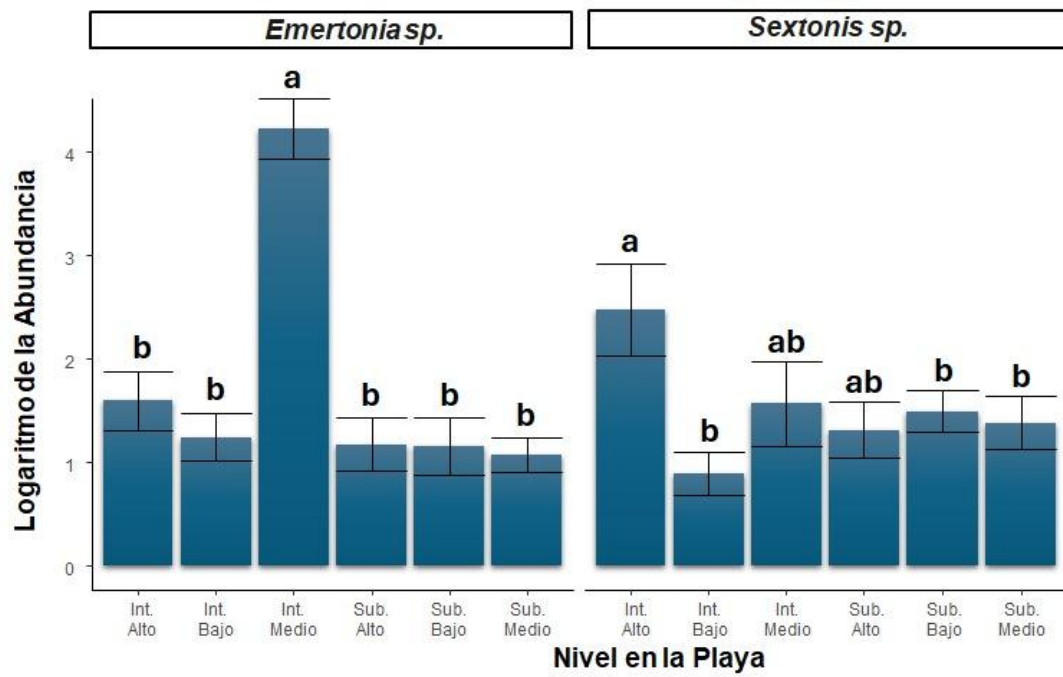


Figura 6. Abundancia para cada nivel de la playa, correspondiente a las especies *Emertonia sp.* y *Sextonis sp.* Letras diferentes indican diferencias significativas entre niveles de la playa para cada especie.

4. Discusión

Este estudio permitió identificar patrones de distribución de los copépodos meiobentónicos en la playa de Monte Hermoso. Por un lado, podemos decir que la diversidad es mayor en el sublitoral, pero la abundancia es mayor en el intermareal. Además, dentro del intermareal, la zona media es la que muestra una mayor abundancia total. Por otro lado, la diversidad parece estar influenciada por el tamaño de grano del sedimento. Los patrones encontrados parecen responder principalmente a la distribución de *Emertonia sp.* y *Sextonis sp.*, que son las especies más abundantes.

En cuanto a los patrones de diversidad, nuestros resultados muestran que esta es mayor en el sublitoral, lo cual responde a lo esperado si consideramos que el sublitoral es un ambiente con mayor estabilidad en lo referente a factores ambientales, ya que no está expuesto a los cambios cíclicos que generan las mareas en el intermareal (Iwasaki, 1999). Estos resultados son consistentes con los encontrados por De Troch *et al.* (2003) y Sevastou *et al.* (2011), que trabajaron en playas arenosas de Tanzania (asociadas a praderas marinas) y Creta (micromareales), respectivamente, y encontraron que las diversidades más altas de copépodos meiobentónicos en el sublitoral y sugieren que, aunque esta zona sufre algunos disturbios físicos, es más estable que el intermareal. Además, también encontramos que la diversidad estaría influenciada por el tamaño medio de los granos del sedimento (aunque los valores de significancia fueron marginales). Esto se debió a que la diversidad tiende a aumentar a medida que disminuye el tamaño de grano. Sevastou *et al.* (2011) también encontraron este patrón en la distribución de copépodos con respecto a la granulometría y lo atribuyeron a que, en general, las especies intersticiales prefieren arenas gruesas, mientras que las formas endo- y epibentónicas prefieren los sedimentos más finos, por lo que concluyeron que el aumento de la diversidad de harpacticoides con la disminución del tamaño de grano está relacionado con una menor cantidad de formas intersticiales y un mayor número de especies epibentónicas y excavadoras. En nuestro caso, en el intermareal hay picos de abundancia (ver discusión más adelante) de dos especies (*Emertonia sp.* y *Sextonis sp.*), que son las que dominan ese ambiente, mientras que en el sublitoral la dominancia de esas especies, que son intersticiales, disminuye, lo que podría estar provocando el aumento de la diversidad.

A pesar de que la diversidad fue mayor en el sublitoral, el intermareal tenía significativamente mayor abundancia, y esto se debió a las abundancias significativamente mayores del intermareal medio respecto a los otros niveles. Debido a que el intermareal bajo es el que tiene una menor exposición a la desecación, y por lo tanto menores valores de temperatura y menor variabilidad en la salinidad (Giere, 2009), esperábamos encontrar los mayores niveles de abundancia en esta zona. Sin embargo, nuestros resultados son consistentes con los hallados por Rodríguez *et al.* (2001), quienes trabajaron con diversos grupos de la meiofauna en playas disipativas de Chile y encontraron que las abundancias más altas se encuentran en la zona media del intermareal, aunque también encontraron valores altos en la parte alta de la playa. Una posible explicación para este patrón es que en la zona media del intermareal hay un gran movimiento de agua (al bajar la marea), pero se retiene algo de

humedad capilar, lo que hace que los copépodos meiobentónicos, en especial harpacticóideos, encuentren una zona adecuada para desarrollarse (McLachlan & Brown, 2006).

El análisis por especies nos permite concluir que los patrones observados en la comunidad de copépodos responden en gran medida al comportamiento de las dos especies más abundantes, que constituyen el 99% de la abundancia total registrada: *Emertonia sp.* y *Sextonis sp.* Ambas especies se encuentran tanto en sublitoral como en el intermareal, pero su abundancia es significativamente mayor en el intermareal. Esto es consistente con los resultados de De Troch *et al.* (2003) para ejemplares de la familia Paramesochridae, a la que pertenece *Emertonia sp.*, ya que ellos encontraron que estos ejemplares tenían una clara preferencia por el intermareal. En el caso de este trabajo de tesis, *Emertonia sp.* se encuentra principalmente en el intermareal medio, y su dominancia coincide con el pico de abundancia encontrado en este nivel. Por otro lado, *Sextonis sp.* se encuentra principalmente en el intermareal alto. Una explicación a estos patrones podría ser la competencia entre las especies, pero nuestros resultados no se condicen con esto porque no hay exclusión de nicho, ya que ambas especies se encuentran en las mismas muestras, pero *Emertonia sp.* domina en los niveles intermedios, mientras que *Sextonis sp.* domina en los niveles altos de la playa. Otra posible explicación podría ser la tolerancia que tienen estas especies a factores como el tiempo de exposición. En este sentido se podría hipotetizar que *Sextonis sp.* soporta mejor los grandes períodos que hay entre una marea alta y la siguiente. Debido a que estas especies son las que están estructurando la comunidad de copépodos meiobentónicos en la playa de Monte Hermoso, estudios a campo y experimentos de laboratorio que evalúen las tolerancias de estas especies a diferentes factores abióticos (por ejemplo, salinidad, temperatura, etc.) podrían arrojar luz sobre los patrones encontrados en este estudio.

Por otro lado, el contenido de materia orgánica suele ser uno de los factores que influyen en la distribución horizontal de los copépodos meiobentónicos en las playas de arena (McLachlan & Brown, 2006). Sin embargo, nuestros resultados no muestran una estructuración de la comunidad en respuesta al total de materia orgánica en el sedimento. Quizás un estudio detallado de la materia orgánica, en donde se evalúe el contenido de carbono orgánico total, nitrógeno, hidrógeno y azufre, puede clarificar los patrones encontrados.

El meiobentos, y en particular los copépodos meiobentónicos, constituyen un grupo que ha sido ignorado en la gran mayoría de estudios ecológicos realizados en la costa Argentina. Aunque este trabajo es preliminar, aporta información base sobre las especies presentes en la zona y sus patrones de distribución. Futuros estudios podrían evaluar la influencia de otros factores que no fueron tenidos en cuenta en este trabajo, y que podrían ser de gran importancia, como la disponibilidad de oxígeno en el agua intersticial y tipo de materia orgánica disponible.

5. Bibliografía

- Armonies W. & Reise K. (2000) Faunal diversity across a sandy shore. *Marine Ecology*, 196: 49-57. DOI: 10.3354/meps196049
- Baia E. & Venekey V. (2019) Distribution patterns of meiofauna on a tropical macrotidal sandy beach, with special focus on nematodes (Caixa d'Água, Amazon Coast, Brazil). *Brazilian Journal of Oceanography*, v67: e19230. DOI: 10.1590/S1679-87592019023006701
- Bremec C.S. (1986) Asociaciones del macrobentos infralitoral de Monte Hermoso (39°00'S-61°17'W, República Argentina). *Spheniscus*, 2: 1-18.
- Brooks M.E., Kristensen K., van Benthem K.J., Magnusson A., Berg C.W., Nielsen A. & Bolker B.M. (2017) glmmTMB: Generalized linear mixed models using 'TMB'. R package version 1.1.9. DOI: 10.32614/RJ-2017-066
- Bulnes V.N., Menechella A.G., Rucci K.A. & Sciberras M. (2021) The intertidal meiobenthos of the Bahía Blanca Estuary. En: *The Bahía Blanca Estuary* (S.M. Fiori & P.D. Pratolongo Eds.), Springer: 153-175.
- Byers S.C., Mills E.L. & Stewart P.L. (1978) A comparison of methods of determining organic carbon in marine sediments, with suggestions for a standard method. *Hydrobiologia*, 58 (1): 43-47.
- Caló J.E., Fernández E.M. & Aldacour H.E. (1995) Caracterización ambiental de la playa de Pehuen-Có en base a procesos oceanográficos y atmosféricos. Su importancia en el manejo costero. *Jornadas de Geología y Medio Ambiente*, Río Cuarto, Resúmenes, 223-236.
- Carcedo M.C., Fiori S.M., Scotti M., Ito M., Dutto M.S. & Carbone M.E. (2019) Dominant bivalve in an exposed sandy beach regulates community structure through spatial competition. *Estuaries and Coasts*, 42: 1912-1923. DOI: 10.1007/s12237-019-00622-1
- Coull B.C. (1999) Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. *Australian Journal of Ecology*, 24: 327-343.
- De Troch M., Fiers F. & Vincx M. (2003) Niche segregation and habitat specialisation of harpacticoid copepods in a tropical seagrass bed. *Marine Biology*, 142(2): 345-355. DOI: 10.1007/s00227-002-0958-7
- Fernández-Severini M.D., Menéndez M.C., Buzzi N.S., Delgado A.L., Piccolo M.C. & Marcovecchio J.E. (2019) Metals in the particulate matter from surf zone waters of a Southwestern Atlantic sandy beach (Monte Hermoso, Argentina). *Regional Studies in Marine Science*, 29: 100646. DOI: 10.1016/j.rsma.2019.100646
- Fiori S.M., Cazorla A.L., Martínez A., Carcedo M.C., Blasina G., Molina J.M., Garzón Cardona J., Moyano J. & Menéndez M.C. (2022) Life in the surf-zone: Variations of faunal assemblage structure

in temperate sandy beaches of the Southwestern Atlantic coast. *Continental Shelf Research*, 244: 104781. DOI: 10.1016/j.csr.2022.104781

Folk R.L. & Ward W.C. (1957) Brazos River bar: a study in the significance of grain-size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27(1): 3-26.

Fox J. & Weisberg S. (2019) *An R Companion to Applied Regression*. Sage: pp. 571.

Gheskiere T., Hoste E., Vanaverbeke J., Vincx M. & Degraer S. (2004) Horizontal zonation patterns and feeding structure of marine nematode assemblages on a macrotidal, ultra-dissipative sandy beach (De Panne, Belgium). *Journal of Sea Research*, 52 (3): 211-226. DOI: 10.1016/j.seares.2004.02.001

Giere O. (2009) *Meiobenthology: The microscopic motile fauna of aquatic sediments*. Springer: pp. 538.

Gingold R., Mundo-Ocampo M., Holovachov O. & Rocha-Olivares A. (2010) The role of habitat heterogeneity in structuring the community of intertidal free-living marine nematodes. *Marine Biology*, 157 (8): 1741-1753. DOI: 10.1007/s00227-010-1447-z

Hartig F. (2020) DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (multi-Level / Mixed) Regression Models. <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>. Acceso: julio de 2024.

Higgins R.P. & Thiel H. (1988) *Introduction to the study of meiofauna*. Smithsonian Institution Press: pp. 488.

Huys R., Gee J.M., Moore C.G. & Hamond R. (1996) Marine and brackish water harpacticoid copepods. Part 1. En: *Synopses of the British Fauna* (Barnes R.S.K. & Crothers J.H. eds). The Linnean Society of London: pp. 1-352.

Iwasaki N. (1999) Horizontal zonation of meiobenthic copepods in the Pauatahanui Inlet, New Zealand. *New Zealand Natural Sciences*, 24: 89-99.

Jaume D., Conradi M. & López-González P.J. (2004) Copépodos. En: *Curso práctico de entomología*. *Asociación Española de Entomología*, pp. 303-331.

McLachlan A. & Brown A.C. (2006) *The ecology of sandy shores*. Academic Press, Elsevier: pp. 357

Olafsson E. (1991) The ecology of marine meiofauna. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 29: 443-483.

R Core Team (2024) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>. Acceso: julio de 2024.

Ramírez F.C. (1971) *Paralteutha minuta*, una nueva especie de copépodos (Harpacticoida, Peltididae) hallado en aguas costeras de Mar del Plata, Argentina. *Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie)*, 11 (99): 115-119

Rodil I.F., Lastra M. & Sánchez-Mata A.G. (2006) Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in intermediate sandy beaches in temperate latitudes: North coast of Spain. *Marine Ecology Progress Series*, 312: 123-145. DOI: 10.1016/j.ecss.2005.11.018

Rodriguez J.G., Lopez J., Jaramillo E. (2001) Community structure of the intertidal meiofauna along a gradient of morphodynamic sandy beach types in southern Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 74: 885-897.

Sciberras M., Bulnes V.N. & Cazzaniga N.J. (2014) A new species of *Quinquelaophonte* (Copepoda: Harpacticoida) from Argentina. *Zoologia (Curitiba)*, 31 (5): 496-502. DOI: 10.1590/S1984-46702014000500010

Sciberras M., Huys R., Bulnes V.N. & Cazzaniga N.J. (2018) A new species of *Halectinosoma verwoort*, 1962 (Copepoda: Harpacticoida) from Argentina, including a key to species with unusual leg armature patterns, notes on wrongly assigned taxa and an updated key to ectinosomatid genera. *Marine Biodiversity*, 48: 407-422. DOI: 10.1007/s12526-017-0806-0

Sciberras M., Cazzaniga N.J. & Huys R. (2021) Description of a new species of *Nannopus brady*, 1880 (Copepoda: Harpacticoida: Nannopodidae) from Argentinean waters, including an updated key to species. *Zootaxa*, 32: 516-525. DOI: 10.25260/EA.22.32.2.0.1840

Servicio de Hidrografía Naval (2024) Tablas de marea. <https://www.hidro.gov.ar/>. Acceso: julio de 2024.

Sevastou K., Lampadariou N. & Eleftheriou A. (2011) Meiobenthic diversity in space and time: The case of harpacticoid copepods in two Mediterranean microtidal sandy beaches. *Journal of Sea Research*, 66 (3): 205–214. DOI: 10.1016/j.seares.2011.06.004

Warwick R.M. (1986) A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthos. *Marine Pollution Bulletin*, 17 (12): 438–442.

Zuur A., Ieno E.N., Walker N., Saveliev A.A., Smith G.M. (2009) Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer: pp. 574.