



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias
Escuela de Ciencias

PROFESOR PATROCINANTE

Dr. Humberto González Estay
Instituto de Biología Marina
“Dr. Jürgen Winter R.”
Facultad de Ciencias

PROFESOR CO-PATROCINANTE

Dr. Mauricio Landaeta
Departamento de Ciencias del mar y de
Recursos Naturales.
Universidad de Valparaíso

PROFESOR INFORMANTE

Dr. José Garcés Vargas
Instituto de Biología Marina
“Dr. Jürgen Winter R.”
Facultad de Ciencias

**“EFECTOS DEL CICLO MAREAL EN LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCION
DEL MICROZOOPLANCTON EN EL ESTUARIO DEL RIO VALDIVIA
DURANTE LA PRIMAVERA DE 2009”.**

Tesis de Grado presentada como parte de
los requisitos para optar al **Grado de**
Licenciado en Ciencias Biológicas.

SILVANA LORETO TOLEDO FIERRO

VALDIVIA – CHILE
2010

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile bajo el proyecto DID- S-2008-58, “Potenciales efectos de la surgencia sobre la alimentación de estados tempranos de peces pelágicos pequeños en el área del estuario del río Valdivia” por financiar la realización de esta tesis. En forma especial, agradezco al Dr. Humberto González por permitirme trabajar con él y aceptarme en su laboratorio. Debo también agradecer al Dr. Mauricio Landaeta por aceptarme como parte de su grupo de trabajo y por último, pero no menos importante, al Dr. José Garcés por su ayuda incondicional.

Agradezco a mi familia, a mi mamá por ser un soporte importante en mi vida y en toda esta etapa de la realización de la tesis. A mi mami Sylvia, por estar siempre conmigo apoyándome en todo. A mis tíos por estar siempre presentes y preocupados. A todos mis primos: Pablito, Jean, Carla, Gordita, Rodri, Cristian sin olvidar a la Izu y a la Claudia; por pasar momentos agradables.

A la Stefy y la Anita mis amigas incondicionales, nuestra amistad que perdura desde muchos años. A mis compañeros y amigos de Universidad, a Estebito, Osamin, kekita y los demás, por todos los estudios y los carretes compartidos. Agradezco a Marcela, a quien le debo muchísimo y por todos los momentos vividos. A todos los chicos del laboratorio por hacer las horas más amenas y a la Cote, la Ely y el Lalo, por ayudarme en el reconocimiento de las muestras.

A la Universidad Austral de Chile por hacerme entrega de las herramientas para forjar mi futuro y a todos los profes quienes me enseñaron a amar la Ciencia.

Y por último, a todas las personas que han pasado a mi lado durante estos años de estudios, a los presentes y a los ausentes.

INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	i
INDICE DE TABLAS.....	iii
1. RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
2. INTRODUCCION.....	3
2.1 Hipótesis.....	6
2.2 Objetivo general.....	6
2.3 Objetivos específicos.....	6
3. MATERIAL Y METODOS.....	8
3.1 Área de estudio.....	8
3.2 Diseño de muestreo.....	9
3.3 Análisis de la información.....	10
4. RESULTADOS.....	13
4.1 Condiciones hidrográficas en la columna de agua.....	13
4.1.1 Temperatura.....	13
4.1.1 a) Estación Mancera.....	13
4.1.1 b) Estación San Carlos.....	15
4.1.2 Salinidad.....	15
4.1.2 a) Estación Mancera.....	15
4.1.2 b) Estación San Carlos.....	18
4.2 Abundancia y distribución del microzooplancton en la columna de agua.....	18

4.2.1 Abundancia.....	23
4.2.1 a) Estación Mancera.....	23
4.2.1 b) Estación San Carlos.....	28
4.2.2 Distribución vertical.....	30
5. DISCUSION.....	34
6. LITERATURA CITADA.....	41

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa del área de estudio realizado en la costa de la ciudad de Valdivia, Chile, y ubicación de las dos estaciones de muestreo en la Bahía de Corral (39° 52' S - 73° 25') en color rojo.....**9**
- Figura 2.** Evolución temporal de la Temperatura (°C) en la columna de agua en la estación Mancera (panel izquierdo) y San Carlos (panel derecho) durante los muestreos realizados el a) 10-11/12/09, b) 10-11/12/09, c) 6-7/12/09 y d) 11-12/12/09.....**14**
- Figura 3.** Evolución temporal de la Salinidad (psu) en la columna de agua en la estación Mancera (panel izquierdo) y San Carlos (panel derecho) durante los muestreos realizados el a) 10-11/12/09, b) 10-11/12/09, c) 6-7/12/09 y d) 11-12/12/09.....**17**
- Figura 4.** Abundancia relativa (%) de los grupos de microzooplancton observadas en las estaciones: A) ST Mancera y B) ST San Carlos.....**19**
- Figura 5.** Géneros y estadios larvales que representan el total de microzooplancton en la zona de estudio. a) Género *Ceratium*, b) Género *Dinophysis*, c) Género *Protoperdinium*; este grupo corresponde al taxón Dinoflagelados. d) Género *Eutintinnus*, e) Género *Favella*, f) Género *Helicostomella*; corresponde al Taxón Tintínidos. g) Género *Keratella*, h) Género *Polyarthra*; corresponde al taxón Rotíferos. i) nauplios de copépodos, k) Copepoditos, l) Balánidos, m) larvas de poliqueto; corresponden al grupo de estadios larvales.....**22**

Figura 6. Variación temporal de la abundancia y composición del microzooplancton durante el período de muestreo en la estación Mancera (panel izquierdo) y San Carlos (panel derecho). Muestreo 1 (10-11/11/09), 2 (26-27/11/09), 3 (6-7/12/09) y 4 (11-12/12/09).....	23
Figura 7. Géneros más abundantes en los estratos de la superficie, medio y fondo. Dinoflagelados en la estación a) Mancera y b) San Carlos.	24
Figura 8. Géneros más abundantes en los estratos de la superficie, medio y fondo. Tintínidos en la estación a) Mancera y b) San Carlos.....	25
Figura 9. Abundancia de los géneros más importantes de A) Dinoflagelados, B) Tintínidos y C) Estadíos larvales en el estrato superficie (panel izquierdo), medio (panel central) y fondo (panel derecho) en la estación Mancera. Muestreo 1 (10-11/11/09), 2 (26-27/11/09), 3 (6-7/12/09) y 4 (11-12/12/09).....	26
Figura 10. Abundancia de Rotíferos en la estación Mancera durante el período de muestre.....	27
Figura 11. Abundancia de los géneros más importantes de A) Dinoflagelados, B) Tintínidos y C) Estadíos larvales en el estrato superficie (panel izquierdo), medio (panel central) y fondo (panel derecho) en la estación San Carlos. Muestreo 1 (10-11/11/09), 2 (26-27/11/09), 3 (6-7/12/09) y 4 (11-12/12/09).....	29

Figura 12. Abundancia de Tintínidos en la estación San Carlos durante el período de muestreo en ambos ciclos mareal.....**30**

Figura 13. Distribución vertical de los centroides en relación a las fases de marea 1) marea vaciante y 2) marea llenante en los diferentes taxa del microzooplancton: A) Dinoflagelados, B) Tintínidos, C) Ciliados, D) Estadíos larvales y E) Rotíferos.....**33**

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Abundancia relativa (%) de los géneros y/o especies del microzooplancton en ambas estaciones.....**20**

Tabla 2. Influencia mareal en la abundancia del microzooplancton en la estación Mancera.....**27**

Tabla 3. Influencia mareal en la abundancia del microzooplancton en la estación San Carlos.....**30**

Tabla 4. Influencia mareal en la distribución vertical del microzooplancton.....**31**

Tabla 5. Influencia mareal en la distribución vertical de algunos géneros y/o especies del microzooplancton.....**32**

1. RESUMEN

Durante noviembre y diciembre de 2009, se obtuvieron muestras de microzooplancton en el estuario del Río Valdivia, con el objetivo de establecer la influencia de las fases de marea en la abundancia y distribución espacio – temporal del microzooplancton en la Bahía de Corral.

A bordo de una lancha artesanal se llevaron a cabo 4 muestreos oceanográficos en la boca del estuario del Río Valdivia ($39^{\circ} 52' S - 73^{\circ} 25' W$) consistente en dos estaciones oceanográficas: Mancera y San Carlos. Cada muestreo tuvo una duración de 25 hrs, completando un ciclo mareal semi-diurno. Las muestras de microzooplancton se colectaron usando una botella oceanográfica Niskin de 2,2 L de capacidad en tres niveles de la columna de agua: superficie (0 m), medio (entre 1,5 y 6 m) y fondo (10 m). Además, en cada estación, se registraron datos de temperatura y salinidad a intervalos de 1 m de profundidad. En el laboratorio se identificó y cuantificó el microzooplancton en grupos funcionales y especies dominantes.

En los 4 cruceros, la temperatura osciló entre 10 a 16 °C en toda la columna de agua. La salinidad varió de acuerdo a la estación; 0 a 35 psu en la estación Mancera, mientras que en la estación San Carlos, los rangos de salinidad variaron entre 22,5 y 34 UPS. La haloclina se registraron a mayor profundidad en Mancera (3 - 4 m) que en San Carlos (1 m). De acuerdo a la abundancia, los tintínidos y rotíferos aumentaron significativamente su abundancia durante la fase llenante de la marea. En la distribución vertical de sus centroides, la marea tuvo un efecto significativo en los dinoflagelados y se vieron influidos durante la fase vaciante de la marea. De los 4 cruceros analizados, las mayores

abundancias, se encontraron en el estrato medio (cercanas a la haloclina) y fondo en la estación Mancera y San Carlos, respectivamente.

ABSTRACT

During November and December 2009, microzooplankton samples were collected in the Valdivia river estuary, in order to establish the influence of the tidal phase on the abundance and spatial - temporal distribution of microzooplankton in the Bay of Corral. On board a small boat were carried out 4 oceanographic sampling in the mouth of Valdivia river estuary ($39^{\circ} 52' S - 73^{\circ} 25' W$) consists of two stations: Mancera and San Carlos. Each sampling lasted 25 hrs, completing a semi-diurnal tidal cycle. Microzooplankton samples were collected using a Niskin oceanographic bottle of 2.2 L capacity at three levels of the water column: surface (0 m), medium (between 1.5 and 6 m) and bottom (10 m). In addition, at each station were recorded temperature and salinity data at 1 m depth interval. In the laboratory, microzooplankton functional groups and dominant species were identified and quantified.

On the 4 cruises, the temperature ranged from 10 to $16^{\circ} C$ throughout the water column. The salinity varied according to the station from 0 to 34 psu at station Mancera, while the San Carlos station, the ranges of salinity varied between 22.5 and 34 UPS. The halocline was found at greater depth in Mansera (3 - 4 m) than in San Carlos (1 m). According to the abundance, tintinnids and rotifers significantly increased their abundance during flood tide. In the vertical distribution of their centroids, the tide cycle exerted a significant effect on the dinoflagellates wich were mainly influenced during ebb tide. During the 4 cruises and two stations analyzed, the highest abundance of microzooplankton was found in the middle level (close to the halocline) in Mancera and at the bottom level in San Carlos.

2. INTRODUCCION

En Chile se ha prestado poca atención al rol que cumplen los estuarios como áreas de alta biodiversidad y su relevancia en ciclos biogeoquímicos, a pesar de su reconocida importancia a nivel mundial. La importancia de estos sistemas son más representativos cuanto mayor son los aportes de aguas continentales, por lo que parecen ligados principalmente a climas más o menos lluviosos (Stuardo & Valdovinos, 1989).

La definición de estuario depende del criterio que se utilice. Entre las definiciones más aceptadas, cabe citar:

“Un estuario es un cuerpo de agua costero semicerrado, que tiene conexión libre con el mar abierto y en el cual el agua de mar es parcialmente diluida con agua dulce derivada del drenaje terrestre” (Cameron & Pritchard, 1963; Day, 1980). Dentro de los estuarios, la circulación de agua se produce principalmente por oscilaciones de la marea, las que interactúan con la topografía de la cuenca, los gradientes de densidad, el efecto del viento y la descarga de agua dulce (Uncles & Jordan, 1979).

Estos sistemas se caracterizan por tener una dinámica interna muy particular en sus variables químicas, físicas y biológicas, las cuales están determinadas en gran medida por sus cuatro grandes componentes: a) caudal y escurrimiento de los ríos, b) entrada de agua de mar y efecto de las mareas, c) la roca madre del lecho y el transporte de sedimentos, y d) la atmósfera. Es por esta razón que los estuarios son reconocidos como áreas altamente productivas, y por tanto cumplen un importante rol biológico, ecológico y productivo. Así también son sitios de reproducción, desarrollo y crecimiento de muchas especies que retornan hacia el estuario durante su período reproductivo

Además, aportan energía en las áreas costeras adyacentes, teniendo por ello una gran importancia para niveles tróficos superiores y pesquerías (Stuardo & Valdovinos, 1989). La utilización de la zona costera para el desove y posterior desarrollo, es una estrategia recurrente en muchos organismos marinos con larvas planctónicas; dadas las condiciones ambientales más favorables para el crecimiento y supervivencia larval, y la mayor probabilidad de encontrar un hábitat disponible al final del desarrollo planctónico (Bakun, 1966). La relación estrecha entre procesos físicos y mecanismos biológicos (picnoclinas, frentes, procesos reproductivos, etc.), pueden modificar de manera importante la distribución y abundancia de estados larvales, incluyendo sistemas estuarinos (Harris & Cyrus, 2000) y frentes mareales internos (Shanks, 1988). En el caso del microzooplancton en particular, dado el escaso tamaño y por consiguiente su reducida motilidad, es esperable que sus distribuciones espaciales de mediana y gran escala (metros, kilómetros) reflejen y dependan en gran medida de la distribución de las variables físicas y de los movimientos de las masas de aguas (Kogan, 2005).

Las descargas de aguas continentales costeras por parte de los ríos, producen plumas e inducen corrientes costeras, las cuales son comunes en sistemas estuarinos. Más aún, estos procesos podrían producir importantes efectos ecológicos en el fitoplancton y en la distribución larval por transporte (Kingsford & Suthers, 1994).

Los diversos procesos e interacciones que ocurren en la columna de agua son de gran importancia para las comunidades de micro-organismos (0,2 μm a 200 μm) ya que ellas representan una parte significativa de la abundancia y/o biomasa en la zona eufótica y también en aguas profundas (Sherr *et al.*, 1991). Como parte de este grupo, el microzooplancton está integrado por organismos cuyo tamaño varía entre 20-200 μm (Sieburth *et al.*, 1978). Esta fracción de tamaño incluye una gran diversidad de grupos taxonómicos constituido principalmente por estadios larvales y organismos planctónicos

como dinoflagelados heterótrofos/mixótrofos, tintínidos, ciliados, rotíferos, foraminíferos y radiolarios. Los distintos grupos que componen el microzooplancton representan una función importante en la trama alimentaria pelágica. Éstos constituyen un enlace vital para la renovación de materia orgánica y la transferencia de energía a niveles tróficos superiores de producción orgánica entre los productores primarios como las diatomeas y los consumidores secundarios como los peces (Krishnamurthy *et al.*, 1979). Son un ítem sustancial en la dieta de pequeños crustáceos, quetognatos, organismos gelatinoso y larvas de peces (Laval-Peuto *et al.*, 1986; Stoecker & Egloff, 1987; Stoecker & Capuzzo, 1990; Gifford, 1991; Pierce & Turner, 1992).

El conocimiento sobre la composición y abundancia del microzooplancton en ambientes estuarinos generalmente se encuentra sesgado a uno o algunos de los grupos de la fracción, pero la estructura de la comunidad microzooplanctónica incluyendo a todo sus componentes ha sido poco investigada. De los ciliados en general, especialmente los tintínidos han sido el taxón más investigado mientras que es menos extenso el estudio sobre ciliados desnudos o aloricados. Esta diferencia se genera porque los ciliados aloricados (desprovistas de estructuras de protección) son difíciles de recolectar, conservar e identificar, en tanto que las características de las lóricas de los tintínidos facilitan su recolección e identificación (Pierce & Turner, 1992; Alder, 1999). Varios trabajos en los que se ha diferenciado a los dinoflagelados en su condición de heterótrofos son relativamente recientes y se han realizado mayormente en zonas costeras de climas fríos o templado-fríos (Hansen, 1991; Verity *et al.*, 1993) pero muy poco en estuarios (Smetacek, 1981; Kogan 2005). En cuanto a los rotíferos planctónicos, si bien su estudio es muy común en aguas continentales de todo el mundo, es menos abundante en ambientes costeros y estuarinos (Egloff, 1988).

En general, los estuarios son zonas de transición entre áreas límnicas y marinas asociadas a las desembocaduras de ríos, donde el caudal y escurrimiento del río tiene influencia directa sobre su dinámica, además la entrada de agua de mar y efecto de las mareas provoca cambios en la estratificación vertical del estuario (Ruiz, 2010).

Basado en los antecedentes, esta investigación tiene como objetivo identificar la relación existente entre los ciclos mareales, abundancia y distribución espacio-temporal del microzooplancton durante la estación de primavera del año 2009 en el estuario del río Valdivia, con datos obtenidos del proyecto DID-S-2008-58 denominado “Potenciales efecto de la surgencia sobre la alimentación de estados tempranos de peces pelágicos pequeños en el área del estuario del río Valdivia”.

HIPOTESIS

Esta investigación se desarrolla en base a la siguiente hipótesis:

H₀: La estructura de la comunidad microzooplanctónica (abundancia y distribución espacio-temporal del microzooplancton) está influenciada por las fases de la marea (llenante y vaciante) en Bahía Corral durante primavera de 2009.

OBJETIVO GENERAL

Estudiar el efecto de las fases de marea en la abundancia y distribución espacio-temporal del microzooplancton en la Bahía de Corral durante primavera 2009.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la variabilidad de las condiciones hidrográficas (temperatura, salinidad) en el estuario del río Valdivia durante noviembre y diciembre de 2009.
- Identificar y cuantificar el microzooplancton presente en la columna de agua de la Bahía de Corral durante noviembre y diciembre 2009.
- Discutir el rol del microzooplancton e ictioplancton en la trama trófica estuarina de la Bahía de Corral.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de Estudio:

La zona está compuesta por la Ensenada de San Juan y Bahía de Corral, esta última subdividida en dos ensenadas que dan origen al complejo Estuarino de los ríos Valdivia y Tornagaleones (Figura 1). El estuario del Río Valdivia está formado por dos sistemas fluviales. El primero corresponde a los ríos San Pedro y Calle Calle que provienen de un grupo interconectado de lagos andinos, y el otro sistema formado por el río Cruces que nace del valle central. Ambos sistemas se acercan a la ciudad de Valdivia dando origen al Río Valdivia, el cual finalmente desemboca y fluye en la Bahía de Corral (Pino *et al.*, 1994). Además, en esta Bahía desemboca el Río Tornagaleones.

La extensión total de la cuenca del Río Valdivia y Tornagaleones es de 13.135 km² (Niemeyer & Cereceda, 1984). El ancho medio del estuario tiene aproximadamente 700 m y la boca tiene un ancho de ~ 500 m. Sus aguas son relativamente someras, con una profundidad no mayor a los 25 m en la boca y cercana a los 6 m en la cabeza. Las mareas de esta bahía son semi-diurnas, con una amplitud mareal de un rango promedio de 0,95 m [Garcés-Vargas, datos no publicados], variando entre 1,48 m en marea llenante y 0,53 m en marea vaciante (Pino *et al.*, 1994).

El Río Valdivia tiene un caudal promedio de 475 m³ s⁻¹, siendo el valor máximo en invierno (aproximadamente 980 m³ s⁻¹ en Julio) mientras que el mínimo es en verano (aproximadamente 132 m³ s⁻¹ en Marzo), lo cual está relacionado con las precipitaciones

estacionales, las que son mayores durante las estaciones de invierno y primavera (Ruiz, 2010).

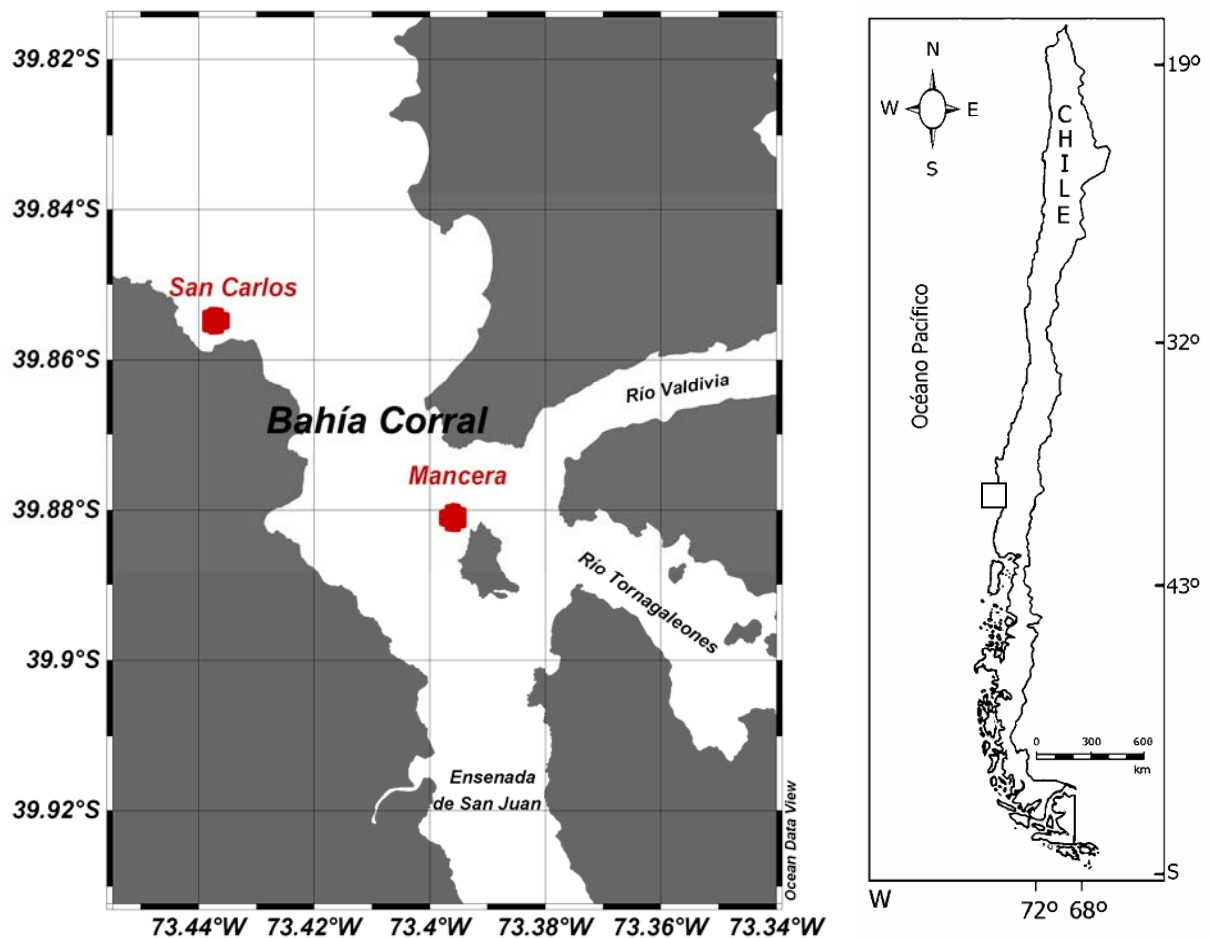


Figura1. Mapa del área de estudio realizado en la costa de la ciudad de Valdivia, Chile, y ubicación de las dos estaciones de muestreo en la Bahía de Corral ($39^{\circ} 52' S - 73^{\circ} 25'$) en color rojo.

3.2 Diseño de Muestreo:

Las muestras fueron colectadas a bordo de la lancha artesanal “Río Quilque” en la zona de la desembocadura del estuario del Río Valdivia (i.e. Bahía de Corral, Chile). Se establecieron dos estaciones de muestreo denominadas ST Mancera y ST San Carlos ($39^{\circ} 52' S - 73^{\circ} 23' W$ y $39^{\circ} 51' S - 73^{\circ} 26' W$, respectivamente, Figura 1).

Se realizaron 4 muestreos y en cada uno, se efectuaron 4 submuestreos aproximadamente cada 6 h, con una duración de ~ 25 h, completando un ciclo mareal.

Los muestreos se ejecutaron durante los días 10 – 11 de Noviembre, 26 – 27 de Noviembre del 2009, 6 – 7 de Diciembre y el 11 – 12 de Noviembre del 2009.

En cada estación se registraron los datos de temperatura (°C) y salinidad (UPS) a intervalos de 1 m de profundidad en toda la columna de agua, utilizando un equipo multiparamétrico YSI modelo 556 MPS. Inmediatamente, en cada una de las estaciones se recolectaron muestras de agua usando una botella oceanográfica Niskin de 2,2 L a tres profundidades: superficie (1 m), medio (de acuerdo a la profundidad de la haloclina, entre 1,5 y 6 m) y fondo (10 m). Luego, para obtener microzooplancton, el contenido de la botella Niskin fue retenido con un tamiz de 45 μm y preservado en agua de mar con formalina al 4% utilizando como buffer borato de sodio para su posterior análisis en el laboratorio.

3.3 Análisis de la información:

Primeramente, los datos hidrográficos (i.e. temperatura y salinidad) fueron analizados a través de su evolución temporal en la columna de agua.

La identificación del microzooplancton fue analizada por medio de un microscopio invertido de contraste de fases Nikon modelo Eclipse TS100 a 20X y 40X de magnificación siguiendo la metodología propuesta por Utermöhl (1958), dejando sedimentar en cámaras Hydro-Bios Kiel y/o Fleming-Brazil de 3 ml de muestra durante 30 min y/o 10 ml de muestra por un período de 6 h. La elección del volumen de la cámara de sedimentación dependió de la concentración del microzooplancton: Cámaras de 3 ó 10 ml para cuantificación de muestras con material abundante o escaso, respectivamente. La cuantificación se obtuvo en ind L^{-1} mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Ind/L} = [(V. \text{ Frasco} / V. \text{ Observado}) * FC * N^{\circ} \text{ individuos}] / V. \text{ filtrado}$$

donde V. frasco, es el volumen inicial de la muestra que contiene el frasco (ml), V. observado es el volumen de la muestra sedimentada en la cámara para su análisis (ml), FC es el factor de cámara con un valor de 1 (cámara completa) y V. filtrado es el volumen filtrado proveniente de la botella oceanográfica (L).

La determinación taxonómica del microzooplancton se realizó a nivel de género o especie (en caso de ser posible) mediante literatura especializada. Esta determinación fue tratada a nivel de géneros para grupos como dinoflagelados, tintínidos, ciliados, rotíferos y estadios larvales se realizó de acuerdo a Tomas (1997) y Boltovsky (1999).

Posteriormente a los datos obtenidos en las diferentes estaciones y profundidades, en ind L^{-1} , se estandarizaron mediante la expresión $\text{Log}(x+1)$ de modo de reducir el efecto de géneros dominantes en las muestras lo cual es deseable cuando se trabaja con datos de abundancia (Field *et al.*, 1982).

Para establecer la variabilidad en la distribución vertical de los grupos taxonómicos del microzooplancton, se calculó para cada lance la profundidad del centroide (CD). Este análisis permite establecer la profundidad promedio de la población muestreada en la columna de agua mediante la siguiente ecuación:

$$CD = \frac{\sum (pk * zk)}{\sum pk}$$

donde pk , es el número de organismos en el estrato k y zk es la profundidad media del estrato.

La influencia de las fases de marea en el microzooplancton para cada período se determinó utilizando un ANOVA de dos vías, siendo los factores marea (vacante y llenante) y hora del día (día y noche); la interacción significativa de ambos factores

indica influencia mareal día - noche. Para esto, los datos de abundancia estandarizadas de los taxa (ind L^{-1}) posteriormente log-transformados fueron verificados a través de la prueba de Levene y Shapiro-Wilks para ver si presentaban homogeneidad de varianza y distribución normal respectivamente. En caso de no cumplirse estos supuestos, se realizaron análisis no paramétricos (test U de Mann-Whitney) para cada una de las variables. Adicionalmente, si presentaba diferencias significativas en la interacción hora-marea ($p < 0,05$), se utilizó el test Tukey en el cual especifica el factor o factores que genera la diferencia significativa en la abundancia del microzooplancton.

Para todos los taxa y los géneros más abundantes, se compararon los valores de profundidad del centroide (CD) durante marea vaciante y llenante con un ANOVA de una vía o un test no paramétrico Mann-Whitney en caso de presentar un $p < 0,05$ en los análisis de homogeneidad y normalidad.

El procedimiento, análisis de datos y confección de tablas fueron trabajados en Microsoft Excel 2003. Para los gráficos, datos estadísticos y evoluciones temporales de las variables oceanográficas, se obtuvieron mediante el software SygmaPlot 10.0, Statistica 7.0 y ODV 4.1 respectivamente.

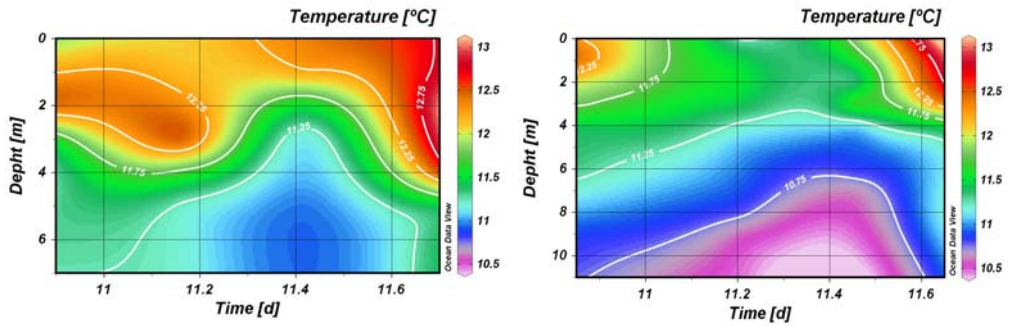
4. RESULTADOS

4.1. Condiciones hidrográficas en la columna de agua.

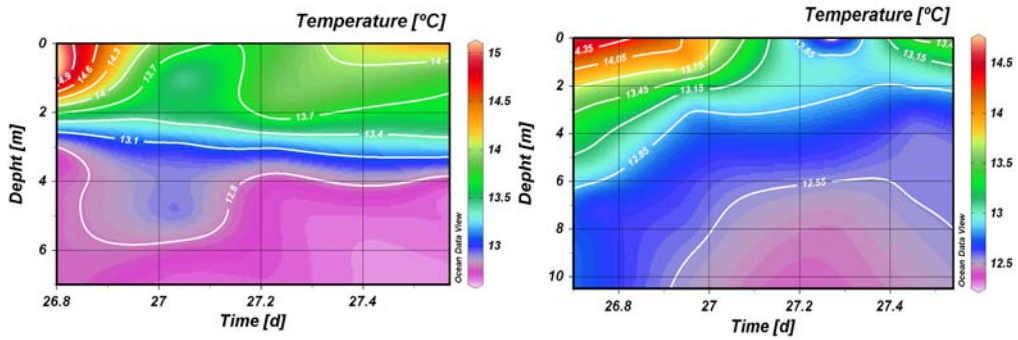
4.1.1 Temperatura

4.1.1 a) Estación Mancera

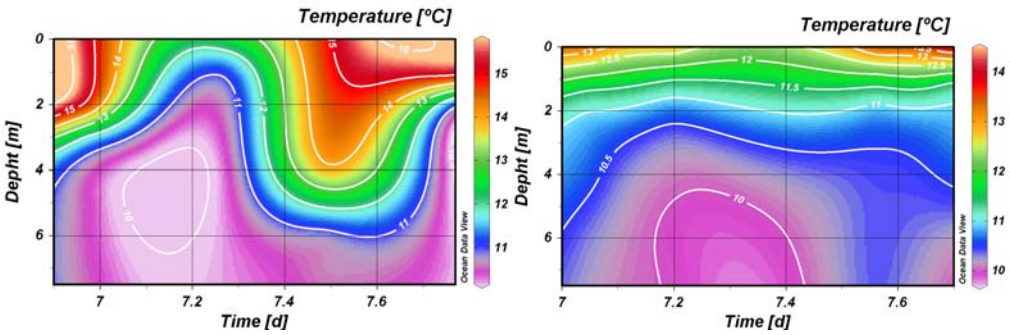
Durante el primer muestreo (10-11 noviembre de 2009), la temperatura fue homogénea en toda la columna de agua, variando entre 11,2 y 12,7 °C. La termoclina representada por la isoterma de 11,75 °C osciló entre aproximadamente 2 y 4 m conforme a la marea (Figura 2a). En el segundo muestreo (26-27 noviembre de 2009), hubo un leve aumento de la temperatura que en el primero en todo los niveles de la columna. En las primeras horas de este muestreo fue posible evidenciar un frente termal en la superficie, cuya temperatura osciló entre 12,8 y 14,9 °C (Figura 2b). En el tercer muestreo (6-7 diciembre de 2009), la temperatura fue heterogénea y su rango fluctuó entre 16 °C en superficie y 10 °C en la profundidad; las isotermas de la termoclina se distribuyeron similares al ciclo mareal observado (Figura 2c). Por último, en el cuarto muestreo (11-12 diciembre 2009), la temperatura se distribuyó heterogéneamente con un rango entre 16 °C a 11 °C, y la termoclina varió entre los 3 y 4 m sin aparente fluctuación mareal (Figura 2d).



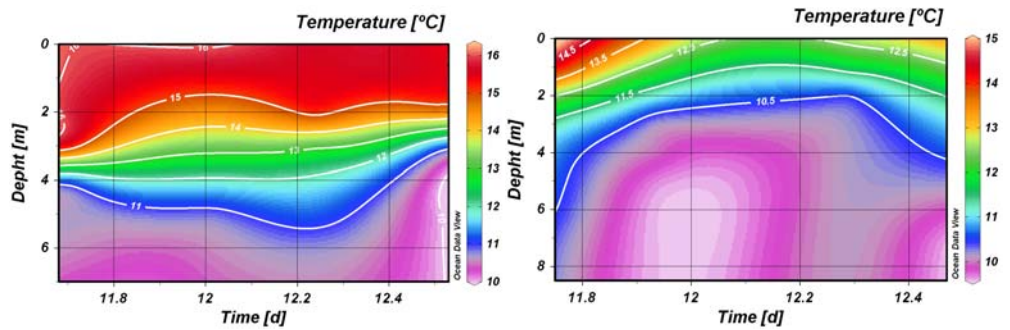
a)



b)



c)



d)

Figura 2. Evolución temporal de la Temperatura (°C) en la columna de agua en la estación Mancera (panel izquierdo) y San Carlos (panel derecho) durante los muestreos realizados el a) 10-11/12/09, b) 10-11/12/09, c) 6-7/12/09 y d) 11-12/12/09.

4.1.1 b) Estación San Carlos

En toda la columna de agua (primer muestreo), se observó una homogeneidad con respecto a la temperatura, el rango varió entre 10,7 y 12,7 °C (Figura 2a). En el segundo muestreo, la temperatura en casi todas las horas se mantuvo relativamente homogéneo a excepción de las primeras horas donde se observó una pequeña estratificación vertical debido al calentamiento de día (26 noviembre, entre las 18:00 hrs.; Figura 2b); el rango fluctuó de 12,5 a 14,3 °C en la profundidad. Los valores de temperatura en el tercer muestreo oscilaron de 10 a 13 °C y la termoclina localizadas alrededor de 1 m (Figura 2c). En el cuarto muestreo, el rango de temperatura fue homogéneo con una variación de 2 °C en la superficie y con diferencias entre 14,5 y 10 °C para la superficie y fondo, respectivamente (Figura 2d).

4.1.2 Salinidad

4.1.2 a) Estación Mancera

En el primer muestreo, a diferencia de la temperatura, la salinidad mostró mayor heterogeneidad variando entre 0 y 30 ups, y se evidenció una marcada haloclina, entre 2 y 2,5 m de profundidad durante el ciclo mareal (representada por la isohalina 20; Figura 3a). Durante el segundo muestreo, en la salinidad, se nota la influencia de agua dulce en los primeros metros, el rango fue heterogéneo, variando entre 0 y 35 ups. Se observó una marcada haloclina entre aproximadamente 2 y 3 m (Figura 3b). En cuanto a la salinidad del tercer muestreo, ésta varió de forma marcada en casi toda la columna de

agua, con valores que fluctuaron entre 0 a 30 ups. La haloclina, representada por la isohalina 20, se distribuyó según la fase de marea visible (Figura 3c). Al igual que la temperatura, la salinidad en el cuarto muestreo fue heterogénea con valores de 5 en la superficie a 30 ups en el fondo. Se observó una marcada haloclina (isohalina 20; Figura 3d) que varió a lo largo del día entre los 2 y 2,5 m.

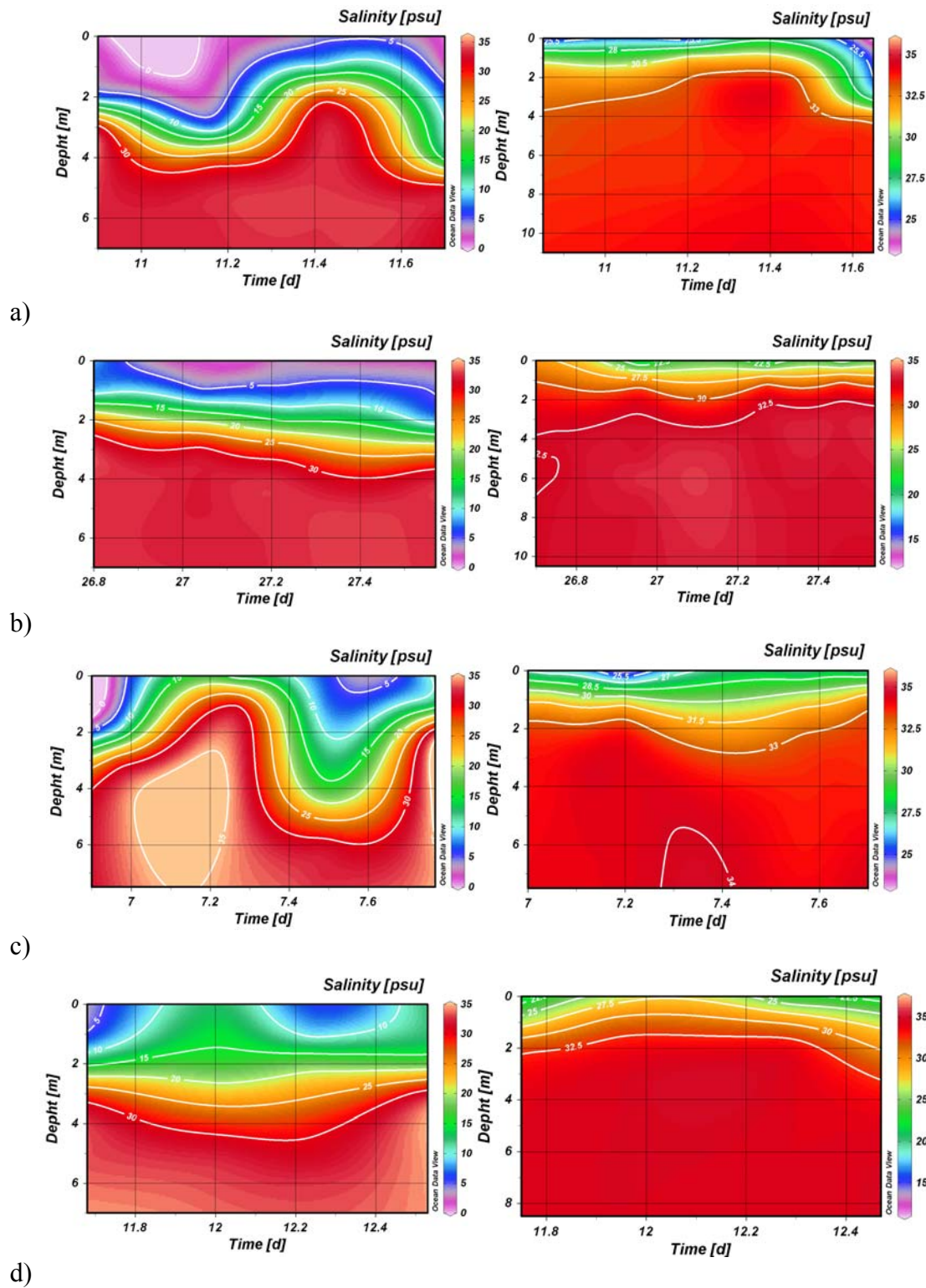


Figura 3. Evolución temporal de la Salinidad (ups) en la columna de agua en la estación Mancera (panel izquierdo) y San Carlos (panel derecho) durante los muestreos realizados el a) 10-11/12/09, b) 10-11/12/09, c) 6-7/12/09 y d) 11-12/12/09.

4.1.2 b) Estación San Carlos

La salinidad fue heterogénea, con salinidades altas desde 25,5 ups en superficie y superior a 33 ups debajo de los 5 m. Se observó una haloclina bien definida a una profundidad cercana a 2 m representada por la isohalina de 30,5 (Figura 3a). En esta estación no se observaron claramente las modulaciones de la marea. La salinidad fue alta y heterogénea en el segundo muestreo, y varió entre 22,5 y 32,5 ups en toda la columna de agua a lo largo del día, la haloclina se apreció cerca de la superficie a 1 m (Figura 3b). Durante el tercer muestreo, la salinidad fluctuó entre 26 y 34 ‰. La haloclina apareció cerca de la superficie (~ 1m) representado por la isohalina 3 (Figura 3c). En el cuarto muestreo, el rango de salinidad fue heterogéneo y varió de 25 en la superficie a 32,5 ups en la profundidad. Se detectó una haloclina bien definida que varió alrededor de 1 m de profundidad (isohalina 27,5; Figura 3d).

3.2. Abundancia y distribución del microzooplancton en la columna de agua.

Se identificaron 5 grupos principales de microzooplancton: dinoflagelados, ciliados aloricados, tintínidos, estadíos larvales y rotíferos. El grupo de los dinoflagelados fue el dominante 71% y 69%, seguidos de los tintínidos 7% y 9% y estadíos larvales 8% y 12) en las estaciones de Mancera y San Carlos, respectivamente (Figura 4A y 4B). Dentro de los dinoflagelados, los géneros identificados fueron *Ceratium*, *Dinophysis*, *Diplopsalis*, *Gonyaulax*, *Protooperidinium* y *Scripsiella* (Tabla 1 y Figura 5a, 5b y 5c). Los ciliados se dividieron en dos grupos: aloricados en el que se identificó el género *Strombidium* y lorricados o tintínidos que fueron representados en su mayoría por las especies *Eutintinnus rugosus*, *Favella serrata* y el género *Helicostomella* (Figura 5d, 5e y 5f) y en menor proporción por los géneros *Acanthostomella*, *Codonellopsis*, *Protorhabdonella* y *Tintinnopsis*. Del taxón rotífero, se identificaron dos géneros:

Keratella y *Polyarthra* (Figura 5g, 5h). También, se identificaron estadios tempranos de invertebrados: larvas de crustáceos (nauplios de copépodos y copepoditos; Figura 5i y 5j) y larvas de cirripedios (balánidos; Figura 5k) y larvas de poliquetos (Figura 5l) (Tabla 1).

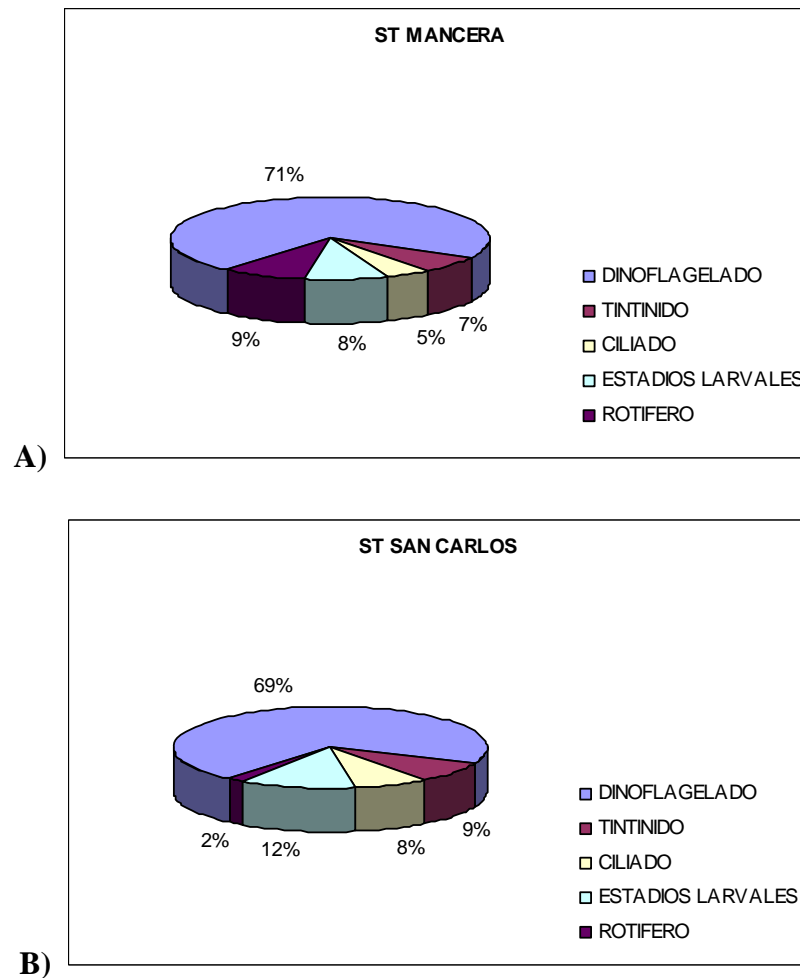


Figura 4. Abundancia relativa (%) de los grupos de microzooplancton observadas en las estaciones A) ST Mancera y B) ST San Carlos.

Tabla 1. Abundancia relativa (%) de los géneros y/o especies del microzooplancton en ambas estaciones.

TAXA	ST MANCERA	ST SAN CARLOS
DINOFLAGELADO		
<i>Ceratium</i> spp.		
<i>Ceratium furca</i>	0,33	0,5
<i>Ceratium lineatum</i>	0,1	0,12
<i>Ceratium candelabrum</i>	1,69	0,18
<i>Ceratium pentagonum</i>	0,05	0,26
<i>Ceratium tripos</i>	0,21	0,34
<i>Dinophysis</i> spp.		
<i>Dinophysis acuminata</i>	3	2,77
<i>Dinophysis tripos</i>	-	0,07
<i>Dinophysis rotundata</i>	3,06	2,61
<i>Diplopsalis</i> sp.	8,39	10,89
<i>Gonyaulax</i> sp.	0,52	1,47
<i>Protoperidinium</i> spp.		
<i>Protoperidinium spp1 (chico)</i>	15,1	18,34
<i>Protoperidinium spp2 (mediano)</i>	1,38	4,28
<i>Protoperidinium spp3 (grande)</i>	0,33	0,43
<i>Scripsiella</i> sp.	35,3	23,44
TINTINIDO		
<i>Acanthostomella</i> sp.	0,05	-
<i>Codonellopsis</i> sp.	0,16	0,28
<i>Eutintinnus</i> sp.		
<i>Eutintinnus rugosus</i>	2,41	2,89
<i>Favella</i> sp.		
<i>Favella serrata</i>	0,96	1,27
<i>Helicostomella</i> sp.	2,38	2,76
<i>Protorhabdonella</i> sp.	0,05	-
<i>Tintinnopsis</i> sp.	0,37	0,79

CILIADO		
<i>Strombidium</i> sp	2,1	2,74
Tipo barril	2,11	2,09
Tipo cono	0,37	2,62
ESTADIOS LARVALES	8,13	11,35
ROTIFERO		
<i>Keratella</i> sp.	5,78	1,01
<i>Polyarthra</i> sp.	2,45	0,45

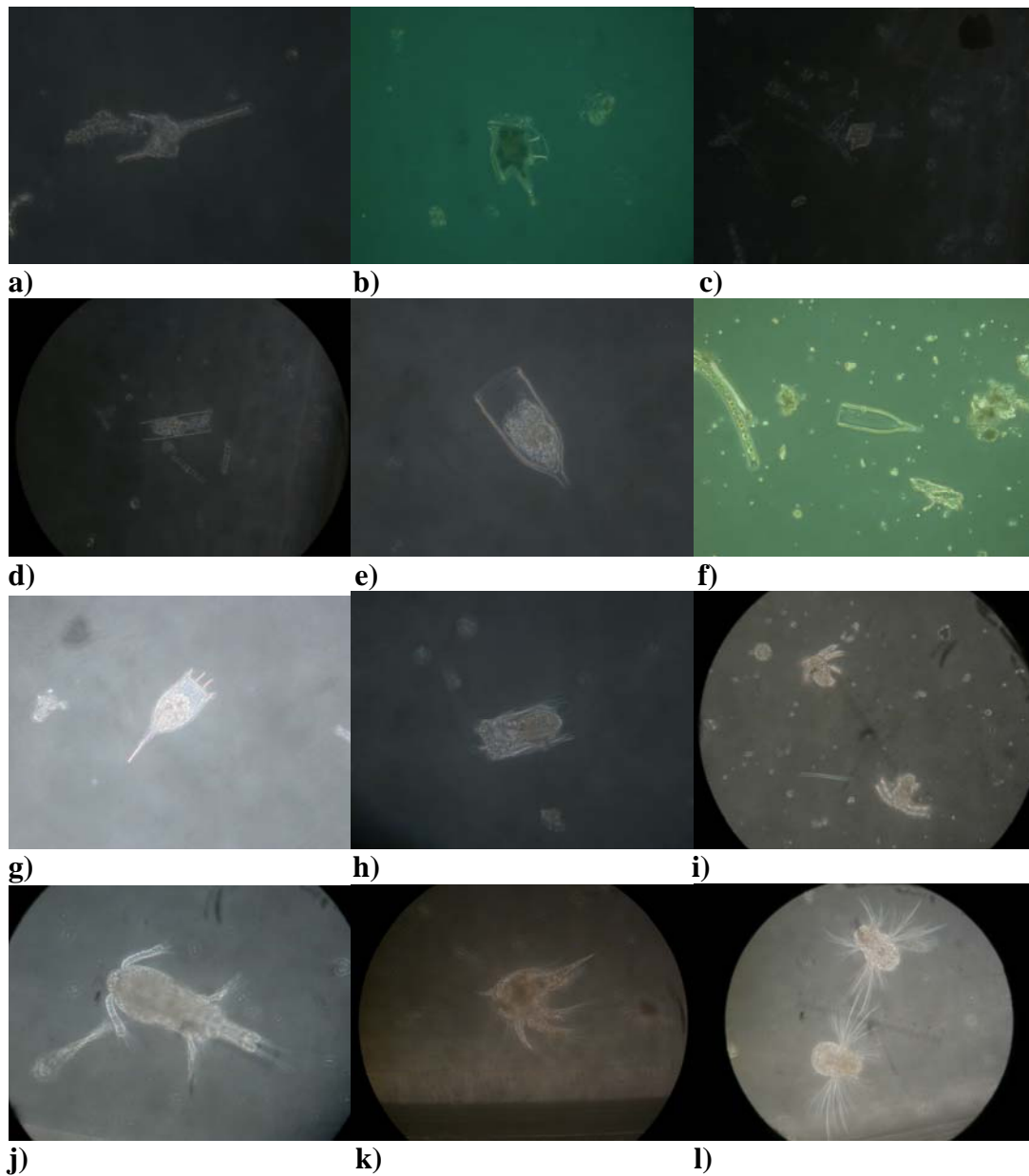


Figura 5. Géneros y estadios larvales que representan el total de microzooplancton en la zona de estudio. a) Género *Ceratium*, b) Género *Dinophysis*, c) Género *Proto-peridinium*; este grupo corresponde al taxón Dinoflagelados. d) Género *Eutimninus*, e) Género *Favella*, f) Género *Helicostomella*; corresponde al Taxón Tintínidos. g) Género *Keratella*, h) Género *Polyarthra*; corresponde al taxón Rotíferos. i) nauplios de copéodos, k) Copepoditos, l) Balánidos, m) larvas de poliqueto; corresponden al grupo de estadios larvales.

3.2.1 Abundancia

3.2.1 a) Estación Mancera.

El microzooplancton estuvo presente en la toda la columna de agua (hasta 8 m), donde las mayores abundancias se encontraron en el estrato medio en los 4 cruceros (Figura 6a). En el estrato superficial se encontró abundancias entre 50 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 250 ind L⁻¹ (muestreo 2, 3 y 4; Figura 6A) con valores promedio de 125 ± 188 ind L⁻¹. En el estrato medio, la abundancia varió entre 100 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 1500 ind L⁻¹ (muestreo 3; Figura 6B) con valores promedio de 383 ± 188 ind L⁻¹. En el estrato fondo, las abundancias variaron entre 100 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 900 ind L⁻¹ (muestreo 4; Figura 6C) con valores promedio de 236 ± 427 ind L⁻¹.

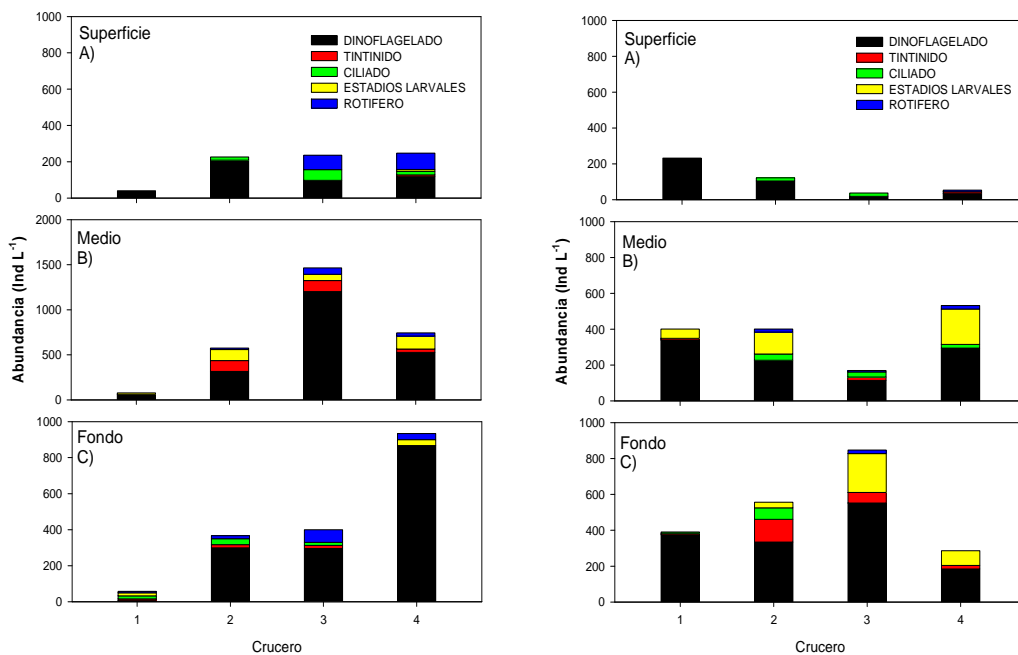


Figura 6. Variación temporal de la abundancia y composición del microzooplancton durante el período de muestreo en la estación Mancera (panel izquierdo) y San Carlos (panel derecho). Muestreo 1 (10-11/11/09), 2 (26-27/11/09), 3 (6-7/12/09) y 4 (11-12/12/09).

Del grupo de los dinoflagelados, se encontró un total de 7 géneros diferentes, los más abundantes encontrados fueron *Ceratium*, *Dinophysis*, *Diplopsalis*, *Protoperidinium* y *Scripsiella* (figura 7a), que varió entre 200 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 700 ind L⁻¹ (muestreo 2; Figura 9A) con un promedio de valores de 415 ± 246 ind L⁻¹ en el estrato superficie; las abundancias encontradas en el estrato medio variaron entre 1200 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 2800 ind L⁻¹ (muestreo 2; Figura 9A) con un promedio de valores de 1645 ± 693 ind L⁻¹ y en el estrato fondo, las abundancias fluctuaron entre 500 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 1800 ind L⁻¹ (muestreo 2; Figura 9A) con promedios de 1042 ± 584 ind L⁻¹.

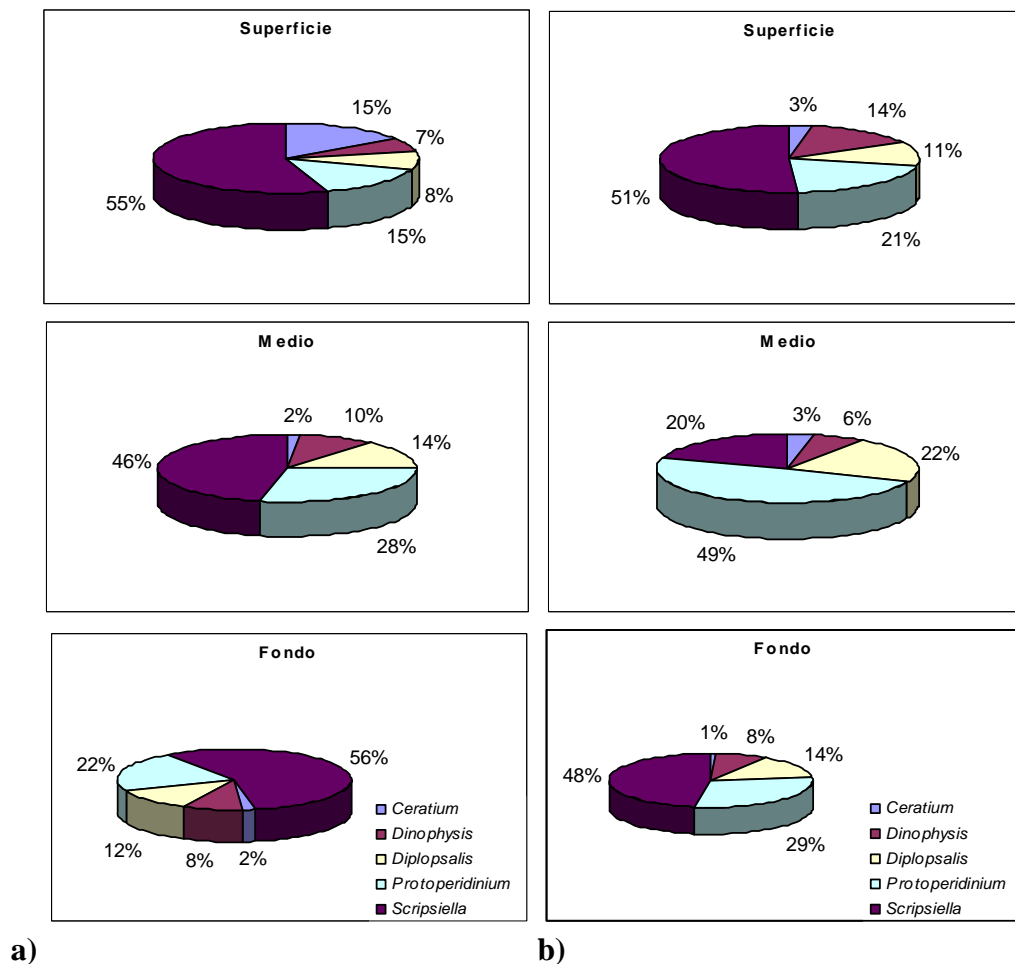


Figura 7. Géneros más abundantes en los estratos de la superficie, medio y fondo. Dinoflagelados en la estación a) Mancera y b) San Carlos.

En tintínidos se encontró un total de 7 géneros de los cuales los más abundantes estuvieron dados por *Eutintinnus*, *Favella* y *Helicostomella* (Figura 8a), con valores que oscilaron entre 20 ind L⁻¹ (muestreo 4) y 40 ind L⁻¹ (muestreo 3; Figura 9B) con un valor promedio de 24 ± 20 ind L⁻¹ en el estrato superficie; en el estrato medio, las abundancias fluctuaron entre 50 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 400 ind L⁻¹ (muestreo 2; Figura 9B) con una media de 171 ± 143 ind L⁻¹, y en el estrato fondo, las abundancias de individuos variaron entre 20 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 150 ind L⁻¹ (muestreo 2; Figura 9B).

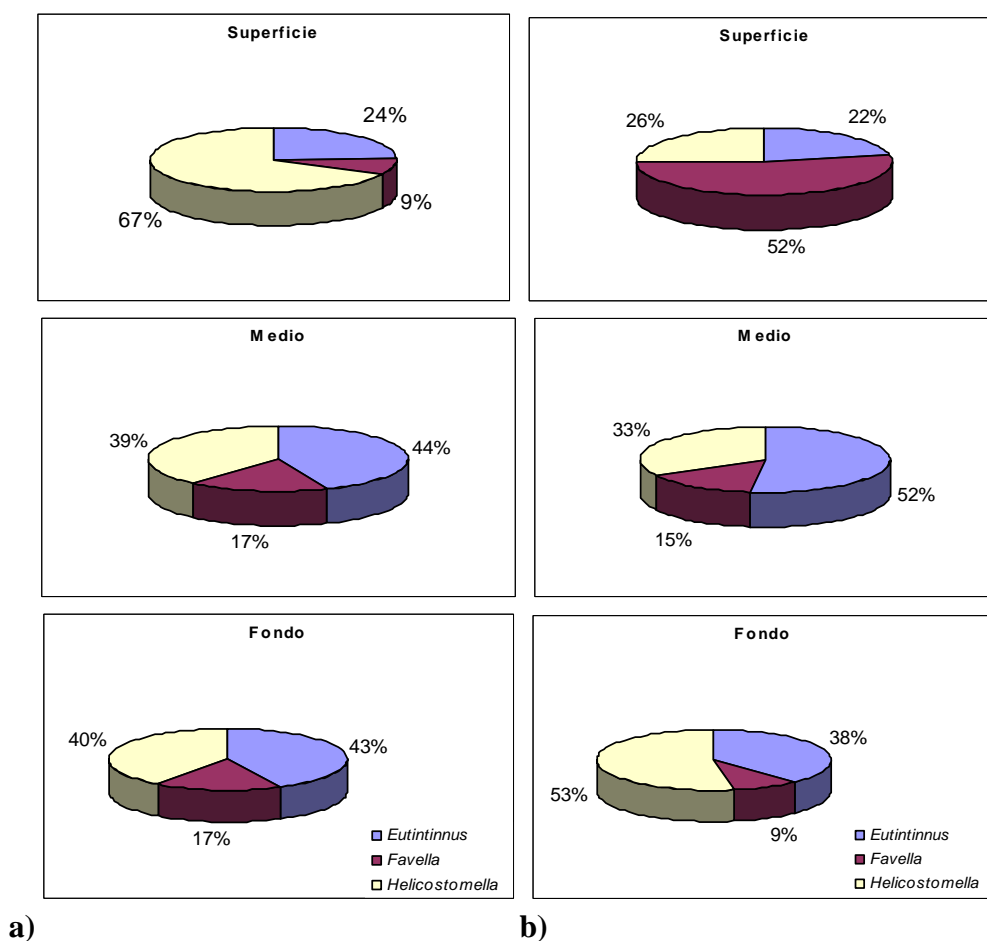


Figura 8. Géneros más abundantes en los estratos de la superficie, medio y fondo.

Tintínidos en la estación a) Mancera y b) San Carlos.

Por último, el grupo estadíos larvales, fueron recolectados durante todos los cruceros, con abundancias que oscilaron entre 20 ind L⁻¹ (muestreo 4) y 100 ind L⁻¹ (muestreo 2;

Figura 9C) con un valor promedio de 27 ± 37 ind L^{-1} en el estrato superficie; la abundancia de individuos aumentó entre 180 ind L^{-1} (muestreo 1) y 300 ind L^{-1} (muestreo 2; Figura 9C) con una media de 251 ± 62 ind L^{-1} en el estrato medio y decreciendo en el estrato fondo con valores que oscilaron entre 50 ind L^{-1} (muestreo 1) y 150 ind L^{-1} (muestreo 4; Figura 9C) con un valor promedio de 84 ± 42 ind L^{-1} .

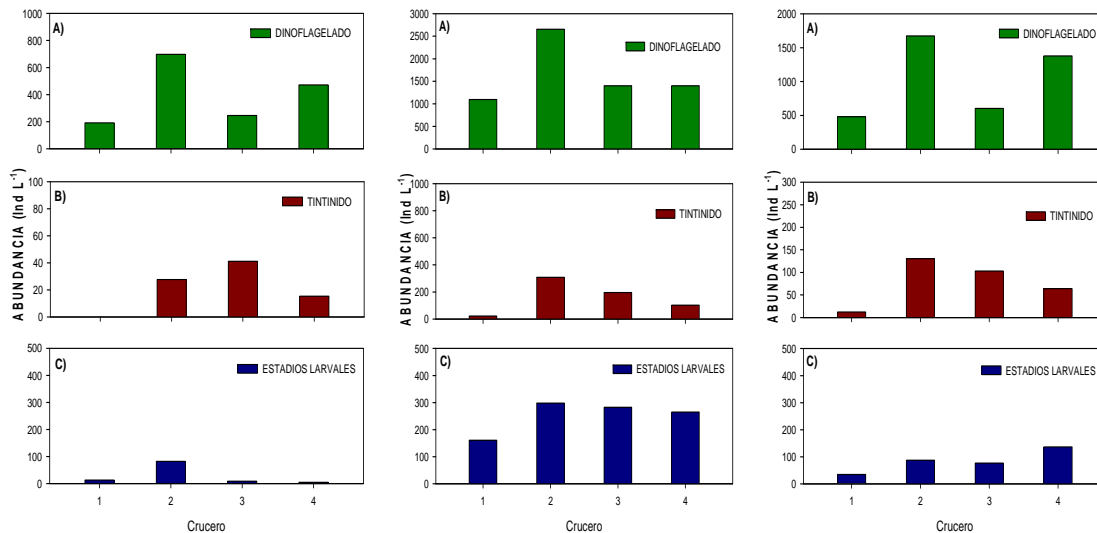


Figura 9. Abundancia de los géneros más importantes de A) Dinoflagelados, B) Tintínidos y C) Estadios larvales en el estrato superficie (panel izquierdo), medio (panel central) y fondo (panel derecho) en la estación Mancera. Muestreo 1 (10-11/11/09), 2 (26-27/11/09), 3 (6-7/12/09) y 4 (11-12/12/09).

Con respecto a la interacción de las mareas sobre la abundancia del microzooplancton, el ANOVA de dos vías detectó, que los rotíferos son influidos por las mareas ($F = 8,365$, $p = 0,006$) aumentando sus abundancia durante la fase llenante de la marea (Figura 10), a diferencia de las demás taxa (Tabla 2). La variable hora del día (día-noche) no influyó en la abundancia de los taxa. En la interacción hora del día y fases de marea, la abundancia de dinoflagelados se vio afectado significativamente, por lo tanto, indicó influencia mareal día-noche ($F = 6,761$, $P = 0,012$; Tabla 2); al validarlo con el

Test Tukey, especificó que este grupo fue afectado en marea vaciante durante la noche ($p = 0,015$).

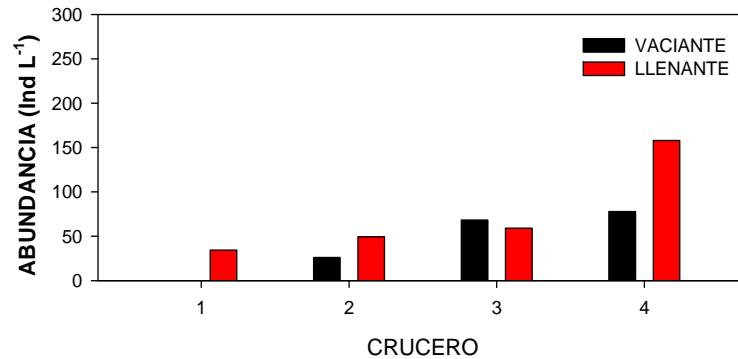


Figura 10. Abundancia de Rotíferos en la estación Mancera durante el período de muestreo en ambos ciclos mareales.

Tabla 2. Influencia mareal en al abundancia del microzooplancton en la estación Mancera.

TAXA	MAREA p	HORA p	INT HORA-MAREA p
DINOFLAGELADO	0,075	0,854	0,012*
TINTINIDO	0,665	0,323	0,279
CILIADO	0,142	0,333	0,151
ESTADIOS LARVALES	0,651	1	0,74
ROTIFERO	0,006*	0,878	0,663

(*) $p < 0,005$. P = nivel de significación de Anova de dos vías

3.2.1 b) Estación San Carlos.

La abundancia del microzooplancton aumentó desde el estrato superficial hasta el fondo en todos los muestreos (Figura 6b). En el estrato de la superficie, hubo abundancias que oscilaron entre 50 ind L⁻¹ (muestreo 3) y 250 ind L⁻¹ (muestreo 1; Figura 6A) con valores promedios de 110 ± 168 ind L⁻¹. En el estrato medio, abundancias variaron entre 200 ind L⁻¹ (muestreo 3) y 600 ind L⁻¹ (muestreo 4; Figura 6B) con una media de 256 ± 360 ind L⁻¹ y por último, las mayores abundancias registradas en el estrato fondo fluctuaron entre 300 ind L⁻¹ (muestreo 4) y 900 ind L⁻¹ (muestreo 3; Figura 6C).

En dinoflagelados, se encontró un total de 7 géneros y los más importantes fueron los mismos encontrados que en la estación Mancera. Los géneros más representativos fueron: *Ceratium*, *Dinophysis*, *Diplopsalis*, *Protoperidinium* y *Scropsiella* en los tres estratos (Figura 7b); la abundancia varió entre 300 ind L⁻¹ (muestreo 3 y 4) y 700 ind L⁻¹ (muestreo 1; Figura 11A) con un valor promedio de 382 ± 208 ind L⁻¹ en el estrato superficial; en el estrato medio, las abundancias oscilaron entre 800 ind L⁻¹ (muestreo 4) y 1300 ind L⁻¹ (muestreo 2; Figura 11A) con valores promedio de 1011 ± 131 ind L⁻¹ y en el estrato fondo, las abundancias fluctuaron entre 800 ind L⁻¹ (muestreo 4) y 1200 ind L (muestreo 3; Figura 11A) con una media de 974 ± 120 ind L⁻¹. En el grupo de los tintínidos, se encontraron 7 géneros y los más abundantes fueron *Eutintinnus*, *Favella* y *Helicostomella* (Figura 8b) con abundancias entre 20 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 60 ind L⁻¹ (muestreo 2; Figura 11B), con una media de 51 ± 19 ind L⁻¹ en el estrato superficie; la abundancia, en el estrato medio, oscilaron entre 20 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 230 ind L⁻¹ (muestreo 3; Figura 11B) con valores promedio de 126 ± 93 ind L⁻¹ y en el estrato fondo, la abundancia de tintínidos fluctuó entre 50 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 150 ind L⁻¹ (muestreo 3; Figura 11B). En los estadios larvales, la abundancia en el estrato

superficie disminuyó con valores entre 10 ind L⁻¹ (muestreo 2, 3 y 4) y 30 ind L⁻¹ (muestreo 1; Figura 11C) con un promedio de 19 ± 3 ind L⁻¹; las mayores abundancias se registraron en el estrato medio con valores que variaron entre 100 ind L⁻¹ (muestreo 2) y 400 ind L⁻¹ (muestreo 4; Figura 11C), y por último, la abundancia en el estrato fondo varió entre 100 ind L⁻¹ (muestreo 1) y 300 ind L⁻¹ (muestreo 4; Figura 11C).

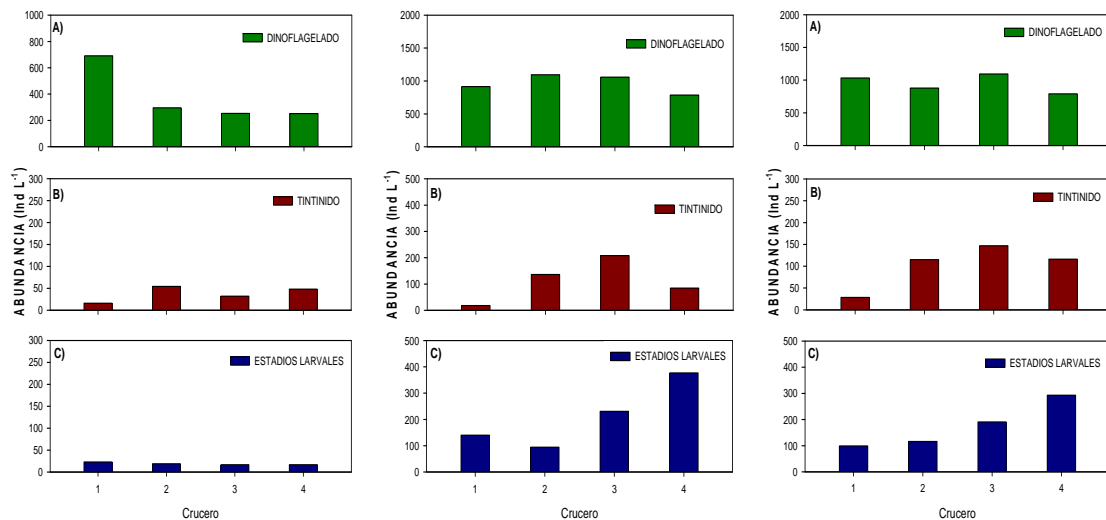


Figura 11. Abundancia de los géneros más importantes de A) Dinoflagelados, B) Tintínidos y C) Estadios larvales en el estrato superficie (panel izquierdo), medio (panel central) y fondo (panel derecho) en la estación San Carlos. Muestreo 1 (10-11/11/09), 2 (26-27/11/09), 3 (6-7/12/09) y 4 (11-12/12/09).

Los resultados que arrojó el ANOVA de 2 vías con factores fase de marea y hora del día, señaló que la abundancia de tintínidos es influida significativamente por las mareas ($F = 9,906$, $p = 0,003$) aumentando sus abundancias en marea llenante (Figura 12) mientras que la hora del día fue independiente para todas las taxa. La interacción hora del día no tuvo efectos significativos en la abundancia de los diversos taxa del microzooplancton. (Tabla 3).

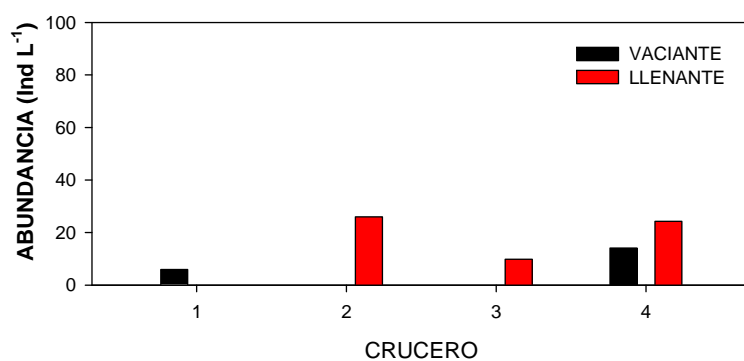


Figura 12. Abundancia de Tintínidos en la estación San Carlos durante el período de muestreo en ambos ciclos mareales.

Tabla 3. Influencia mareal en al abundancia del microzooplancton en la estación San Carlos.

TAXA	MAREA p	HORA p	INT HORA-MAREA P
DINOFLAGELADO	0,651	0,287	0,392
TINTINIDO	0,003*	0,155	0,391
CILIADO	0,848	0,273	0,864
ESTADIOS LARVALES	0,101	0,454	0,778
ROTIFERO	0,984	0,699	0,692

(*) $p < 0,005$. P = nivel de significación de Anova de dos vías

3.2.2 Distribución vertical.

El ANOVA de una vía reveló diferencias significativas en la distribución vertical de los dinoflagelados ($F = 10,979$, $p = 0,002$) durante un ciclo mareal. Durante la marea

vaciante éstos mostraron un ascenso a una profundidad somera de 3,4 m mientras que durante la marea llenante se encontraron a una profundidad de 4,3 m concentrándose siempre en el estrato medio (Figura 13A). El análisis de varianza no detectó diferencias significativas ($p > 0,05$) en la distribución vertical del resto de los taxa analizados (Tabla 4).

Tabla 4. Influencia mareal en la distribución vertical del microzooplancton.

TAXA	MAREA P
DINOFLAGELADO	0,002*
TINTINIDO	0,096
CILIADO	0,617
ESTADIOS LARVALES**	0,505
ROTIFERO	0,715

(*) $P < 0,05$, P = nivel de significación de Anova de una vía.

(**) Análisis no paramétrico U de Mann-Whitney.

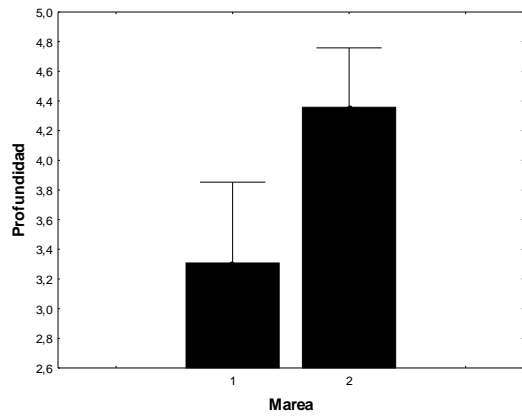
En la distribución vertical de los estadios larvales, a pesar que presentaron distribución normal, no se cumplió el supuesto de homogeneidad de varianza por lo que ANOVA no se realizó. Los resultados indicados a continuación corresponden al análisis no paramétrico de U de Mann-Whitney por separado para cada factor. Los análisis no detectaron diferencias significativas en la profundidad de sus centroides entre fases de marea ($U = 78$, $p = 0,096$) es más, su distribución vertical fue semejante en ambas fases de mareas bordeando los 4 m de profundidad (Figura 13D).

Particularmente en los dinoflagelados, el ANOVA de una vía reveló, a nivel de géneros, diferencias significativas en la distribución vertical de *Diplopsalis*, *Protoperidinium* y *Scripsiella* (Tabla 5). Por lo tanto, serían indicativos en la influencia mareal. El resto de los géneros, no presentó diferencias en la distribución vertical de sus centroides (Tabla 5).

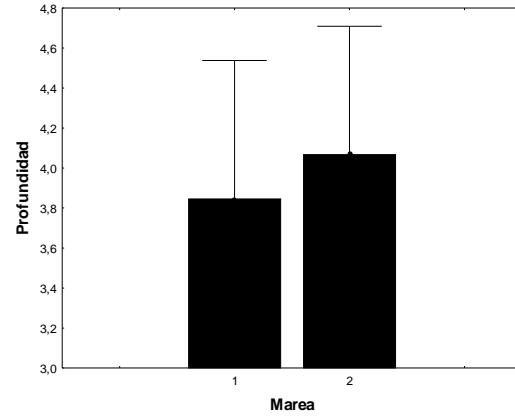
Tabla 5. Influencia mareal en la distribución vertical de algunos géneros y/o especies del microzooplancton.

TAXA	MAREA P
DINOFLAGELADO	
<i>Ceratium</i> spp.	0,0526
<i>Dinophysis</i> spp.	0,099
<i>Diplopsalis</i> sp.	0,003*
<i>Protoperidinium</i> spp.	0,002*
<i>Scripsiella</i> sp.	0,017*
TINTINIDO	
<i>Eutintinnus</i> sp.	
<i>Eutintinnus rugosus</i>	0,525
<i>Favella</i> sp.	
<i>Favella serrata</i>	0,987
<i>Helicostomella</i> sp.	0,974
ROTIFERO	
<i>Keratella</i> sp.	0,811
<i>Polyarthra</i> sp.	0,677

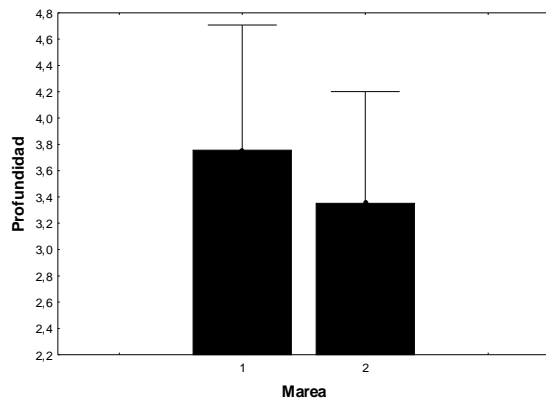
(*) $P < 0,05$, P = nivel de significación de Anova de una vía.



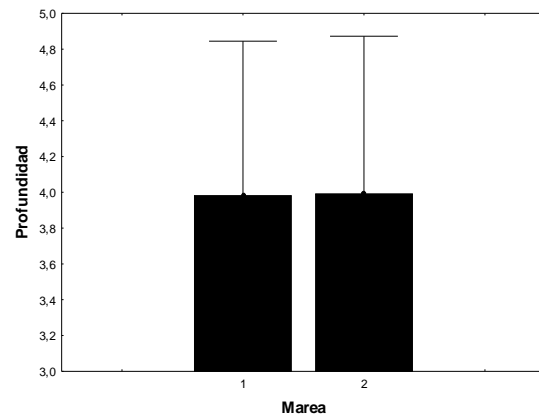
A)



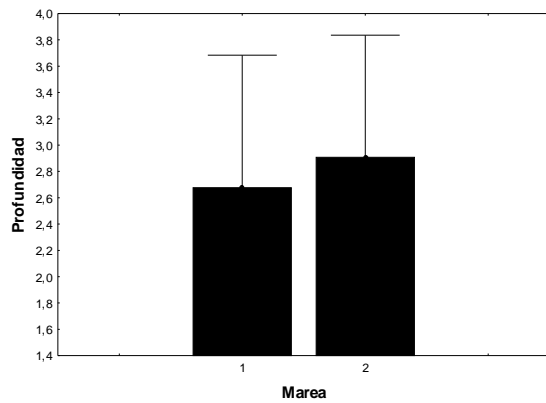
B)



C)



D)



E)

Figura 13. Distribución vertical de los centroides en relación a las fases de marea 1) marea vaciante y 2) marea llenante en los diferentes taxa del microzooplancton: A) Dinoflagelados, B) Tintinidos, C) Ciliados, D) Estadios larvales y E) Rotíferos.

4. DISCUSION

El presente estudio demuestra que algunas características hidrodinámicas del estuario afectan significativamente la distribución y abundancia espacio-temporal del microzooplancton. En este sentido, los patrones de circulación de agua, como los cambios de flujo asociados al ciclo mareal, son de especial importancia para algunos taxa del plancton.

Las especies del microzooplancton que utilizan el estuario como hábitat deben adaptarse a las variaciones espaciales y temporales de las condiciones ambientales. Es innegable que los marcados gradientes verticales que se registran en el estuario del Río Valdivia (particularmente, la salinidad) durante primavera en conjunto con los procesos físicos (circulación tipo estuarina, retención por zonas frontales u ondas de marea, etc.) afectarán y determinarán en gran medida la permanencia (o dispersión) y distribución en la columna de agua de los organismos del plancton y sobre todo aquellos de pequeño tamaño como el microzooplancton.

En el estuario del Río Valdivia, la estructura de la comunidad microzooplanctónica presentó una marcada relación con los cambios en las condiciones hidrográficas según se observó en los resultados en base a las abundancias de taxa encontradas en las dos estaciones muestreadas (Figura 6).

La composición del microzooplancton, representado por dinoflagelados, tintínidos, estadios larvales de invertebrados marinos, ciliados aloricados y rotíferos fue muy variable dentro de la columna de agua por estar íntimamente ligada a las características físicas de la columna de agua donde habitan. En la distribución vertical, la mayor abundancia del microzooplancton en la estación Mancera, se reportó en el estrato medio coincidentemente con la haloclina (que varió entre 4 y 6 m; Figura 6B) mientras que en

la estación San Carlos, las mayores concentraciones de abundancia se reportaron en el estrato fondo (Figura 6C). La distribución vertical en Mancera coincide con otros trabajos desarrollados en sistemas estuarinos, donde la distribución espacial, tanto horizontal como vertical de larvas de peces, están fuertemente influidas por la presencia de una fuerte haloclina, como en el estuario del Río de la Plata, (Berasategui *et al.*, 2004). Entre las diferencias más importantes cuando se comparan ambas estaciones resalta el hecho de la gran concentración de estadios larvales y tintínidos presentes en el estrato fondo de la estación San Carlos característico de aguas más marinas.

Esta tesis demostró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,005$) en la distribución temporal del microzooplancton asociadas a la influencia mareal. Estudios previos acerca de la dinámica frontal, han también demostrado que las fases de marea tienen un importante efecto en los patrones de abundancia planctónica (Kingsford & Suthers, 1996). En el estuario del Río Valdivia, las mareas afectaron a los grupos del plancton en forma diferente, dependiendo de la estación de muestreo. Es así como las mareas afectaron principalmente rotíferos y tintínidos en las estaciones de muestreo de Mancera y San Carlos, respectivamente. Posiblemente los efectos mareales fueron mas notables en estos dos taxa debido a que rotíferos y tintínidos son mas abundantes en ambientes dulceacuícolas y marinos, respectivamente. De esta forma, las fluctuaciones de tipo mareal pueden implicar algún tipo de táctica para permanecer más tiempo en condiciones ambientales favorables y reducir la advección hacia o fuera del estuario. Alternativamente, la advección hacia zonas ambientalmente más desfavorables puede generar alta mortalidad y reducir la significancia del efecto de la marea en la abundancia.

Los resultados permiten establecer que la hipótesis del trabajo puede ser parcialmente aceptada. La distribución horizontal de tintínidos y rotíferos, y vertical de

dinoflagelados fue influenciada significativamente por las mareas. En la distribución vertical, los dinoflagelados están ligados al efecto mareal. En la figura 13A, se observa la profundidad del centroide en ambas mareas; durante marea vaciante los dinoflagelados se encuentran a profundidades más someras en relación a marea llenante, aunque siempre asociados a la haloclina, y esto se debe a que sus poblaciones se distribuyen en función de la salinidad y por lo tanto, a la profundidad.

El predominio de especies de origen marino es común en ambientes estuarinos (Day, 1989) y por lo mismo, tienden a ser más adaptables que los organismos dulceacuícolas. La mayoría de los dinoflagelados y tintínidos se encuentran en ambientes marinos (Taylor & Pollinger, 1987; Pierce, 1996), sólo los rotíferos son diversos en ambientes dulceacuícolas (Ruttner-Kolisko, 1974). En cambio, copépodos y balánidos se encuentran tan diversificados en agua dulce como marina (Bradford-Gieve *et al.*, 1999). Esto ha sido observado en otros grupos faunísticos estudiados en el estuario del Río Valdivia como los peces (Vargas *et al.*, 2003; Valenzuela, C. Datos no publicados).

Se observa que la composición del microzooplancton en el área estudiada, estuvo representada por géneros que son comunes en ambientes estuarinos. Por ejemplo, *Protoperdinium* fue uno de los géneros más abundantes entre los dinoflagelados en el Río Valdivia y que también se han observado en otros ambientes estuarinos como el Río de la Plata (Kogan, 2005) y en los estuarios de Clyde y Loch Striven en Escocia (Laybourn-Parry *et al.*, 1992).

En este estudio, las agrupaciones establecidas sobre las abundancias de los grupos microzooplanctónicos, pone en evidencia que en los 4 muestreos estudiados, el predominio de los distintos grupos microzooplanctónicos se relacionó con determinadas características del ambiente (i.e., salinidad; Figura 6). La similitud en sus patrones de distribución, abundancia y composición del microzooplancton observados en las dos

estaciones, señala la influencia de las condiciones ambientales que caracterizan cada uno de los sectores en el estuario del Río Valdivia.

En ambientes productivos, como el estuario del Río Valdivia, el microzooplancton constituye un importante ítem alimentario para el mesozooplancton (Calvet, 2001). La estratificación de la columna de agua inducida por las descargas de agua dulce provoca un incremento en la producción de fitoplancton y zooplancton (Thordardottir, 1986). Así existe evidencia de que la descarga de agua dulce aumenta la producción secundaria en estuarios, por ejemplo, hay una muy alta correlación entre la tasa de captura de determinados crustáceos de importancia comercial y la descarga de agua dulce de los ríos (Da Silva, 1986). Como consecuencia, todo esto tiene un gran impacto como base alimentaria de algunas larvas de peces pelágicos como sardinas *Strangomera bentincki* y otras especies del intermareal, como el pejesapo *Gobiesox marmoratus*, entre otros que se localizan en estas zonas de desembocadura de ríos y/o estuarios (Vargas *et al.*, 2003). Dado que el fitoplancton es tan abundante en la columna de agua, aunque concentrado en zonas frontales en estuarios, se presume que la disponibilidad de alimento para organismos microzooplanctónicos es variable dentro de la zona de estudio. A su vez, en este tipo de estuarios donde la estratificación es pronunciada (cuña salina en primavera e invierno; Ruiz, 2010), afecta la distribución de organismos planctónicos que constituyen potenciales depredadores del microzooplancton. Según estudios, realizados en el estuario del Río de la Plata, en condiciones de estratificación pronunciada detectada sobre la base de datos de ecosonda, demostró que el mesozooplancton y macrozooplancton se concentran en toda la extensión de la haloclina (Madirolas *et al.*, 1997; Mianzan *et al.*, 2001), así como potenciales consumidores del microzooplancton como larvas de peces (Gifford, 1991; Pierce & Turner, 1992), presentan abundancias máximas bajo la haloclina (Acha *et al.*, 1999; Berasategui *et al.*,

2004). Por consiguiente, en la columna de agua por debajo la haloclina se combinaría una menor concentración de alimento y una presión de predación mayor. En contraste, en las aguas por sobre la haloclina habría una mayor disponibilidad de recursos alimentarios y una presión de predación reducida. Copépodos calanoídeo de la especie *Acartia tonsa* fueron uno de los más abundantes encontrados en la zona de estudio, predominando en los primeros metros de la columna de agua. Los cambios en la distribución vertical de la mayoría de las especies, parecen estar asociadas a la presencia de una capa de baja salinidad entre la superficie y los 5 m, y al fuerte gradiente de salinidad presente que le sigue, entre los 5 y 9 m (Sánchez, 2007). Dada la asociación que tiene los cladóceros con las aguas continentales, su distribución disminuye en profundidad con el aumento de la salinidad, siendo también válido para *Acartia tonsa* que es una especie de copépodo que se encuentra asociado a aguas salobres (Marín, 1985). Las especies restantes de copépodos y eufáusidos, se distribuyen mayormente en aguas oceánicas con salinidades mayores a 30 ups. Esto debería coincidir con la poca abundancia de microzooplancton encontrada en el estrato superficial en ambas estaciones durante el período de estudio en el estuario del Río Valdivia (Figura 6) presumiendo que estarían siendo depredadas por algunas larvas de peces y/o crustáceos planctónicos. Adicionalmente, la mayor turbidez asociada cerca de la capa de fondo puede ser perjudicial para el microzooplancton del estuario del Río Valdivia, reduciendo su capacidad de contacto con sus presas.

Las estrategias alimentarias en larvas de peces reflejan las habilidades para capturar las presas necesarias para su supervivencia y crecimiento (Balbontín *et al.*, 1997). A su vez estas estrategias, característicos de cada especie, pueden experimentar alteraciones inducidas por variaciones en las condiciones ambientales (Theilacker *et al.*, 1996). La alimentación de peces está normalmente acoplada con el ciclo local de producción

planctónica, de manera tal que los estadios larvales tardíos y juveniles primarios de larvas de peces coinciden temporalmente con el máximo de biomasa del zooplancton (Cushing, 1975, 1996; Bollens *et al.*, 1992). En términos más generales, la abundancia de larvas de peces estaría sincronizada con la disponibilidad de presas zooplanctónicas de tamaño adecuado a lo largo de la ontogenia. Por lo mismo, debería estar estrechamente vinculada con el desarrollo estacional de las poblaciones de sus presas (Sabatini, 2004).

La mayoría de las presas encontradas en el contenido estomacal de larvas de gobio *Ophiogobius jenynsi* y chalaco *Calliclinus geniguttatus* en el estuario del Río Valdivia, fueron estadios naupliares de copépodos, copepodito y estadios naupliares de balánidos (Ochoa-Muñoz, M. Datos no publicados). Esta información preliminar, sugiere que una de las causas de la poca abundancia de estadios larvales de copépodos y balánidos encontradas en este estudio, podría ser a la alta selectividad alimentaria de estas especies de ictioplancton por presas de mayor tamaño del microzooplancton. Sin embargo, la dinámica de larvas de peces y sus presas sugieren que las larvas son capaces de agotar el número de presas (Bollens, 1988). Además, dicha selectividad ha reportado una eficiente flexibilidad y oportunismo en el comportamiento trófico de las larvas de peces (Hunter, 1981; Schmitt, 1986), lo que debería incrementar la probabilidad de encontrar una nutrición adecuada cuando los niveles de presas en el medio son bajos. Esto se contrapone con Lasker (1975, 1981) que propone que las larvas de peces (en especial *Engraulis mordax*) dependen de los parches de alimentos que se desarrollan durante períodos de baja intensidad; esto quiere decir que cuando no hay presas suficientes, las larvas mueren de inanición. Es más, la mortalidad por inanición se debe principalmente cuando las larvas de peces se encuentran en la etapa crítica, donde sus reservas de vitelo se agotan y pasan de una alimentación endógena a

una exógena, siendo vital la ocurrencia de una concentración adecuada de alimento (Lasker, 1981). Aunque se ha demostrado que la depredación puede ser considerada como el factor más relevante en los niveles de mortalidad en larvas de peces (Herrera & Aguilera, 1988). Por lo tanto, la falta de alimento o inanición no sería causal importante de mortalidad larval, a lo menos en las áreas costeras de los sistemas de surgencia, donde la existencia de parches adecuados de alimento, durante los períodos de relajación del sistema atmosférico, estaría asegurada (Sepúlveda, 1990).

Este estudio demostró que la alta estratificación y la presencia de una fuerte haloclina constituyen una barrera a la distribución de grupos de afinidad marina y dulceacuícola como rotíferos y tintínidos, respectivamente. Finalmente, ha quedado de manifiesto que estudios de la dinámica trófica de zonas estuarinas, requieren de estimaciones integradas de procesos físicos, químicos y biológicos que consideren los cambios mareales en las escalas temporales (< 6 hr) y espaciales (movimiento del frente halino).

Se puede concluir que la estructura vertical de la comunidad microzooplanctónica está influenciada por la presencia de una haloclina, registrándose organismos que se hallan preferentemente sobre o debajo de la misma en condiciones de estratificación pronunciada. A su vez, la distribución espacial del microzooplancton, está relacionada con los máximos gradientes del estuario (i. e., salinidad, turbidez) y la circulación estuarina. Igualmente las fases de la marea (llenante y vaciante) cumplen un rol significativo en la abundancia y distribución en algunas taxa de la comunidad microzooplanctónica.

6. LITERATURA CITADA

Acha, M. A., Mianzan, H., Lasta, C. & Guerrero, R. (1999) Estuarine spawning of the whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) in the Río de la Plata, Argentina. *Marine Freshwater Research*, 50: 57-65.

Alder, V. A. (1999) Tintinnoinea. En: Boltovskoy, D. (eds). *South Atlantic Zooplankton*, volume 1. Backhuys Publishers, Leiden. 321-384 pp.

Bakun, A. (1996) *Pattern in the ocean: ocean processes and marine population dynamics*. University of California Sea Grant, San Diego, USA in cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México.

Balbontin, F., Llanos, A. & Valenzuela, V. (1997) Sobreposición trófica e incidencia alimentaria en larvas de peces de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 70: 381-390.

Berasategui, A. D., Acha, E. M. & Fernández Araoz, N. C. (2004) Spatial patterns of ichthyoplankton assemblages in the Río de la Plata Estuary (Argentina-Uruguay). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60: 599-610.

Bollens, S. M. (1988) A model of the predatory impact of larval marine fish on the population dynamics of their prey. *Journal of Plankton Research*, 10, 887-906.

Bollens, S. M., Frost, B. W., Schwaninger, H. R., Davis, C. S., Way, K. J. & Landsteiner, M. C. (1992) Seasonal plankton cycles in a temperate fjord and comments on the match-mismatch hypothesis. *Journal of Plankton Research*, 1: 1279-1305.

Boltovsky, D. (1999) *South Atlantic Zooplankton*. Volume 1 y 2. Backhuys Publishers, Leiden. 1706 pp.

Bradford-Gieve, J. M., Markhaseva, E. L., Rocha, C. E. F. & Abiahy, B. (1999) Copepoda. En Boltovsky, D. (ed.). *South Atlantic Zooplankton*. Backhuys Publishers, Leiden. 869-1098 pp.

Calvet, A (2001) Mesozooplankton grazing effect on primary production: A global comparative analysis in marine ecosystems. *Limnol. Oceanogr.*, 46(7): 1824-1830.

Cameron, W. M. & Pritchard, D.W. (1963) *Estuaries*, New York, 306-324 pp.

Cushing, D. H. (1975) *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge, UK, Cambridge Univ. Press, 278 pp.

Cushing, D. H. (1996) *Towards a Science of Recruitment in Fish Populations*. Ecology Institute Oldendorf, Germany, 175 pp.

Da Silva, A. J. (1986) River run off and shrimp abundance in a Tropical Coastal Ecosystem. The example of the Sofala Bank (Central Mozambique), pp. 329-344. In: S.

Skreslet (De.) the role of Freshwater Outflow in Coastal Marine Ecosystem. Springer-Verlag, Berlin.

Day, J. H. (1980) What is an estuary? S. Afr. J. Sci., 76: 15-17.

Day Jr, J. H., Hall, C. A. S., Kemp, W. M. & Yañez-Arancibia, A. (1989) Estuarine ecology. John Wiley & Sons, New York, 558 pp.

Egloff, D. A. (1988) Food and growth relations of the marine microzooplankter, *Synchaeta cecilia* (Rotifera). Hydrobiologia, 157: 129-141.

Field, J. & McFarlane, G. (1982) Numerical methods in marine ecology. I. A quantitative similarity analysis of rocky shore samples in False Bay, South Africa. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 7, 215-253.

Gifford, D. J. (1991) The protozoan-metazoan link in pelagic ecosystems. Journal of Protozoology, 38(1): 81-86

Hansen, P. J. (1991) Quantitative importance and trophic role of heterotrophic dinoflagellates in a coastal pelagial food web. Marine Ecology Progress Series, 73: 253-261.

Harris, S. A. & Cyrus, D. P. (2000) Comparison of larval fish assemblage in three large estuarine systems, KwaZulu-Natal, South Africa. Marine Biology 137, 527–541.

Herrera, G. & Aguilera, E. (1988) Larvas de peces de la zona costera de Talcahuano. Composición y variabilidad temporal. In: Actas Resúmenes de las VIII. Jornadas de Ciencias del Mar, pp. 36-37.

Hunter, J. R. (1981) Feeding ecology and predation of marine fish larvae. En: Lasker, R. (ed.). Marine fish larvae: Morphology, ecology and relation to fisheries: 34-77. Washington Sea Grant Program, Seattle.

Kingsford, M. J. & Suthers, I. M. (1994) Dynamic estuarine plumes and fronts: importance to small fish and plankton in coastal waters of NSW, Australia. *Continental Shelf Research*, 14, 655-672.

Kingsford, M. J. & Suthers, I. M. (1996) The influence of tidal phase on patterns of ichthyoplankton abundance in the vicinity of an estuarine front, Botany Bay, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 43, 33-54.

Krishnamurthy, K., Santhanam, R. & Sundaraj, V. (1979) The trophic tier. *Marine Sciences*, 209-217.

Kogan, M. (2005) Estudio de la composición específica, abundancia y distribución espacial del microzooplancton (Protozoos y Micrometazoos) en el estuario del Río de la Plata (Argentina-Uruguay). Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires, 186 pp.

Lasker, R. (1975) Field criteria for survival of anchovy larvae: The relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful first feeding. *Fishery Bulletin*, US.73, 453-462.

Lasker, R. (1981) Marine fish larvae: morphology, ecology, and relation to fisheries. Washington Sea Grant Program, Seattle, 131 pp.

Laval-Peuto, M., Heinbokel, J. F., Anderson, O. R., Rassoulzadegan, F. & Sherr, B. F. (1986) Role of micro- and nanozooplankton in marine food webs. *Insect Science and its Application*, 7 (3): 387-395.

Laybourn-Parry, J., Rogerson, A. & Crawford, D. W. (1992) Temporal patterns of protozooplankton abundance in the Clyde and Loch Striven. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 35: 533-543.

Madirolas, A., Acha, E. M., Guerrero, R. A. & Lasta, C. (1997) Sources of acoustic scattering near a halocline in an estuarine frontal system. *Scientia Marina*, 61(4): 431-438.

Marín V. & Antezana, T. (1985) Species composition and relative abundance of copepods in Chilean fjords. *J. Plankton Res.*, 7: 961-966.

Mianzan, H. W., Lasta, C., Guerrero, R., Macchi, G. & Bremec, C. (2001) The Río de la Plata Estuary, Argentina-Uruguay. En: Seeliger U., de Lacerda, L. D. and Kjerfve, B.

(eds.). Coastal Marine Ecosystems of Latin America, Springer-Verlag, 144 (13): 185-204.

Niemeyer, H. & Cereceda, P. (1984) Hidrografía. En Instituto Geográfico Militar (ed.), Colección Geografía de Chile. Tomo VIII, 320 pp, Santiago.

Ochoa-Muñoz, M. Sobreposición trófica en larvas de peces del río Valdivia. Tesis de pregrado en preparación.

Pierce, R. W. (1996) Morphology and infraciliature of selected species of Tintinnina with a phylogenetics analysis of the Tintinnina based on infraciliature. Tesis doctoral, Rhode Island University, 230 pp.

Pierce, R. W. & Turner, J. T. (1992) Ecology of Planktonic Ciliates in Marine Food Webs. Aquatic Sciences,6(2): 139-181.

Pino, M., Perillo, G.M.E & Santamaría, P. (1994) Residual fluxes in a Cross-section of the Valdivia River Estuary, Chile. Estuarine, Coastal and Shelf Sciences, 38, 491-505.

Ruiz, M. (2010) Características hidrográficas y estabilidad de la columna de agua en el complejo Estuarino Valdivia – Tornagaleones. Tesis de Grado. Escuela de Biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile, 50 pp.

Ruttner-Kolisko, A. (1974) Plankton rotifers. Biology and Taxonomy. E.Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 146 pp.

Sabatini, M. (2004) Características ambientales, reproducción y alimentación de la merluza (*Merluccius hubbsi*) y la anchoíta (*Engraulis anchoita*) en su hábitat reproductivo patagónico. Síntesis y pespectivas. Rev. Invest. Desarr. Pesq. N° 16: 5-25.

Sánchez, N. (2007) Variación estacional y tasas de ingestión del zooplancton quitinoso dominante en el Fiordo Comau (Décima región, Chile) durante 2005-2007. Tesis de Grado. Escuela de Biología Marina. Facultad de Ciencias. Universidad Austral de Chile, 50 pp.

Schmitt, P. D. (1986) Feeding by larvae of *Hypoatherina tropicalis* (Pisces: Atherinidae) and its relation to prey availability in One Tree Lagoon, Great Barrier Reef, Australia. *Enviromental Biology of Fishes* 16: 79-94.

Sepúlveda, A. (1990) Variabilidad temporal del ictioplancton en el área de surgencia costera de Chile central: procesos ambientales y biológicos asociados. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias mención Oceanografía. Universidad de Concepción, 85 pp.

Shanks, A. L. (1988) Further support for the hypothesis that internal waves can transport larvae of invertebrates and fish onshore. *Fishery Bulletin*, 86, 703–714.

Sherr, E. B., Sherr, B. F. & Mc Daniel, J. (1991) Clearence rates of <6 µm fluorescently labeled algae (FLA) by estuarine protozoa: potential grazing impact of flagellates and ciliates. *Marine Ecology Progress Series*, 69: 81-92.

Sieburth, J., Smetacek, V & Lenz, J. (1978) Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, 23: 1256-1263.

Smetacek, V. (1981) The annual cycle of protozooplankton in the Kiel Bight. *Marine Biology*, 63: 1-11

Stoecker, D. L. & Egloff, D. A. (1987) Predation by *Acartia tonsa* Dana on planktonic ciliates and rotifers. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 110: 53-68.

Stoecker, D. L. & Capuzzo, J. M. (1990) Predation on protozoa: its importance to zooplankton. *Journal of Plankton Research*, 12: 891-908.

Stuardo, J. & Valdovinos, C. (1989) Estuarios y lagunas costeras: ecosistemas importantes del Chile central. *Amb. y Des.*, Vol. V - N° 1: 107-115.

Taylor, F. J. R. & Pollinger, U. (1987) Ecology of dinoflagellates. En Taylor, F. J. R. (ed.). *The Biology of Dinoflagellate*. Blackwell, Oxford, 399-502 pp.

Theilacker, G., Bailey, K., Canino, M. & Porter, S (1996) Variations in larval walleye pollock feeding and condition: a synthesis. *Fisheries Oceanography* 5 (suppl.1): 112-123.

Thordardottir, T (1986) Timing and duration of spring blooming south and southwest of iceland. In: S. Skreslet (ed.). The Role of Freshwater outflow in Coastal Marine Ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, 345-360 pp.

Tomas, C. R. (1997) Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, Florida. 858 pp.

Utermöhl, H. (1958) Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. Int. Ver. Theor. Angew Limnol., 9: 1-39.

Valenzuela, C. Variabilidad a pequeña escala en la distribución vertical del ictioplancton del complejo estuarino Valdivia-Tornagaleones. Tesis de pregrado en preparación.

Vargas, C., Araneda, S.E. & Valenzuela, G. (2003) Influence of tidal phase and circulation on larval fish distribution in a partially mixed estuary, Corral Bay, Chile. J. Mar. Biol. Ass. U K., 83, 217-222.

Verity, P. G., Stoecker, D. K., Sieracki, M. E., Burkill, P. H., Edwards, E. S. & Tronzo, C. R. (1993) Abundance, biomass and distribution of heterotrophic dinoflagellates during the North Atlantic spring bloom. Deep-Sea Research II, 40 (1/2): 227-244.

