

## RESUMEN

Este trabajo aborda el estudio de la distribución vertical del mesozooplancton en la zona interna del estuario de Bahía Blanca en relación a la influencia de la marea, el viento predominante en la región y las condiciones abióticas. Entre diciembre de 2004 y abril de 2006, se colectaron bimestralmente muestras de mesozooplancton durante un ciclo de marea. Paralelamente, se obtuvieron perfiles verticales de temperatura y salinidad y muestras de agua para determinar la concentración de clorofila-a, feopigmentos, materia orgánica particulada y material particulado en suspensión. Los parámetros meteorológicos (temperatura del aire, precipitaciones, velocidad y dirección del viento) y la marea se obtuvieron en forma continua. La composición del mesozooplancton observada no difirió sustancialmente de observaciones previas para la zona de estudio. El número de taxa resultó bajo en invierno y aumentó durante la primavera-verano, observándose un mayor número de los mismos en las muestras de fondo. La comunidad mesozooplanctónica resultó dominada por los copépodos *Acartia tonsa* y *Eurytemora americana*, los cuales dirigieron la tendencia de la fluctuación anual del mesozooplancton total. *A. tonsa* estuvo presente en todas las fechas y dominó en cada una de ellas a excepción del mes de agosto, en donde *E. americana* resultó la especie más importante. En días caracterizados por condiciones de calma o vientos leves, la marea resultó ser la principal fuerza estructurante de la comunidad mesozooplanctónica. En cambio, en días en donde la velocidad media del viento superó los  $35 \text{ km h}^{-1}$ , este último fue quien ejerció la principal influencia en la distribución del mesozooplancton a lo largo del ciclo de marea. En días calmos, el mesozooplancton mostró abundancias similares entre profundidades a lo largo de casi todo el ciclo. La excepción se observó durante marea bajante, en donde en todos los casos, se detectó un notorio incremento de la misma sólo en superficie o en ambas profundidades. En días ventosos en los que

predominaron los vientos del NW-NNW, las curvas de ambas profundidades no mostraron diferencias notorias, lo cual indicó que la columna resultó en su mayoría homogénea a lo largo de todo el ciclo de marea. La abundancia no aumentó durante el reflujó, lo cual podría explicarse considerando que los vientos registrados durante el flujo y pleamar habrían frenado la entrada de la marea impidiendo que los organismos que son acumulados en la cabecera del estuario durante el flujo, sean observados posteriormente durante el reflujó en la zona de estudio. Cuando predominaron vientos con dirección SE, las abundancias difirieron sustancialmente entre profundidades, detectándose mayores concentraciones cerca del fondo durante la mayor parte del ciclo. Esto último estaría relacionado con el hecho de que estos vientos, podrían haber ocasionado que los organismos quedaran retenidos en zonas más internas del estuario. El presente trabajo de investigación constituye una contribución al conocimiento de la interacción físico-biológica en la zona interna del estuario, analizándose por primera vez las variaciones en la distribución de la abundancia del mesozooplancton a lo largo de los ciclos de marea en el mismo sitio en forma continua, en diferentes épocas del año y bajo diferentes condiciones meteorológicas. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia de las mareas y el viento en la distribución de la biota planctónica en Puerto Cuatros.

**ABSTRACT**

The present work focuses on the study of the vertical distribution of mesozooplankton community in the inner zone of Bahía Blanca Estuary in relation to the influence of tide, prevailing winds in the region and the abiotic conditions. Zooplankton sampling was conducted bimonthly from December 2004 to April 2006, during 14-h tidal cycles. Simultaneously, vertical profiles of temperature and salinity, and hydrological measurements (chlorophyll-a, phaeopigments, particulate organic matter and suspended particulate matter) were obtained. Meteorological parameters (air temperature, precipitation, wind speed and direction) and tide were measured in a continuous way. The observed mesozooplankton composition did not differ substantially from previous observations for the study area. The number of taxa was low in winter and increased during spring-summer and it was in general greater near the bottom than at the surface. The zooplankton community was largely dominated by the calanoids copepods *Acartia tonsa* and *Eurytemora americana* and due to the numerical importance, these species directed the tendency of the total mesozooplankton abundance. *A. tonsa* was present and dominated in all dates except in August, when *E. americana* was the most important taxa. On calm or light winds dates, the tide was the main force structuring the mesozooplankton community. In turn, on days where the average wind speed exceeded  $35 \text{ km h}^{-1}$ , it was the greatest influence on the distribution of mesozooplankton throughout the tidal cycle. On calm days, the mesozooplankton showed similar abundances between depths along the tidal cycle. The exception was observed during ebb, which in all cases, there was a marked increase of the abundance at surface or at both depths. In days with strong winds from the NW-NNW direction, the abundance of both depths did not show significant differences, which indicated that the water column was homogeneous throughout the tidal cycle. The abundance did not increase during ebb tide,

which might be explained considering that NW-NNW winds (during the flood and high tide) would restrain the tide and prevent the organisms, that accumulate at the head of the estuary during flow, from being subsequently observed during ebb in the study area. In days with strong winds from SE direction, the abundances differed between depths, showing highest values near the bottom during the tidal cycle. This may be related to the fact that SE winds could have caused organisms to be retained in the innermost part of the estuary. This study contributed to the knowledge of the physical-biological interactions in the inner zone of the Bahía Blanca Estuary and analyzed for the first time the mesozooplankton distribution during the tidal cycle, in different seasons and under different weather conditions. The results highlight the importance of tides and winds on the distribution of the planktonic biota in Puerto Cuatros.

espacial del mesozooplankton resulta evidente a partir de velocidades medias mayores a los  $35 \text{ km h}^{-1}$  soplando durante un período considerable de tiempo. Se demuestra a su vez que la presencia de vientos fuertes afecta sin duda la organización espacial de los organismos del mesozooplankton, presentando un patrón de distribución diferente a los observados en condiciones de calma o con vientos leves. Si bien el presente trabajo se abocó al estudio de la marea, los resultados demuestran que el viento es un factor muy importante a tener en cuenta en estudios de distribución y abundancia de zooplankton en la zona interna del estuario de Bahía Blanca. Por otro lado, se brinda evidencia respecto a que paralelamente a la intensidad del viento, la dirección predominante (en este caso vientos del NW y SE) también produce notorios efectos en la distribución de los organismos en la columna de agua.

En coincidencia con nuestros resultados, Villate (1994) observó que en presencia de vientos moderados a fuertes, la turbulencia inducida por el mismo parece gobernar la organización espacial de las poblaciones de zooplankton en el Puerto Deportivo El Abra-Getxo (estuario de Bilbao) superando a la acción de la marea. En las oportunidades en que se registraron altas velocidades de viento, la distribución de los organismos a lo largo del ciclo de marea mostró un patrón diferente al observado en días caracterizados por condiciones de calma, situación que también se evidenció en la segregación horizontal de los organismos. Según este autor, los vientos ocasionaron básicamente diferencias en la segregación espacial de los organismos en la columna de agua, mostrando una mayor mezcla de los mismos. Esto no coincide exactamente con lo hallado en este trabajo, en donde si bien en agosto de 2005 y febrero de 2006 se observó una mayor homogeneidad en la columna de agua durante todo el ciclo de marea, en diciembre de 2004, la acción del viento produjo el efecto contrario (las abundancias fueron en general mayores en superficie). A su vez, este autor no hace ninguna mención a diferencias en la abundancia relacionadas con la dirección predominante del viento. En el estuario de Solís Grande (Uruguay), Gómez-Erache *et al.*

(2000) también observaron variaciones en la abundancia del zooplancton debidas a la hidrodinámica forzada por el viento. Estos autores señalaron que la combinación de las variaciones en temperatura y salinidad con las corrientes generadas a partir de los fuertes vientos podrían potencialmente proveer de mecanismos de transporte a los organismos. Sin embargo, los vientos también provocaron un incremento en la diversidad de especies, situación que no se evidenció a través de estos resultados.

Los fenómenos de turbulencia parecen tener efectos sobre procesos tales como tasas metabólicas, tasas de encuentro predador-presa, pastoreo, producción de huevos, natación y dinámicas poblacionales (Saiz y Alcaraz, 1992; Kiorboe y Saiz, 1995; Kiorboe, 1997). Investigaciones recientes sugieren que las habilidades de natación de los organismos del zooplancton les permiten hacer frente y sobreponerse a las fluctuaciones turbulentas (Schmitt y Seuront, 2001). Sin embargo, numerosos trabajos demuestran que el comportamiento natatorio del zooplancton está altamente estructurado (Seuront *et al.*, 2004). La turbulencia en sí misma puede estimular reacciones de escape energéticamente costosas en copépodos calanoideos, puede incrementar las tasas de encuentro y puede incrementar los riesgos de captura. Gilbert y Buskey (2005) observaron que la turbulencia decrece la distancia a la cual especies como *A. tonsa* inicia reacciones de escape e incrementa la tasa de captura de la misma, indicando un decremento en la sensibilidad a señales hidrodinámicas. Debido a que la turbulencia es sumamente ubicua y altamente variable, un mejor entendimiento de las respuestas del zooplancton a los cambios en turbulencia es necesaria para predecir e interpretar las distribuciones y sus consecuencias biológicas sobre el ecosistema. En consecuencia, estudios más detallados al respecto en este estuario serían de suma utilidad para terminar de comprender la dinámica del ecosistema y las interrelaciones entre los organismos y el ambiente que lo conforman.

Los resultados obtenidos a partir de este estudio en la zona interna del estuario de Bahía Blanca, evidencian la marcada complejidad de este sistema costero concerniente a la distribución del mesozooplankton durante el ciclo de marea. La marea representó la principal fuente de influencia en este ambiente, afectando directamente el patrón de distribución espacial del mesozooplankton en condiciones de calma y/o vientos leves. A su vez, en condiciones de vientos fuertes y de determinadas direcciones, se genera la deformación de la onda de marea lo cual origina importantes cambios en la estructura espacial de los organismos.

### ***Meroplancton***

Durante este estudio, no se observó un patrón de variación de la abundancia a lo largo del ciclo de marea para las larvas de Cirripedia y las de poliquetos Spionidae (lo cual a su vez, fue corroborado a través de la prueba de ANOVA). Asimismo, tampoco se observaron diferencias notorias entre profundidades. Sin embargo, se pudo observar que en los dos casos las abundancias resultaron levemente mayores en las muestras de superficie. Para las larvas de Cirripedia en las muestras de fondo, podría interpretarse un cierto patrón cíclico con algunos mínimos en pleamar. El máximo de diciembre de 2004 estaría absolutamente ligado a los fuertes vientos registrados en esa oportunidad.

Como se mencionó previamente, las larvas de Varunidae resultaron uno de los taxa más importantes dentro de la fracción meroplanktónica a lo largo del período de estudio. Si bien en las muestras de fondo se observó un patrón heterogéneo durante el ciclo de marea, la abundancia en superficie mostró un cierto patrón cíclico con mínimos en pleamar y bajamar y un máximo en marea bajante. Este patrón pareció modificarse con los vientos registrados en diciembre de 2004, manteniéndose valores cercanos al máximo. Al no haber podido distinguir entre especies, resulta muy difícil extraer conclusiones respecto al grupo general,

ya que se conoce que estas larvas experimentan estrategias diferenciadas dentro de cada especie ya sea para permanecer dentro de los estuarios o para dispersarse hacia aguas más externas u oceánicas. La distancia a la que las larvas pelágicas pueden desplazarse de sus poblaciones en el estuario y a la inversa, la oportunidad que tienen de retenerse dentro, dependerá de la interacción de una serie de factores, como la magnitud de la marea (transporte neto), distribución de las larvas respecto a la profundidad, tolerancia y retención a cambios de las condiciones ambientales (salinidad, temperatura, oxígeno) y la duración de la vida planctónica. La permanencia en aguas estuarinas podría presentar una ventaja considerando la alta disponibilidad de alimento. Sin embargo, esto último se contrarresta con los altos niveles de contaminación y las altas tasas de predación dentro de los mismos. La manera en que las larvas de Decapoda permanecen en los estuarios o alcanzan aguas más externas está relacionada con la regulación de su profundidad en la columna de agua (Días de Almeida Fernández *et al.*, 2002). En general, la permanencia cerca de la superficie durante el refluo puede resultar en una rápida dispersión hacia zonas más externas o aguas oceánicas. De la misma manera, la permanencia en aguas cerca del fondo, puede resultar en una baja dispersión de las mismas. Sin embargo, estas observaciones no pudieron ser comprobadas a través de este trabajo.

### ***Plancton adventicio***

Durante este estudio, se observó que tanto el estado de marea como la profundidad resultante influenciaron significativamente la abundancia del plancton adventicio en la zona interna del estuario de Bahía Blanca. Esta influencia también resultó significativa para los copépodos harpacticoides y para el anfípodo *Corophium* sp., principales representantes de esta fracción. Los harpacticoides presentaron las mayores abundancias durante el flujo y el refluo, momentos en que se detectan las mayores velocidades de corrientes. Asimismo,

durante el reflujo las abundancias resultaron aún mayores que durante el flujo, coincidiendo con las máximas velocidades registradas a lo largo del ciclo de marea para el estuario de Bahía Blanca. Estos resultados podrían relacionarse con un fenómeno de resuspensión de los organismos en la columna de agua producto del incremento de las velocidades de corriente durante el flujo y el reflujo. Por otro lado, si bien esta tendencia se observó en ambas profundidades, las abundancias en el fondo resultaron siempre superiores a las de superficie. El proceso de resuspensión en la columna de agua a través de los ciclos de marea producto de las velocidades de corrientes también ha sido también reportada para otros estuarios (Bell y Sherman, 1980; Palmer y Brandt, 1981; Palmer y Gust, 1985). En un estuario en Carolina del Sur, Palmer y Brandt (1981) hallaron que los organismos bentónicos presentaban las menores abundancias en los sedimentos en aquellos momentos en que se producían las máximas velocidades de corrientes. Los organismos se resuspendían en la columna de agua producto de estas velocidades, las cuales coincidían con un aumento en la velocidad de fricción sobre el fondo (Palmer y Gust, 1985). El fenómeno de resuspensión en la columna de agua podría tener implicancias en el incremento del valor nutritivo del material resuspendido al mismo tiempo que puede influir notablemente sobre las características del sedimento y la supervivencia de los organismos (Rhoads y Young, 1970; Roman y Tenore, 1978). La resuspensión por efecto de la marea podría ser un mecanismo efectivo para la dispersión selectiva de la meiofauna marina (Bell y Sherman, 1980). Se ha observado que algunos harpacticoideos migran a la columna de agua para ser transportados dentro de los estuarios (Warwick y Gee, 1984) mientras que otras especies cavan profundo en el sedimento en respuesta al incremento en el flujo, para evitar la suspensión en la columna de agua (Foy y Tistle, 1991). Fleeger *et al.* (1984) hallaron que en un estuario de Louisiana (EEUU) ciertas especies de copépodos presentaban las mayores abundancias en los sedimentos en bajamar y las menores durante el reflujo (coincidente con las mayores velocidades de corrientes),

sugiriendo un patrón de erosión pasiva. En nuestro caso, se observa que la erosión pasiva podría generar una importante resuspensión del plancton adventicio, aunque los factores relacionados al comportamiento específico de los organismos deben ser también de suma importancia y no se ha tenido en cuenta en este caso. Estudios más detallados serían de gran utilidad para evaluar la total significancia de la resuspensión originada por la marea de la meiofauna en nuestra área de estudio.

Con respecto a *Corophium* sp., su presencia en superficie resultó casi nula en todos los estados de marea salvo durante bajamar, donde se observaron abundancias de hasta 50 ind. m<sup>-3</sup> las cuales podrían ser consecuencia de la escasa profundidad de la columna de agua durante este estado. En las muestras de fondo, en cambio, su presencia fue mucho más notoria durante todo el ciclo de marea y a su vez, mostró un patrón más heterogéneo. Si bien en la mayoría de las oportunidades las abundancias también resultaron elevadas durante bajamar, en otras fechas se observaron máximas abundancias en pleamar o marea creciente. La ocurrencia de formas del bentos en la columna de agua en relación a los ciclos de marea difiere entre los distintos taxa y esto también podría estar relacionado con el movimiento de natación activo que posean los organismos (Villate, 1997). La emergencia activa en la columna de agua es un fenómeno común de las formas móviles de la meiofauna como los anfípodos (Walters y Bell, 1986; Armonies, 1988a, b; Palmer, 1988). La presencia de *Corophium* sp. en la columna de agua a lo largo de este estudio estaría mayormente ligada a este fenómeno. De hecho, Morgan (1965) demostró para *Corophium volutator*, la presencia de una natación activa endógena regulada por la marea en tanto Hough y Naylor (1992) demostraron que la migración activa de *Gammarus zaddachi* está controlada por ritmos de natación endógenos.

## 7. CONCLUSIONES GENERALES

En el presente trabajo de investigación se hace referencia por un lado, a la composición general hallada a lo largo del período de estudio. Se describe también la distribución espacial (vertical) y temporal (estacional) de la abundancia del mesozooplankton total, de las fracciones dentro del mismo y de los taxa más importantes. Por otro lado, se describe la composición taxonómica y la variación del número de taxa a lo largo de los ciclos de marea y se estudia el patrón de distribución tanto espacial (superficie y fondo) como temporal a una escala de tiempo pequeña (ciclo de marea) de la abundancia del mesozooplankton total, de las fracciones correspondientes al mismo y de los taxa más importantes dentro de cada una de ellas. Esa variación de la abundancia a lo largo de los ciclos de marea se relaciona con la influencia de la marea, el viento predominante en la región y las condiciones abióticas de la masa de agua.

La dinámica de la marea ejerció un importante control sobre la *temperatura del agua* en la zona de estudio. En general, la entrada de la masa de agua durante pleamar disminuyó la temperatura y a medida que se retiró, se observó un incremento de la misma hasta un máximo durante el refluo o bajamar consecuencia del calentamiento radiativo diurno. En diciembre de 2004 y abril de 2005, esta variable siguió la trayectoria de la marea, observándose un aumento de la misma durante pleamar y una disminución durante bajamar.

La *salinidad* mostró un patrón de distribución variable durante el período de estudio relacionado básicamente con el régimen de precipitaciones, los aportes de agua dulce al sistema y la temperatura del aire. La marea adquirió un rol muy importante en su dinámica. En creciente y pleamar los valores fueron similares a los de la plataforma interior mientras que en bajante y bajamar se observó una disminución de los mismos por la influencia del

agua dulce proveniente de río Sauce Chico. En diciembre de 2005 y febrero de 2006 en tanto, las mayores salinidades se registraron durante bajamar y a medida que la marea subió, la salinidad bajó hasta alcanzar los mínimos valores durante pleamar. Este fenómeno fue consecuencia de la escasez de lluvias y de los procesos de evaporación generados sobre las planicies de marea adyacentes. La distribución verticalmente homogénea de la salinidad resultó siempre evidente durante el flujo y reflujo, momentos en donde se registran las máximas velocidades de corrientes. Sin embargo, a medida que las velocidades disminuyen puede originarse un pequeño gradiente vertical.

La concentración de *clorofila-a* mostró una clara variación a lo largo del ciclo de la marea, con las mayores concentraciones durante el reflujo. Por lo tanto, se sugirió que el principal mecanismo involucrado en la variabilidad espacial de esta variable, consistió en la redistribución de la biomasa fitoplanctónica a través de las corrientes de marea.

La distribución de los *feopigmentos* mostró una tendencia más variable a lo largo del ciclo de marea. Las concentraciones más altas se hallaron en general durante el flujo y/o el reflujo, lo cual evidenció el rol preponderante de las corrientes de marea en su distribución.

La concentración de *MOP* presentó grandes variaciones y no evidenció un patrón estacional definido. Si bien la distribución de esta variable mostró una estrecha relación con el aporte *in situ* de materia orgánica por parte del fitoplancton, otras características de la zona de estudio como la presencia de planicies vegetadas, la descarga del Sauce Chico o aportes antrópicos producto del vertido de efluentes que desaguan en el sistema pueden haber afectado su concentración. Las mayores concentraciones de *MOP* observadas durante situaciones correspondientes al flujo y/o reflujo se asociaron al rol de las corrientes de marea en su distribución y resuspensión producto de las velocidades de corriente.

La distribución estacional del *MPS* siguió un patrón definido con valores mínimos en invierno y máximos en verano. La disponibilidad del *MPS* en la zona de estudio mostró estar

ampliamente relacionada con el régimen de precipitaciones y con la temperatura del agua. Paralelamente, el viento también influyó en su distribución. La mayor concentración de MPS observada durante marea bajante se encontró en estrecha asociación con el hecho de que en este estuario las corrientes de reflujo son de mayor intensidad que las corrientes de flujo, lo cual tendería a arrastrar y resuspender el sedimento ocasionado mayores concentraciones durante este estado.

Se observaron diferencias importantes en la altura de la *marea* entre los valores pronosticados y los registros reales. Estos aumentos y descensos mostraron una fuerte relación con las velocidades de *vientos* observadas en cada fecha de muestreo. Con vientos de dirección SE se observó un aumento en la altura de la marea mientras que los vientos del NW-NNW provocaron un descenso en el nivel medio de la misma.

El *número total de taxa* hallado resultó bajo durante la época invernal y aumentó durante los meses de primavera-verano. Paralelamente, se detectaron diferencias significativas en el mismo entre las muestras de superficie y las de fondo, mostrando estas últimas un mayor número de los mismos. En este estudio se evidenció un aumento en la distribución geográfica de *L. fluviatilis* y de *C. carinatus* (taxa característicos de la zona externa) y un incremento de *P. parvus* en la zona interior del estuario.

*A. tonsa* y *E. americana* resultaron los taxa más importantes numéricamente dentro del holoplancton y dentro de la abundancia del mesozooplancton total. La primera de ellas estuvo presente en todas las fechas y dominó ampliamente en cada una a excepción del mes de agosto, en donde *E. americana* resultó la especie más importante. Ambas especies dirigieron la tendencia de la fluctuación anual del mesozooplancton total. En ninguno de los dos casos (ni para *A. tonsa* ni para *E. americana*) se detectaron diferencias significativas de abundancia entre superficie y fondo.

Las larvas nauplius de *Cirriepdia*, las zoeas de *Grapsidae* y las nectochaetas de *Spionidae* resultaron los taxa más importantes numéricamente dentro de la fracción meroplanctónica. Si bien en los tres casos se detectó una clara variación estacional, no se observaron diferencias en la abundancia de las mismas entre superficie y fondo. La temperatura, salinidad y concentración de clorofila-a resultaron las principales variables en explicar las abundancias observadas para estos taxa.

Los *copéodos harpacticoideos* y el anfípodo *Corophium sp.* representaron los principales taxa dentro del plancton adventicio. En ambos casos se detectó una variación estacional de la abundancia, así como también, diferencias significativas entre las muestras de superficie y las de fondo. La clorofila-a y el MOP para los harpacticoideos y la temperatura y salinidad para *Corophium sp.* resultaron las variables más importantes para explicar las variaciones de abundancia observadas para cada taxón.

En función de las diferencias en abundancia halladas entre profundidades para los taxa más importantes dentro de las fracciones holo y meroplanctónicas, se concluye que la columna de agua demuestra ser básicamente homogénea en la zona de estudio.

El número total de taxa así como la abundancia los principales taxa del plancton adventicio evidenciaron notables diferencias entre superficie y fondo, lo cual demuestra la influencia del componente bentónico en la zona de estudio, caracterizada por bajas profundidades y mezcla turbulenta.

Los valores del índice de *dominancia* resultaron en general altos en la zona de estudio, lo cual está directamente relacionado con la dominancia absoluta de *A. tonsa* o *E. americana*. Estos valores están de acuerdo con el hecho de que sólo unas pocas especies dominan numéricamente a lo largo de cada ciclo anual ya que pocas especies resultan capaces de sobrevivir en un ambiente tan variable. Por último, a pesar de que en varias oportunidades

se registró un número de taxa elevado, la mayoría de ellos estuvieron poco representados en las muestras (baja *uniformidad*), lo cual explica la baja *diversidad* hallada.

La gran mayoría de los taxa presentaron similar frecuencia de aparición entre profundidades. Lo mismo ocurrió entre estados de marea, en donde no se observaron diferencias marcadas en cuanto a la aparición de los taxa en algún estado de marea determinado. Las diferencias entre profundidades y entre estados de marea estuvieron básicamente dadas por diferencias en la abundancia de los taxa.

En este estudio, tanto la *marea* como el *viento* evidenciaron ser la principal influencia en la distribución del *mesozooplancton total* y en la de *A. tonsa* ó *E. americana* (en virtud de su dominancia) a una escala de tiempo relativamente pequeña. En días caracterizados por condiciones de calma o con vientos leves, la *marea* resultó ser la principal fuerza estructurante de la comunidad mesozooplancónica. En cambio, en aquellos días en donde la velocidad media del viento superó los 35 km h<sup>-1</sup>, el *viento* fue quien ejerció la principal influencia en la distribución de los organismos del mesozooplancton a lo largo del ciclo de marea.

En los muestreos en días calmos, el mesozooplancton mostró abundancias similares a lo largo de casi todo el ciclo de marea (y también entre profundidades). La excepción se observó durante marea bajante, en donde en todos los casos, se detectó un notorio incremento de la misma ya sea sólo en las muestras de superficie o en ambas profundidades. Las diferencias en densidad observadas entre el flujo y el reflujó para *A. tonsa* pusieron en evidencia una dependencia entre las fluctuaciones de los patrones de abundancia con la circulación del agua. La distribución recurrente observada en los muestreos en días calmos podría asociarse con algún mecanismo de retención particular de esta especie dentro de la zona interna del estuario.

En días ventosos en los que predominaron los *vientos del NW-NNW* la columna resultó en su mayoría homogénea a lo largo de todo el ciclo de marea. La abundancia no aumentó durante el reflujó, lo cual podría explicarse considerando que los vientos registrados durante el flujo y pleamar habrían frenado la entrada de la marea impidiendo que los organismos que normalmente son acumulados en la cabecera del estuario durante el flujo, sean observados posteriormente durante el reflujó en la zona de estudio. Cuando predominaron los *vientos con dirección SE* se detectó un patrón diferente, en el cual las abundancias difirieron sustancialmente entre profundidades, detectándose mayores concentraciones cerca del fondo durante la mayor parte del ciclo. Esto último estaría relacionado con el hecho de que los vientos de dirección SE que soplaron durante toda la jornada de muestreo, podrían haber ocasionado que los organismos quedaran retenidos en zonas mas internas del estuario.

Durante este estudio, no se observó un patrón claro de variación a lo largo del ciclo de marea para las larvas de *Cirripedia*, las de *Grapsidae* y las de poliquetos *Spionidae*. Por otro lado, tampoco se detectaron diferencias significativas entre profundidades.

Los *copépodos harpacticoideos* presentaron las mayores abundancias durante el flujo y el reflujó y si bien esta tendencia se observó en ambas profundidades, las abundancias en el fondo resultaron superiores a las de superficie. Asimismo, durante el reflujó las abundancias resultaron aún mayores, coincidiendo con las máximas velocidades de corrientes. Esto último se relaciona con el fenómeno de resuspensión de los organismos en la columna de agua producto del incremento de las velocidades de corriente durante el flujo y el reflujó. La abundancia de *Corophium sp.* resultó casi nula en superficie en todos los estados de marea con excepción de bajamar lo cual podría ser consecuencia de la escasa profundidad de la columna de agua durante este estado. En las muestras de fondo, en cambio, su presencia fue mucho más notoria durante todo el ciclo de marea y a su vez, mostró un patrón más

heterogéneo. La ocurrencia de formas del bentos en la columna de agua en relación a los ciclos de marea se relacionó con el movimiento de natación activo que poseen los organismos.

La *diversidad* en superficie durante el ciclo de marea mostró una tendencia general de aumento durante pleamar y bajamar, incremento que coincidió con máximos valores de *uniformidad* y mínimos de *dominancia*. En las muestras de fondo se observó un patrón más heterogéneo y no se detectó una situación común a la mayoría de las fechas.

Las diferencias de abundancia observadas entre estados de marea (hasta 3000 ind. m<sup>-3</sup>) resultan una clara evidencia de que las mismas pueden llegar a superar las diferencias mensuales e incluso estacionales observadas en la zona interna del estuario. Así, la estrategia empleada permitió descubrir o develar fenómenos que no pueden ser percibidos a una escala de tiempo mayor. A partir de estos resultados se aconseja el diseño de muestreos considerando estas variaciones, lo cual resultaría de suma importancia para comprender la total dinámica de la comunidad mesozooplanctónica.

Con respecto a las hipótesis planteadas al comienzo de esta tesis, se comprobó que *el estado de marea es un factor determinante en la distribución de los organismos del mesozooplancton*. Sin embargo, en la zona de estudio el patrón de distribución del mesozooplancton no mostró *estar en función de la disminución o el aumento del volumen de la masa de agua inducido por el estado de la marea*. La circulación inducida por la marea evidenció ser el principal factor involucrado en determinar la variabilidad espacial del mesozooplancton a una escala de tiempo relativamente pequeña. Por último, se observó que *así como los vientos predominantes de la región generan variaciones importantes en los valores de altura de la marea astronómica pronosticada*, también demostraron poseer un *importante efecto sobre la distribución de los organismos a lo largo de los ciclos de marea*.

El presente trabajo de investigación constituye una contribución al conocimiento de la interacción físico-biológica en la zona interna del estuario de Bahía Blanca, mediante el estudio de la influencia de la marea y el viento en la dinámica del mesozooplancton en la columna de agua. Por primera vez en este estuario, se analizaron las variaciones en la distribución de la abundancia del mesozooplancton a lo largo de los ciclos de marea en el mismo sitio en forma continua, en diferentes épocas del año y bajo diferentes condiciones meteorológicas. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia de las mareas y el viento en la distribución de la biota planctónica en Puerto Cuatros.

## 8. REFERENCIAS

- Aliotta, S. y Perillo, G. M. E. 1987. A sand wave field in the entrance to Bahía Blanca estuary, Argentina. *Marine Geology*, 76: 1-14.
- Andrade, S. 2001. Metales pesados en el agua de la zona interna de Bahía Blanca y su toxicidad sobre algunas especies fitoplanctónicas. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina, 244 pp.
- Angeles, G. R.; Perillo, G. M. E y Piccolo, M. C. 2003. Características físicas y de circulación en un meandro de un canal de marea (estuario de Bahía Blanca, Argentina). *Geoacta*, 28: 61-71.
- APHA-AWWA-WEF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Clesceri, L. S.; Greenberg, A. E. y Eaton, A. D. (eds.), 20<sup>th</sup> Edition, American Public Health Association, Washington.
- Arango, J. M. 1985. Distribución de parámetros oceanográficos en el estuario de Bahía Blanca. Tesis de licenciatura, Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 60 pp.
- Armonies, W. 1988a. Active emergence of meiofauna from intertidal sediment. *Marine Ecology Progress Series*, 43: 151-159.

Armonies, W. 1988b. Physical factors influencing active emergence of meiofauna from boreal intertidal sediment. *Marine Ecology Progress Series*, 49: 297-286.

Baban, S. M. J. 1997. Environmental monitoring of estuaries, estimating and mapping various environmental indicators in Breydon water estuary, UK, using Landsat TM imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44: 589-598.

Bakker, C.; Phaff, W. J.; Ewijk-Rosier, M. V. y De Pauw, N. 1977. Copepod biomass in an estuarine and a stagnant brackish environment of the SW Netherlands. *Hydrobiologia*, [52 \(1\): 3-13](#).

Barría de Cao, M. S.; Beigt, D. y Piccolo, M. C. 2005. Temporal variability of diversity and biomass of tintinnids (Ciliophora) in a Southwestern Atlantic temperate estuary. *Journal of Plankton Research*, 27 (11): 1103-1111.

Barría de Cao, M. S.; Pettigrosso, R. E. y Popovich, C. 1997. Planktonic ciliates during a diatom bloom in Bahía Blanca estuary, Argentina. II. Tintinnids. *Oebalia*, 23: 21-31.

Beaugrand, G. 2005. Monitoring pelagic ecosystems from plankton indicators. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 333-338.

Beaugrand, G.; Reid, P. C.; Ibanez, F.; Lindley, J. A. y Edwards, M. 2002. Reorganization of North Atlantic marine copepod biodiversity and climate. *Science*, 296: 1692-1694.

Beigt, D. 2007. Balance energético de las planicies de marea del estuario de Bahía Blanca. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 211 pp.

Bell, S. S. y Sherman, K. M. 1980. A Field Investigation of Meiofaunal Dispersal: Tidal Resuspension and Implications. *Marine Ecology Progress Series*, 3: 245-249.

Berasategui, A. A.; Hoffmeyer, M. S.; Biancalana, F. y Fernández Severini, M. D. 2008. Egg production and hatching success of *Eurytemora americana*, an invader copepod in the Bahía Blanca estuary Argentina. En *Resúmenes ECSA 44, Science and Management of Estuaries and Coasts: A tale of two Hemispheres*, Bahía Blanca, Argentina.

Biancalana, F. 2003. Efecto del vertido de aguas cloacales sobre la composición, estructura y diversidad del meso-zooplankton en el estuario de Bahía Blanca. Tesina de Licenciatura, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 42 pp.

Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplankton del Atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplankton marino. Publicación especial del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Mar del Plata, Argentina, 937 pp.

Boltovskoy, D. (ed.). 1999. South Atlantic Zooplankton (Volumen 1 y 2). Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 1706 pp.

Bonnet, D. y Frid, C. L. J. 2004. Seven copepod species considered as indicators of water-mass influence and changes: results from a Northumberland coastal station. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 485-491.

Capelli de Steffens, A. M. y Campo de Ferreras, A. M. 2004. Climatología. En: Piccolo, M. C. y Hoffmeyer, M. S. (eds.), *Ecosistema del estuario de Bahía Blanca*. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), Bahía Blanca, Argentina, pp. 79-86.

Castel, J. y Veiga, J. 1990. Distribution and retention of the copepod *Eurytemora affinis hirundooides* in a turbid estuary. *Marine Biology*, 107 (1): 119-128.

Cervellini, P. M. 1986. Larvas y postlarvas de crustáceos Decápodos del estuario de Bahía Blanca. I. Aspectos Cualitativos. *Spheniscus*, 3:1-23.

Cervellini, P. M. 1988. Las larvas y postlarvas de los crustáceos Decapoda en el estuario de Bahía Blanca. Variaciones estacionales y su relación con los factores ambientales. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 246 pp.

Cervellini, P. M. 1992. Seasonal and spatial distribution of decapod Crustacea larvae in the Bahía Blanca estuary, Argentina. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 7: 35-46.

Cervellini, P. M. y Mallo, J. 1991. Distribución espacial de estadíos larvales de *Penaeidea* en Bahía Blanca, Argentina. *Biología Pesquera*, 20: 5-11.

Cloern, J. E. y Nichols, F. H. 1985. Time scales and mechanisms of estuarine variability, a synthesis from studies of San Francisco Bay. *Hydrobiologia*, 29: 229-237.

Cloern, J. E.; Powell, T. M. y Huzzey, L. M. 1989. Spatial and Temporal Variability in South San Francisco Bay (USA). II. Temporal Changes in Salinity, Suspended sediments, and

Phytoplankton Biomass and Productivity Over Tidal Time Scales. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 28 (6): 599-613.

Collins, M. R. y Williams, R. 1982. Zooplankton communities in the Bristol Channel and Severn Estuary. *Marine Ecology and Progress Series*, 9: 1-11.

Cronin, L. E.; Daiber, J. C. y Hulbert, M. 1962. Quantitative Seasonal Aspects of Zooplankton in the Delaware River Estuary. *Chesapeake Science*, 3 (2): 63-93.

Cuadrado, D.; Ginsberg, S. S.; Gómez, E. A. 2004. Geomorfología. En: Piccolo, M. C. y Hoffmeyer, M. S. (eds.), *Ecosistema del estuario de Bahía Blanca*. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), Bahía Blanca, Argentina, pp. 29-38.

Dauvin, J. C.; Thiébaud, E. y Wang, Z. 1998. Short-term changes in the mesozooplanktonic community in the Seine ROFI (region of Freshwater Influence) (eastern English Channel). *Journal of Plankton Research*, 20 (6): 1145-1167.

David, V.; Sautour, B.; Chardy, P. y Leconte, M. 2006. Long-term changes of the zooplankton variability in a turbid environment: The Gironde estuary (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64: 171-184.

De Aracama, J. D. 1987. Observaciones sobre la distribución vertical del plancton en la zona interna del estuario de Bahía Blanca. Seminario de Licenciatura, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina, 37 pp.

Del Blanco, L. 2007. El efecto de la marea sobre la distribución de nutrientes y materia orgánica particulada en planicies costeras. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina, 218 pp.

Días de Almeida Fernández, L.; Costa Bonecker, S. L. y Valentin, J. L. 2002. Dynamic of decapod crustacean larvae on the entrance of Guanabara Bay. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45: 492-498.

Diodato, S. L. y Hoffmeyer, M. S. 2008. Contribution of planktonic and detritic fractions to the natural diet of mesozooplankton in Bahía Blanca Estuary. *Hydrobiologia*, 614: 83-90.

Dittel, A. I. y Epifanio, C. E. 1982. Seasonal abundance and distribution of crab larvae in Delaware Bay. *Estuaries*, 5: 197-202.

Fleeger, J. W.; Chandler, G. T.; Fitzhugh, G. R. y Phihs, F. E. 1984. Effects of tidal currents on meiofauna densities in vegetated salt marsh sediments. *Marine Ecology Progress Series*, 19: 49-53.

Fleegy, S. R.; Mac Donald, B. A. y Jacobsen, T. R. 1992. Short-term Variation in the Quantity and Quality of Seston Available to Benthic Suspension Feeders. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 34: 393-421.

Fernández Severini, M. D. 2008. Distribución y toxicidad de algunos metales pesados en el zooplancton de la zona interior del estuario de Bahía Blanca. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina, 281 pp.

Ferrarello, C. 1988. Descripción morfológica de los estadios de desarrollo de *Arthromysis magellanica* (Crustacea: Mysidacea). Seminario de Licenciatura en Oceanografía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 44 pp.

Foy, M. S y Thistle, D. 1991. On the Vertical Distribution of a Benthic Harpacticoid Copepod: Field, Laboratory, and Flume Results. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 153: 153-163.

Freije, R. H. y Asteasuain, R. O. 1997. La clorofila-a en la zona interna del estuario de Bahía Blanca y su relación con la salinidad y temperatura del agua entre 1975 y 1977. En *Actas X Coloquio Argentino de Oceanografía*, Bahía Blanca, Argentina, 46 pp.

Freije, R. H.; Asteasuain, A. O.; Schmidt, A. S. y Zavatti, J. R. 1981. Relación de la salinidad y la temperatura del agua de mar con las condiciones hidrometeorológicas en la porción interna del estuario de Bahía Blanca. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), *Contribución científica N° 57*, 18 pp.

Freije, R. H y Marcovecchio, J. E. 2004. Oceanografía Química. En: Piccolo, M. C. y Hoffmeyer, M. S. (eds.), *Ecosistema del estuario de Bahía Blanca*. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), Bahía Blanca, Argentina, pp. 69-78.

Freije, R. H.; Zavatti, J. R.; Gayoso, A. M. y Asteasuain, R. O. 1980. Pigmentos, producción primaria y fitoplancton del estuario de Bahía Blanca. 1) Zona interior-Puerto Cuatros. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), *Contribución Científica N° 46*, 13 pp.

Friedrichs, C. T. y Aubrey, D. G. 1994. Tidal propagation in strongly convergent channels. *Journal of Geophysical Research*, 99: 3321-3336.

Gagiotti, O. E. 1985. Distribución y ciclo anual de *Sagitta friderici* (Chaetognatha) en la Bahía Blanca. Seminario de Licenciatura en Oceanografía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 33 pp.

Gagnon, M. y Lacroix, G. 1981. Zooplankton sample variability in a tidal estuary: An interpretative model. *Limnology and Oceanography*, 26: 401-413.

Gayoso, A. M. 1988. Variación estacional del fitoplancton en la zona más interna del estuario de Bahía Blanca (Argentina). *Gayana Botánica*, 45 (1-4): 241-248.

Gayoso, A. M. 1998. Long-term phytoplankton studies in the Bahía Blanca Estuary, Argentina. *ICES Journal of Marine Science*, 55: 655-660.

Gilbert, O. M. y Buskey, E. J. 2005. Turbulence decreases the hydrodynamic predator sensing ability of the calanoid copepod *Acartia tonsa*. *Journal of Plankton Research*, 27: 1067-1071.

[Gómez Erache](#), M.; [Norbis](#), W. y [Bastreri](#), D. 2000. Wind effect as forcing factor controlling distribution and diversity of copepods in a shallow temperate estuary (Solís Grande, Uruguay). *Scientia Marina*, 64 (1): 87-95.

Guerrero, M. A.; Izquierdo, M. y Canelo, S. 1976. Observaciones mensuales sobre algunos aspectos biológicos de la ría de Bahía Blanca entre Puerto Ingeniero White y Puerto Cuatrerros. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), *Contribución Científica N° 36*, pp. 1-7.

Hansson, S.; Larsson, U. y Johansson, S. 1990. Selective predation by herring and mysids, and zooplankton community structure in a Baltic Sea coastal area. *Journal of Plankton Research*, 12: 1059-1116.

Harris, G. P. 1980. Temporal and Spatial Scales in Phytoplankton Ecology. Mechanisms, Methods, Models and Management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37 (5): 877-900.

Harris, R. P.; Wiebe, P. H.; Lenz, J.; Skjoldal, H. R. y Huntley, M. (eds.). 2000. ICES Zooplankton Methodology Manual. Academic Press., London San Diego, 673 pp.

Heckman, C. W. 1986. The Anadromous Migration of a Calanoid Copepod, *Eurytemora affinis* (Poppe, 1880) in the Elbe Estuary. *Crustaceana*, 5 (2): 176-181.

Hill, A.E. 1991. Vertical migration in tidal currents. *Marine Ecology Progress Series*, 75: 39-54.

Hoffmeyer, M. S. 1983. Zooplankton del área interna de la Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina). I-Composición Faunística. *Historia Natural*, 3 (8): 73-94.

Hoffmeyer, M. S. 1986. Estudios relativos a la alimentación del copépodo planctónico *Acartia tonsa* Dana, 1849 en el estuario de Bahía Blanca. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina, 259 pp.

Hoffmeyer, M. S. 1994. Seasonal succession of Copepoda in the Bahía Blanca estuary. *Hydrobiologia*, 292/293: 303-308.

Hoffmeyer, M. S. 2004a. Mesozooplankton. En: Piccolo, M. C. y Hoffmeyer, M. S. (eds.), *Ecosistema del estuario de Bahía Blanca*. Instituto Argentino de Oceanografía, Bahía Blanca, Argentina, pp. 133-141.

Hoffmeyer, M. S. 2004b. Decadal change in zooplankton seasonal succession in the Bahía Blanca estuary, Argentina, following introduction of two zooplankton species. *Journal of Plankton Research*, 26 (2): 181-189.

Hoffmeyer, M. S.; Berasategui, A. A.; Beigt, D. y Piccolo, M. C. 2008b. Environmental regulation of the estuarine copepods *Acartia tonsa* and *Eurytemora americana* during coexistence period. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, Publicado on-line por Cambridge University Press, 30 de julio de 2008.

Hoffmeyer, M. S. y Cervellini, P. M. 2004. Macro-zooplankton del estuario y aguas costeras adyacentes. En: Piccolo, M. C. y Hoffmeyer, M. S. (eds.), *Ecosistema del estuario de Bahía Blanca*. Instituto Argentino de Oceanografía, Bahía Blanca, Argentina, pp. 143-151.

Hoffmeyer, M. S.; Pettigrosso, R. E.; Fulko, K.; Biancalana, F.; Fernández Severini, M. D.; Menéndez, M. C.; Berasategui, A. A. y Diodato, S. L. 2008a. Informe Final Enero-Diciembre 2007. Convenio específico MBB-UNS “*Programa de monitoreo de la calidad ambiental de la zona interior del estuario de Bahía Blanca*”. Anexo III: Estudio del fitoplancton, micro, meso y macrozooplancton, 70 pp.

Hoffmeyer, M. S. y Prado Figueroa, M. 1997. Oral field integumental structures of the copepods *Eurytemora affinis* and *Acartia tonsa* related with their trophic habits. *Crustaceana*, 70 (3): 257-271.

Hoffmeyer, M. S. y Tumini, L. 1999. Seasonal variation of temperature, salinity, chlorophyll a and *Eurytemora americana* population (Copepoda) at Cuatrerros port, Bahía Blanca estuary. En Abstracts 4th. *Open Science Meeting LOICZ y XI Coloquio Argentino de Oceanografía (LOICZ – IAPSO)*, Bahía Blanca, Argentina.

Hoffmeyer, M. S.; Tumini, L.; Pettigrosso, R.; Barría, M. S. y Contradí, E. 1997. Informe Final Biología. Convenio específico MBB-UNS “*Estudio de la calidad de agua en la Ría de Bahía Blanca*”, 98 pp.

Holmes, R. W. 1970. The Secchi disk in turbid coastal waters. *Limnology and Oceanography*, 15: 688-694.

Hough, A. R. y Naylor, E. 1992. Field studies on retention of the planktonic copepod *Eurytemora affinis* in a mixed estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 76: 115-122.

Houser, D. S. y Allen, D. M. 1996. Zooplankton Dynamics in an Intertidal Salt-Marsh Basin. *Estuaries*, 19: 659-673.

Irigoién, X.; Castel, J. y Sautour, B. 1993. In situ grazing activity of planktonic copepods in the Gironde estuary. *Les Cahiers de Biologie Marine*, 34(2): 225-237.

Irigoién, X. y Castel, J. 1995. Feeding rates and productivity of the copepod *Acartia bifilosa* in a highly turbid estuary; The Gironde (SW France). *Hydrobiologia*, 311: 115-125.

Jagger, Z. 1999. Selective stream transport of the flounder larvae (*Platichthys flesus L.*) in the Dolard (Ems Estuary). *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 75: 3-13.

Kennish, M. J. 1991. Ecology of estuaries: Anthropogenic effects. CRC Press, Boca Raton, Florida, 512 pp.

Kjørboe, T. 1997. Small-scale turbulence, marine snow formation, and planktivorous feeding. *Scientia Marina*, 61: 141-158.

Kjørboe, T. y Saiz, E. 1995. Planktivorous feeding in calm and turbulent environments, with emphasis on copepods. *Marine Ecology and Progress Series*, 122: 135-145.

Krumme, U. y Liang, T. H. 2004. Tidal-induced changes in a copepod-dominated zooplankton community in a macrotidal mangrove channel in northern Brazil. *Zoological studies*, 43 (2): 404-414.

Leandro, S. M.; Morgado, F.; Pereira, F. y Queiroga, H. 2007. Temporal changes of abundance, biomass and production of copepod community in a shallow temperate estuary (Ria de Aveiro, Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74: 215-222.

Lee, W. Y. y Mc Alice, B. J. 1979. Sampling variability of marine zooplankton in a tidal estuary. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 8: 565-582.

Mackas, D. L.; Goldblatt, R. y Lewis, A. G. 1998. Interdecadal variation in developmental timing of *Neocalanus plumchrus* populations at Ocean Station P in the subarctic North Pacific. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 1878-1893.

Marcovecchio, J. E. y Freije, R. H. 2004. Efectos de la intervención antrópica sobre sistemas marinos costeros: El estuario de Bahía Blanca. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 56:115-132.

Marques, S. C.; Azeiteiro, U. M.; Marques, J. C.; Neto, J. M. y Pardal, M. A. 2006. Zooplankton and ichthyoplankton communities in a temperate estuary: spatial and temporal patterns. *Journal of Plankton Research*, 28 (3): 297-312.

Marques, S. C.; Azeiteiro, U. M.; Martinho, F. y Pardal, M. A. 2007. Climate variability and planktonic communities: The effect of an extreme event (severe drought) in a southern European estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 20: 1-10.

Martínez, D. E. 1982. Estudio sobre las comunidades incrustantes (fouling) de Puerto Ingeniero White. Tesina de Licenciatura, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 67pp.

Mc Naughton, S. J. y Wolf, L. L. 1984. Ecología General. Ediciones Omega S.A., Barcelona, 713 pp.

Melo, W. 2004. Génesis del Estuario de Bahía Blanca: Relación morfodinámica y temporal con su cuenca hidrográfica. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina, 215 pp.

Mianzan, H. W. 1986. *Beroe ovata* en aguas de la Bahía Blanca, Argentina (Ctenophora). *Spheniscus*, 2: 29-32.

Mianzan, H. W. 1989. Scyphomedusae de la Bahía Blanca. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 37: 29-32.

Mianzan, H. W. y Sabatini, M. E. 1985. Estudio preliminar sobre la distribución y abundancia de *Mnemiopsis maccradyi* en el estuario de Bahía Blanca (Ctenophora). *Spheniscus*, 1: 53-68.

Milstein, A. y Juanicó, M. 1985. Zooplankton dynamics in Maldonado Bay (Uruguay). *Hydrobiologia*, 126: 155-164.

Morales Zamorano, L. A.; Cajal-Medrano, R.; Orellana-Cepeda, E. y Jiménez- Pérez, J. L. 1991. Effect of tidal dynamics on a planktonic community in a coastal lagoon of Baja California, Mexico. *Marine Ecology Progress Series*, 78: 229-239.

Morgado, F.; Antunes, C. y Pastorinho, R. 2003. Distribution and patterns of emergence of suprabenthic and pelagic crustaceans in a shallow temperate estuary (Ria de Aveiro, Portugal). *Acta Oecologica*, 24: 205-217.

Morgado, F. M.; Pastrorinho, M. R.; Quintaneiro, C. y Ré, P. 2006. Vertical distribution and trophic structure of the macrozooplankton in a shallow temperate estuary (Ria de Aveiro, Portugal). *Scientia Marina*, 70 (2): 177-188.

Morgado, F.; Queiroga, H.; Melo, F. y Sorbe, J. C. 2004. Zooplankton abundance in a coastal station off the Ria de Aveiro inlet (north-western Portugal): relation with tidal and day-night cycles. *Acta Oecologica*, 24: 175-181.

Morgan, C. A.; Cordell, J. R. y Simenstad, C. A. 1997. Sink or swim? Copepod population maintenance in the Columbia River estuarine turbidity-maxima region. *Marine Biology*, 129 (2): 309-317.

Morgan, E. 1965. The activity rhythm of the amphipod *Corophium volutator* (Pallas) and its possible relationship to changes in hydrostatic pressure associated with the tides. *Journal of Animal Ecology*, 34: 731-746.

Murphy, S. y Voulgaris, G. 2006. Identifying the role of tides, rainfall and seasonality in marsh sedimentation using long-term suspended sediment concentration data. *Marine Geology*, 227: 31-50.

Naylor, E. 2006. Orientation and navigation in coastal and estuarine zooplankton. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 39 (1): 13-24.

Odebrecht, C.; Segatto, A. Z. y Freitas, C. A. 1995. Surf-zone Chlorophyll-a variability at Cassino Beach, Southern Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 41: 81-90.

Orensanz, J. M.; Schwindt, E.; Pastorino, G.; Bortolus, A.; Casas, G.; Darrigran, G.; Elías, R.; López Gappa, J. J.; Obenat, S.; Pascual, M.; Penchaszadeh, P.; Píriz, M. L.; Scarabino, F.; Spivak, E. D. y Vallarino, E. A. 2002. No longer the pristine confines of the world ocean: A survey of exotic marine species in the southwestern Atlantic. *Biological Invasions*, 4: 115-143.

Palma, E. D. y Piccolo, M. C. 1997. Marea meteorológica en el estuario de Bahía Blanca. En *Actas XIX Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas*, Mendoza, Argentina, pp. 331-336.

Palmer, M. A. 1988. Dispersal of marine meiofauna: a review and conceptual model explaining passive transport and active emergence with implications for recruitment. *Marine Ecology Progress Series*, 48: 81-91.

Palmer, M. A. y Brandt, R. R. 1981. Tidal variation in sediment densities of marine benthic copepods. *Marine Ecology Progress Series*, 4: 207-212.

Palmer, M. A. y Gust, G. 1985. Dispersal of meiofauna in a turbulent tidal creek. *Journal of Marine Research*, 43: 179-210.

Patrity, G.; Champalbert, G. y Arfi, R. 1984. Eulerian sampling of zooplankton from Marseilles' Vieux Port over a 24 h period. *Marine Biology*, 82: 135-142.

Pejrup, M. 1986. Parameters affecting fine-grained suspended sediment concentrations in a shallow micro-tidal estuary, Ho Bugt, Denmark. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 22: 241-254.

Pereira, F.; Pereira, R. y Queiroga, H. 2000. Flux of decapod and juvenils at a station in the lower Canal de Mira (Ria de Aveiro, Portugal) during a lunar month. *Invertebrate Reproduction and Development*, 38 (3): 183-206.

Perillo, G. M. E. (ed.). 1995. Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. Development in Sedimentology, Vol. 53. Elsevier Science BV, Amsterdam, 471 pp.

Perillo, G. M. E.; Arango, J. M. y Piccolo, M. C. 1987a. Parámetros físicos del estuario de Bahía Blanca, período 1967-1986. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), *Reporte Técnico*, 250 pp.

Perillo, G. M. E. y Piccolo, M. C. 1991. Tidal response in the Bahía Blanca estuary,

Argentina. *Journal of Coastal Research*, 7 (2):437-449.

Perillo, G. M. E. y Piccolo, M. C. 1999. Geomorphologic and physical characteristics of the Bahía Blanca estuary, Argentina. En: Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C. y Pino-Quivira, M. (eds.), *Estuaries of South America: their geomorphology and dynamics*. Ed. Springer-Verlag, Berlín, pp. 95-216.

Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C.; Arango, J. M. y Sequeira, M. 1987b. Hidrografía y circulación del estuario de Bahía Blanca (Argentina) en condiciones de baja descarga. En *Actas II Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar*, La Molina, Perú, pp. 95-104.

Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C.; Palma, E.; Pérez, D. y Pierini, J. 2004. Oceanografía Física. En: Piccolo, M. C. y Hoffmeyer, M. S. (eds.), *Ecosistema del estuario de Bahía Blanca*. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), Bahía Blanca, Argentina, pp. 61-67.

Perillo, G. M. E.; Piccolo, M. C.; Parodi, E. y Freije, R. H. 2001. The Bahía Blanca estuary, Argentina. En: Seeliger, U. y Kjerfve, B. (eds.), *Coastal Marine Ecosystem of Latin America: Ecological Studies*. Ed. Springer-Verlag, Berlín, pp. 205-217.

Pettigrosso, R. E.; Barría de Cao, M. S. y Popovich, C. A. 1997. Planktonic ciliates during a diatom bloom in Bahía Blanca estuary, Argentina. I Aloricate ciliates. *Oebalia*, 23: 3-19.

Piccolo, M. C. 1987. Estadística climatológica de Ingeniero White. Período 1980-1985. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), *Reporte Técnico*, 73 pp.

Piccolo, M. C.; Capelli de Steffens, A. y Campo de Ferreras, A. 1989. Variación espacial del viento en el área de Bahía Blanca. *Revista Geofísica*, 31: 205-220.

Piccolo, M. C. y Diez, P. G. 2004. Meteorología del Puerto Coronel Rosales. En: Piccolo, M. C. y Hoffmeyer, M. S. (eds.), *Ecosistema del estuario de Bahía Blanca*. Instituto Argentino de Oceanografía (IADO-CONICET), Bahía Blanca, Argentina, pp. 87-90.

Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. 1990. Physical characteristics of the Bahía Blanca estuary (Argentina). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 31: 303-317.

Piccolo, M.C., Perillo, G.M.E. y Arango, J.M. 1987. Hidrografía del estuario de Bahía Blanca, Argentina. *Revista Geofísica*, 26: 75-89.

Piccolo, M. C.; Perillo, G. M. E. y Romero, S. I. 1991. Predicción de la marea real por efecto del viento en el puerto de Ingeniero White. *Anales CONGREGMET VI: "La Meteorología en la actividad productiva en la Argentina"*, pp. 159-160.

Pielou, E. C. 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley, Nueva York, 165 pp.

Popovich, C. A. y Marcovecchio, J. E. 2008. Spatial and temporal variability of phytoplankton and environmental factors in a temperate estuary of South America (Atlantic coast, Argentina). *Continental Shelf Research*, 28: 236-244.

Popovich, C. A.; Spetter, C. V.; Marcovecchio, J. E. y Freije, R. H. 2008. Dissolved nutrient availability during winter diatom bloom in a turbid and shallow estuary (Bahía Blanca,

Argentina). *Journal of Coastal Research*, 24 (1): 95-102.

Raymont, J. 1980. Plankton and productivity in the oceans, Volumen I: Phytoplankton. Pergamon Press, Oxford, 489 pp.

Rhoads, D. C. y Young, D. K. 1970. The influence of deposit-feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. *Journal of Marine Research*, 28: 150-138.

Rico, A.; Lanas, P. y López Gappa, J. J. 2001. Temporal and spatial patterns in the recruitment of *Balanus glandula* and *Balanus laevis* (Crustacea, Cirripedia) in Comodoro Rivadavia harbour (Chubut, Argentina). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 3: 175-179.

Robertson, A. I.; Dixon, P. y Daniel, P. A. 1988. Zooplankton dynamics in mangrove and other nearshore habitats in tropical Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 43: 139-150.

Roddie, R.; Leakey, R. J. y Berry, A. 1984. Salinity-temperature tolerance and osmoregulation in *Eurytemora affinis* (Poppe) (Copepoda: Calanoida) in relation to its distribution in the zooplankton of the upper reaches of the Forth Estuary. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 79:191-211.

Roman, M. R.; Holliday, D. V. y Sanford, L. P. 2001. Temporal and spatial pattern of zooplankton in the Chesapeake Bay turbidity maximum. *Marine Ecology Progress Series*, 213: 215-227.

Roman, M. R. y Tenore, K. R. 1978. Tidal resuspension in Buzzards Bay, Massachusetts. I. Seasonal changes in the resuspension of organic carbon and chlorophyll a. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 6: 37-46.

Sabatini, M. E. 1988. Fito y zooplancton de un sector de la Bahía Blanca: especies dominantes, standing stock y estimación de la producción, con particular referencia a *Acartia tonsa* Dana, 1849 (Copepoda: Calanoida). Tesis doctoral, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 164 pp.

Sabatini, M. E. 1989. Ciclo anual del copépodo *Acartia tonsa* Dana, 1849 en la zona interna de la Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *Scientia Marina*, 53: 847-856.

Sabatini, M. E. 1990. The developmental stages (copepodids I to VI) of *Acartia tonsa* Dana, 1849 (Copepoda, Calanoida). *Crustaceana*, 59 (1): 53-61.

Saiz E. y Alcaraz, M. 1992. Free-swimming behaviour of *Acartia clausi* (Copepoda: Calanoida) under turbulence water movement. *Marine Ecology Progress Series*, 80: 229-236.

Salomons, W. y Förstner, U. 1984. Metals in the Hydrocycle. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokio, 349 pp.

Sameoto, D. D. 1975. Tidal and diurnal effects on zooplankton sample variability in a nearshore marine environment. *Journal of the Fisheries Research*, 32 (3): 347-366.

Sans, K.; Gomez Erache, M.; Menumarque, S. y Calliari, D. 2003. Biodiversidad planctónica en el Río de la Plata. “Campaña de Prospección Ambiental del Río de la Plata y su frente marítimo”. Informe de avance, 50 pp.

Schmitt, F. G. y Seuront, L. 2001. Multifractal random walk in copepod behavior. *Physica A*, 301: 375-396.

Schubel, J. R. 1971. Tidal variation of the size distribution of suspended sediment at a station in the Chesapeake Bay turbidity maximum. *Netherlands Journal of Sea Research*, 5: 252-266.

Sequeira, M.E. y Piccolo, M.C. (1985). Predicción de la temperatura del agua durante la bajante de la marea en Ingeniero White. *Meteorológica*, 15 (1): 59-76.

Serman, D. D. 1985. Características de la marea en Bahía Blanca. Boletín Centro Naval 103, 51-74.

Seuront, L.; Yamazaki, H. y Souissi, S. 2004. Hydrodynamic Disturbance and Zooplankton Swimming Behavior. *Zoological Studies*, 43(2): 376-387.

Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1969. Biometría: principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones, Madrid, España, 832 pp.

Spetter, C. V. 2006. Ciclo biogeoquímico de nutrientes inorgánicos de nitrógeno en los humedales del estuario de Bahía Blanca. Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina, 147 pp.

Spivak, E. D. y L'Hoste, S. G. 1976. Presencia de cuatro especies de *Balanus* en la costa de la provincia de Buenos Aires. Distribución y aspectos ecológicos. Instituto de Biología Marina (IBM), Mar del Plata, Argentina, 17 pp.

Stickney, R. R. y Knowles, S. C. 1975. Summer zooplankton distribution in a Georgia Estuary. *Marine Biology*, 33 (2): 147-154.

Strickland, J. D. y Parsons, T. R. 1968. Determination of Particulate Organic Carbon. En: Strickland, J. D. y Parsons, T. R. (eds.), *A practical Handbook of seawater analysis*. Bulletin 167, Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, 311pp.

Uye, S. y Fleminger, A. 1976. Effect of various environmental factors on egg development of several species of *Acartia* in Southern California. *Marine Biology*, 38: 253-262.

Van Straaten, L. M. J. U. y Kuenen, P. H. 1958. Tidal action as a cause of clay accumulation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 28: 406-413.

Velegrakis, A. F.; Gao, S.; Lafite, R.; Dupont, J. P.; Huault, M. F.; Nash, L. A. y Collins, M. B. 1997. Resuspension and advection processes affecting suspended particulate matter concentrations in the central English Channel. *Journal of Sea Research*, 38: 17-34.

Viitasalo, M.; Vuorinen, I. y Saesmaa, S. 1995. Mesozooplankton dynamics in the northern Baltic Sea: implications of variations in hydrography and climate. *Journal of Plankton Research*, 17: 1857-1878.

Villate, F. 1994. Temporal variability of the spatial distribution of the zooplankton community in a coastal embayment of the Basque country in relation to physical phenomena. *Hydrobiologia*, 288: 79-95.

Villate, F. 1997. Tidal influence on zonation and occurrence of resident and temporary zooplankton in a shallow system (Estuary of Mundaka, Bay of Biscay). *Scientia Marina*, 61 (2): 173-188.

Visser, A. W.; Saito, H.; Saiz, E. y Kiorbe, T. 2001. Observations of copepod feeding and vertical distribution under natural turbulent conditions in the North Sea. *Marine Biology*, 138: 1011-1019.

Vives, F. 1966. Zooplancton nerítico de las aguas de Castellón (Mediterráneo Occidental). *Investigación Pesquera*, 30: 49-166.

Wagner, J. M.; Hoffmeyer, M. S.; Tejera, L. A. y Nizovoy, A. 1991. Variación estacional de larvas y adultos de *Balanus* en el Puerto de Ingeniero White (Estuario de Bahía Blanca, Argentina). En *Actas II Jornadas nacionales de Ciencias del Mar*, Puerto Madryn, Argentina, pp. 79-86.

Walters, K. y Bell, S. S. 1986. Diel patterns of active vertical migration in seagrass meiofauna. *Marine Ecology Progress Series*, 34: 95-103.

Warwick, R. M. y Gee, J. M. 1984. Community structure of estuarine meiobenthos. *Marine Ecology Progress Series*, 18: 97-111.

Wilson, J. G. 2002. Productivity, Fisheries and Aquaculture in Temperate Estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55: 953-967.

Wooldridge, T. y Erasmus, T. 1980. Utilization of tidal currents by estuarine zooplankton. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 12: 107-114.

Young, C. M. 2002. Atlas of Marine Invertebrate Larvae. Academic Press, London, 626 pp.