

Dinámica de compuestos nitrogenados en zonas productivas del Mar Argentino en relación con la producción de biomasa de crustáceos planctónicos



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Santiago Enrique Priotto

Director: Rubén J. Lara
Codirectora: Mónica S. Hoffmeyer

Bahía Blanca
2017

A mi familia

Prefacio

Esta Tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctor en Biología, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia (Dto. BByF – UNS) y del Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), durante el período comprendido entre el 01 de Marzo de 2010 y el 19 de diciembre de 2016, bajo la dirección del Doctor Rubén J. Lara (IADO-CONICET) y la Doctora Mónica S. Hoffmeyer (IADO-CONICET).

Biol. M.Sc. Santiago Enrique Priotto

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR</p> <p>Secretaria General de Posgrado y Educación Continua</p> <p>La presente tesis ha sido aprobada el/..../..... , mercedo la calificación de(.....).</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Resumen

La Plataforma Continental Argentina es la más grande en el hemisferio sur. Este ecosistema se caracteriza por la presencia de frentes marinos que regulan el desarrollo de poblaciones biológicas. Un área de especial interés es el Rincón que depende de los aportes de los ríos patagónicos y de los humedales costeros contiguos que determinan un área de importancia ecológica y productiva. En este sistema, el seston es uno de los principales agentes que intervienen en la transformación del CO₂ a compuestos orgánicos y en su posterior exportación a capas más profundas. Las estimaciones de aminoácidos, hexosaminas y quitina nos brindan pistas sobre los procesos que afectan el flujo del carbono hacia la profundidad de los océanos. En este trabajo se realizaron dos campañas oceanográficas en la Plataforma Continental Argentina; la región de Patagonia norte y el sistema de El Rincón, analizándose marcadores bioquímicos en las fracciones del seston, sedimentos y mesozooplancton. El análisis de dichos marcadores, reveló que en la región norpatagónica se consumen nutrientes provenientes de la corriente de Cabo de Hornos y de Malvinas mientras que la salinidad no alcanza a explicar diferencias en la capa eufótica entre las zonas de estudio. Es escasa la influencia de las cuencas sur patagónicas y a pesar de la existencia de corrientes oceánicas que conectan las regiones no se genera total homogeneidad de los parámetros químicos de origen predominantemente fitoplanctónicas. Por su escasa profundidad la materia en suspensión de la plataforma se encuentra en estado inmaduro y terminaría de transformarse al llegar al sedimento. En la zona del talud, las propiedades de la materia orgánica son consecuencia de procesos de degradación durante su descenso, eventos de surgencia, procesos de advección y resuspensión. La distribución del mesozooplancton estuvo principalmente asociada a la concentración del fitoplancton, aunque la salinidad también contribuiría a delimitar su distribución. La activación y desarrollo biológico del mesozooplancton se da de norte a sur demostrando la existencia de heterogeneidad ambiental siendo el talud una zona que motoriza la actividad biológica y la zona de plataforma media un área de alta producción y cierta estabilidad espacio-temporal. La distribución de las fracciones dependerían de las condiciones intrínsecas de cada ambiente. En El Rincón se determinó que los compuestos químicos analizados responden a una sumatoria de factores donde cobra relevancia la formación temporal del sistema de circulación anticiclónico favorecida por el desplazamiento de las corrientes marinas en la plataforma. Estas condiciones promueven procesos regenerativos de la materia. Ni la salinidad ni la temperatura ni la distribución de nutrientes son por si solos determinantes de la distribución del mesozooplancton sino que ello responde a una diversidad de

factores, como el florecimiento y distribución del fitoplancton así como de las mareas y los vientos. El aporte del mesozooplancton al material particulado es significativamente menor al aporte del fitoplancton y el bacterioplancton. Una parte importante del material en suspensión es de origen inorgánico lo que favorece la turbidez del sistema. El crecimiento de las fracciones planctónicas a partir del momento de activación biológica es dependiente de la capacidad de acumular reservas lipídicas de cada fracción.

Abstract

The Argentine Continental Shelf is the largest in the southern hemisphere. This ecosystem is characterized by the presence of marine fronts that regulate the development of biological populations. An area of special interest is "El Rincón" that depends on the contributions of the Patagonian rivers and the contiguous coastal wetlands that determine an area of ecological and productive relevance. Seston with its components (phytoplankton, bacterioplankton and zooplankton) is one of the main agents involved in the conversion of CO₂ to organic compounds and its subsequent export to deeper layers. Estimates of amino acids, hexosamines and chitin provide clues to the processes that affect the flow of carbon and nitrogen to the deep ocean. In this work two oceanographic campaigns were carried out in the Argentine Continental Shelf; the northern Patagonian region and the "El Rincón" system, in order to analyze biogeochemical markers in seston, sediment and mesozooplankton fractions. The analysis of these markers revealed that nutrients from the "Cabo de Hornos" and Malvinas current are consumed in the North Patagonian region, while salinity does not explain differences in the euphotic layer between the study areas. The southern Patagonian basins did not completely explained the spatial distribution of chemical markers despite the existence of ocean currents that connect different areas of the shelf. Due to its shallow depth the suspended matter of the platform is immature and would be mostly transformed in bottom sediments. In the slope area, the properties of organic matter are a consequence of degradation processes during their descent, upwelling events, advection and resuspension processes. The distribution of mesozooplankton was mainly associated to phytoplankton concentration, although the salinity would also contribute to delimit its distribution. The activation and biological development of mesozooplankton occurs from north to south. This reveals the existence of environmental heterogeneity, i.e. the slope is an area that drives the biological activity and the middle platform is an area of high production and some spatio-temporal stability. The distribution of fractions would depend on the intrinsic conditions of each environment. In "El Rincón", the distribution of chemical compounds analyzed corresponded to a sum of factors where the temporal formation of the anticyclonic circulation system favored by the displacement of the marine currents in the platform becomes relevant. These conditions promote regenerative processes of organic matter. Neither salinity nor temperature nor nutrient distributions are determinants of the distribution of mesozooplankton, whereas it responds to a variety of factors, such as the blooming and distribution of phytoplankton as well as tides and winds. The contribution of mesozooplankton to the particulate matter is significantly lower than the contribution of phytoplankton and

bacterioplankton. An important part of suspended material is of inorganic origin which favors the turbidity of the system. The growth of the planktonic fractions from the moment of biological activation is dependent on its capacity to accumulate lipid reserves.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Capítulo 1. Introducción | 1 |
| 1.1 Introducción general | 1 |
| 1.2 Objetivo general | 13 |
| 1.3 Objetivos específicos | 13 |
| Capítulo 2. Materiales y Métodos | 16 |
| 2.1 Área de estudio | 16 |
| 2.2 Métodos de campo y analíticos | 19 |
| 2.3 Análisis estadístico | 21 |
| Capítulo 3. Resultados y discusión: Análisis del seston en la Plataforma Continental Argentina, Patagonia Norte | 25 |
| 3.1 Descripción de los parámetros ambientales en la zona de estudio | 25 |
| 3.2 Valores medios de concentraciones de aminoácidos totales y aminoazúcares en las zonas de estudio de la plataforma continental | 26 |
| 3.3 Análisis de comportamiento y cambios porcentuales de aminoácidos particulares | 27 |
| 3.4 Análisis de comportamiento y cambios porcentuales de aminoazúcares particulares | 53 |
| 3.5 Conclusión | 59 |
| Capítulo 4. Resultados y Discusión: Análisis del mesozooplancton en la Plataforma Continental Argentina, Patagonia Norte | 63 |
| 4.1 Análisis de la influencia de los parámetros ambientales sobre la composición del mesozooplancton en la zona de estudio | 63 |
| 4.2 Análisis de la distribución del mesozooplancton a través de la observación de las concentraciones de aminoácidos particulares | 69 |
| 4.3 Análisis del contenido de aminoácidos individuales en las fracciones mesozooplanctónicas | 82 |
| 4.4 Análisis del contenido de aminoazúcares individuales en las fracciones mesozooplanctónicas | 100 |
| 4.5 Análisis multivariado | 107 |
| 4.6 Conclusión | 112 |
| Capítulo 5. Resultados y Discusión: Análisis del seston en el sistema costero El Rincón | 117 |
| 5.1 Descripción de los parámetros ambientales en la zona de estudio | 117 |
| 5.2 Distribución de la clorofila en el sistema El Rincón y la relación con el seston | 119 |
| 5.3 Distribución de nutrientes en el sistema El Rincón y la relación con el seston | 123 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.4 La generación y distribución de aminoácidos no proteicos en el sistema El Rincón | 127 |
| 5.5 Distribución de aminoazúcares en el sistema El Rincón | 129 |
| 5.6 Análisis multivariado | 131 |
| 5.7 Análisis del índice de degradación de la materia | 132 |
| 5.8 Conclusión | 134 |
| Capítulo 6. Resultados y Discusión: Análisis del mesozooplancton en el sistema costero El Rincón | 137 |
| 6.1 Análisis de la influencia de los parámetros ambientales sobre la composición y distribución del mesozooplancton en la zona de estudio | 137 |
| 6.2 Distribución del fitoplancton y su relación con el mesozooplancton | 138 |
| 6.3 Análisis del contenido de aminoácidos en el mesozooplancton en la región de estudio y su relación con el cociente C/N | 143 |
| 6.4 Análisis de contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales en el mesozooplancton | 154 |
| 6.5 Análisis del contenido de aminoácidos individuales | 157 |
| 6.6 Conclusión | 163 |
| Bibliografía | 168 |
| Agradecimientos | 183 |

Capítulo 1. Introducción

1.1 Introducción general

El gran ecosistema marino de la plataforma continental del Atlántico Sudoccidental tiene un total de 2,7 millones de km² comprendido desde el sur de Brasil, Uruguay y Argentina y alcanzando en el sector argentino un ancho máximo de 850 km. Así es que constituye la plataforma continental más grande en el hemisferio sur cuyas aguas resultan de la mezcla de varios tipos de aguas: costeras, subantárticas, subtropical y aguas de mezcla (Bisbal, 1995). En esta pueden definirse frentes hidrográficos que son estructuras físicas de características definidas que influyen sobre la dinámica de los ecosistemas marinos aumentando la producción primaria y secundaria (Sabatini y Martos, 2002). Estos frentes poseen la capacidad de concentrar plancton y material particulado induciendo el aumento de productividad de las masas de agua (Guerrero y Piola, 1997). Las evidencias físicas y biológicas sobre frentes marinos han permitido a su vez definir regiones o zonas en la plataforma continental. Cuatro de esas zonas, la zona de surgencia Atlántica, la zona estuarina de clima templado, la zona de marea Patagónica y la zona del talud de la plataforma ocupan la mayor parte de la plataforma atlántica (Acha et al., 2004).

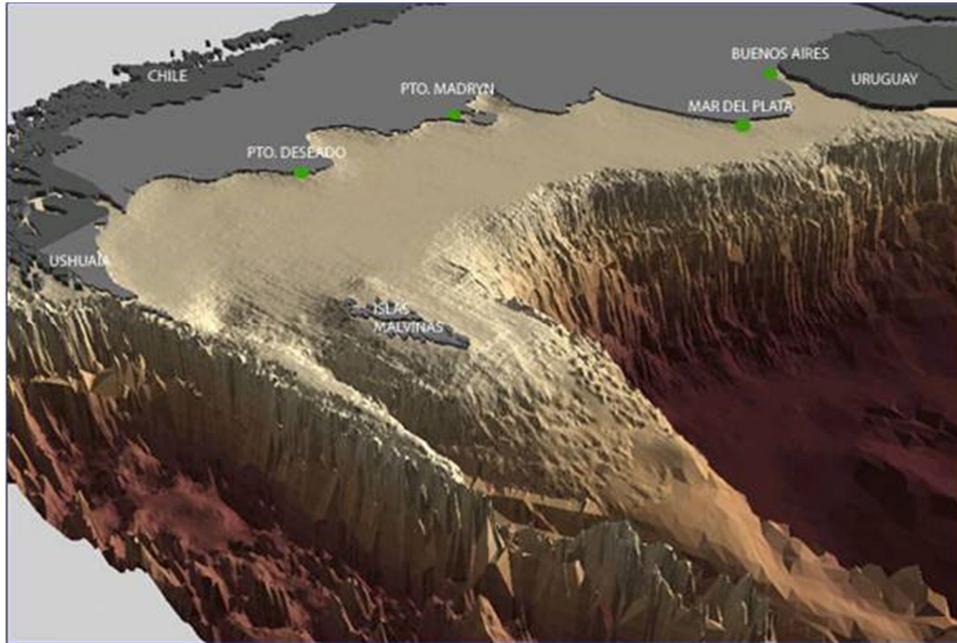


Figura 1.1: Esquema tridimensional de la Plataforma Continental Argentina. Imagen adaptada de Campagna et al. (2005).

En este contexto, nuestro país presenta ambientes marinos con una estructura particularmente favorable para la identificación de eventos de cambios climáticos y fluctuaciones del nivel del mar a partir de variaciones en la paleo productividad, tales como una gran diversidad de frentes costeros o de talud. Si bien algunas zonas frontales están bajo el efecto de las oscilaciones de El Niño, su influencia presente y pasada ha sido poco estudiada. Entre los efectos del ENSO se encuentra la perturbación del régimen de precipitaciones, lo que induce cambios en el equilibrio hidrológico de algunas cuencas. En las cuencas conectadas con la zona templada de los estuarios del Atlántico, El Niño induce en general un exceso de precipitaciones que aumenta la descarga fluvial, afectando la hidrodinámica de los estuarios y aumentando la fertilización y productividad del mar adyacente. Contrariamente, La Niña produce períodos de sequía en la región Bonaerense, lo que retrae los aportes continentales e incrementa la salinidad en los humedales y aguas costeras.

En la región Norpatagónica-Bonaerense, las variaciones significativas de los aportes continentales a través de los ríos Colorado y Negro, o causadas por la expansión o contracción de los humedales adyacentes han causado variaciones en la producción primaria costera y en la estructura morfológica y estratigráfica del fondo marino en el Holoceno como así también en la actualidad. Éstas deben haber quedado registradas en la columna sedimentaria, contribuyendo su estudio a la reconstrucción de las condiciones paleoclimáticas e hidrológicas y de sus variaciones locales y regionales en función de oscilaciones climáticas de impacto global. Por lo tanto, un área de especial interés para las investigaciones propuestas es la relacionada con el frente de El Rincón. Este sector de la plataforma interior depende directamente tanto de los aportes de los ríos Colorado y Negro, como de los humedales costeros contiguos en los estuarios de Bahía Blanca y Bahía Anegada-San Blas, los cuales se encuentran influenciados por el desplazamiento de la Diagonal Árida, sea por fenómenos de escala global por causas astrofísicas tales como la denominada Pequeña Edad del Hielo, o por impactos diferenciales del ENSO en la zona costera o cordillerana. El Rincón presenta un frente salino costero de orientación N-S altamente sensible a cambios de caudal fluvial con características de área de cría y alta productividad biológica, debido a la abundancia de plancton y una asociación importante de peces demersales y costeros.

En función de la distribución horizontal de salinidad en la región de la Plataforma Continental Argentina se destacan las áreas de baja salinidad en la desembocadura del Río de la Plata y del Estrecho de Magallanes. En contraste el golfo San Matías y la zona más profunda de El Rincón (Prov. De Buenos Aires) presentan máximos relativos de salinidad (Guerrero y Piola, 1997). Al sur de 37°S, se identifican tres masas de aguas: agua del talud o plataforma externa, de salinidad relativamente alta (33,9-34,3); agua de la plataforma central (33,4-33,8) y agua costera o de la plataforma interior con valores relativamente bajos de salinidad (<33). Esta última ocupa dos regiones ubicadas una en el Golfo San Matías, sobre el sector norte y otra en el sector sur del litoral bonaerense. La alta salinidad de un sector de El Rincón puede

deberse a la existencia de mayor evaporación local sumado al efecto de la circulación más restringida en el área y/o por la descarga sobre la plataforma del agua con un mayor contenido de sal recientemente formada en el golfo San Matías que no alcanza a ser contrarrestados por los aportes continentales de los ríos Colorado y Negro (Guerrero y Piola, 1997) al sur de la Provincia de Buenos Aires. Es de destacar que el río Negro aporta el 49% del volumen de agua dulce aportados al océano atlántico por los ríos patagónicos mientras que el Colorado el 7% (Depetris et al., 2005).

En el sector central de la Plataforma Continental Argentina se encuentran tres áreas de interés estudiadas por su importancia ecológica y productiva, el frente de marea de la Península Valdés, el frente del talud de la plataforma continental y la zona de El Rincón. El frente de mareas de la Península Valdés es un frente térmico de mesoescala (100-1000 km) observado en primavera y verano, que define el límite entre aguas estratificadas (offshore) y un sector litoral con columna de agua homogénea, como consecuencia del mezclado vertical del agua. La génesis de este frente se da en primavera (Acha et al., 2004). El frente del talud de la plataforma, en cambio, es permanente y caracteriza el límite externo de la plataforma continental, condicionado por la presencia de cañones transversales que crean una topografía con alta energía de relieve, donde tiene asiento una compleja dinámica hidrográfica con profundas consecuencias biológicas (Campagna et al., 2005). El límite interior se encuentra entre las isobatas de 90 y 100 metros y durante el invierno, sólo la salinidad controla su gradiente de densidad (Acha et al., 2004). La zona de El Rincón está caracterizada por una marcada homogeneidad vertical, mientras que horizontalmente presenta un frente costero salino que separa aguas diluidas, provenientes del Río Negro y del Río Colorado, de aguas de plataforma. Este frente, orientado en sentido norte-sur, resulta forzado por la batimetría y por la circulación media de plataforma (Guerrero, 1998). Las sustancias orgánicas y nutrientes en los ríos proveen información importante sobre procesos dentro de las cuencas de drenaje y aportes de materiales orgánicos e inorgánicos terrestres al océano (Lobbés et al., 2000). El río Colorado aporta aguas provenientes del derretimiento de nieves de Los Andes

y algunas lluvias en verano mientras que el Negro presenta combinaciones de derretimientos de nieves y lluvias de verano. El río Negro aporta altos contenidos de carbono orgánico particulado (POC) mientras que el Colorado se distingue por altos contenidos de fosforo particulado (PP) carbono inorgánico particulado (PC) y cocientes POC/PN (nitrógeno particulado) (Depetris et al., 2005).

Las masas de agua que se observan sobre la plataforma continental argentina deben analizarse en función de las características de las aguas que ingresan desde áreas adyacentes, de las modificaciones debidas al intercambio de propiedades y energía con la atmósfera, y de la descarga continental resultando, por ejemplo el agua de plataforma, de la mezcla del aporte del Estrecho de Magallanes con el agua de Malvinas (Guerrero y Piola, 1997). Estos aportes y mezclas determinarían las condiciones biológicas y sus gradientes de cambio en cada región.

Los cálculos de balance de masa presentados por Bauer y Druffel (1998) sugieren en su estudio que las entradas de carbono orgánico disuelto (DOC) y POC en suspensión desde los márgenes del océano al interior del mismo o mar abierto, pueden ser más que un orden de magnitud mayor que las entradas de carbono orgánico producido recientemente derivado de la superficie del océano. Así es que la cantidad y composición de la materia orgánica en los sedimentos marinos está influenciada por la fuente, reactividad, diagénesis y régimen deposicional (Keil et al., 1998) de cada región en particular. Es importante mencionar que Lara et al. (2010), describieron a la región central de la plataforma, cercana al sur de la provincia de Buenos Aires, como una región con concentraciones de POC y clorofila mayor al de las otras regiones de la plataforma continental y de características regenerativas por los altos cocientes de C:N producto de cantidades considerables de detritos y componentes reciclados en la materia orgánica particulada (POM).

Considerando los aspectos que caracterizan a los distintos sectores de la plataforma, es lógico pensar en el condicionamiento que éstos imponen a la distribución de las poblaciones de organismos que la habitan. Por ejemplo,

dentro de las regiones del Ecosistema Costero de la Plataforma Bonaerense hasta la región Norpatagónica existen sectores donde la producción de fito-zooplankton y biomasa bacteriana dependen predominantemente de la regeneración de nutrientes (Carreto et al., 1995) con el nitrógeno como factor limitante (Carreto et al., 1981; Carreto, 2001); mientras que otros ambientes están más conectados al ingreso de nutrientes a través de zonas frontales, como por ejemplo los frentes de El Rincón y de la Península de Valdés.

Dentro de las comunidades de organismos pelágicos y durante los procesos que van desde la fijación de carbono inorgánico en biomoléculas por los productores primarios hasta su incorporación al sedimento marino, el fito-y zooplankton cumplen una función esencial en los flujos de materia.

La mayoría de la biomasa fitoplanctónica probablemente es transferida al subsistema béntico vía sedimentación, pero otro probable camino de la biomasa del fitoplancton es ser utilizada por niveles tróficos superiores, a través de interacciones predador-presa, como el pastoreo del zooplankton en el estrato superior (Perissinotto, 1992). La mayor parte de la materia orgánica producida en la zona eufótica en mar abierto es remineralizada y reciclada en la parte superior de la columna de agua donde la concentración de oxígeno disuelto es alta, hay gran actividad bacteriana y consumo de POC por el zooplankton.

Uno de los mayores productores de biomasa zooplanctónica es el grupo de los copépodos, perteneciente al mesozooplankton, (Verity y Smetacek, 1996), por lo que resulta relevante para el análisis de la distribución y aporte a los procesos de ciclado a los que se ve sometidas las distintas fuentes de carbono y nitrógeno, y será objeto de estudio en el presente trabajo. El mesozooplankton comprende a la fracción de organismos de menos de <5 mm de largo y se compone principalmente de los mencionados copépodos (89%), ostrácodos, pterópodos y formas juveniles de eufáusidos y anfípodos. Esta fracción aporta aproximadamente entre un 50 y un 60% de la biomasa total de zooplankton en otoño y en primavera, respectivamente. Las dos especies dominantes de copépodos calanoideos en la región de la plataforma austral

son: *Drepanopus forcipatus* (que se distribuye ampliamente en aguas de la plataforma) y *Calanus australis* (que se ubica en aguas de la plataforma interna y media). En general, el mesozooplancton muestra una leve tendencia a aumentar en aguas costeras (en proximidades de la isobata de 50 m), mientras que disminuye en aguas intermedias y vuelve a incrementarse en la zona del talud y aguas adyacentes (Campagna et al., 2005).

Además del mencionado reciclaje en la capa fótica, un mecanismo importante de transformación de la materia orgánica ocurre durante la rápida sedimentación de partículas grandes, como pellets fecales o nieve marina de tamaño del orden de >200 micras de diámetro. A medida que descienden en la columna de agua las partículas disminuyen su diámetro, lo que se produce mediante procesos enzimáticos y procesos oxidativos. Sin embargo, estas partículas de menor tamaño no permanecerían inalterables sino que sufrirían procesos constantes de re embalaje biológico para volver a producir partículas de mayor tamaño con tasas de sedimentación mayores (Suess, 1980; Emerson y Hedges, 2010).

En cuanto a los cambios composicionales de la materia orgánica la mayoría de las transformaciones bioquímicas tienen lugar por encima de 300 m de profundidad, mientras que a partir de los 1000 m los cambios son relativamente pequeños (Siezen y Mague, 1978; Azam et al., 1983; Jianfang et al., 1999). Dicha desaceleración en los procesos de cambio se deben a condiciones de menor temperatura y actividad heterotrófica, que no obstante pueden significativamente influenciar la diagénesis de las partículas a profundidades mayores (Wakeham y Lee, 1989).

La materia orgánica inanimada particulada en ecosistemas acuáticos consiste en una mezcla de productos de síntesis, degradación y re-síntesis procedente de procesos bióticos y abióticos. Junto con el fitoplancton y la materia inorgánica suspendida constituyen la mayor parte del seston (Harris et al., 2000). Éste juega dos papeles importantes en el flujo de energía y elementos en los sistemas marinos. En primer lugar, constituye una ruta de CO² a compuestos orgánicos y la posterior exportación de C a capas más profundas

(por ejemplo, la "bomba biológica"), y en segundo lugar forma la base de la trama trófica marina (Frigstad et al., 2011). Además de componentes identificables provenientes de células vegetales y animales, tales como proteínas, lípidos y carbohidratos, una fracción importante de la materia orgánica natural existe en forma de una compleja mezcla de compuestos denominados sustancias húmicas: productos refractarios –o lentamente degradables- de la diagénesis de la materia orgánica. Datos de campo obtenidos por Hubberten et al. (1994) sobre la materia orgánica disuelta (DOM) mostraron también que los componentes lábiles y refractarios coexisten ya en la superficie de la columna de agua mientras que los componentes refractarios son dominantes en aguas más profundas.

A medida que las partículas descienden en la columna de agua y se depositan en el sedimento, se producen en ellas transformaciones que pueden reflejar las características metabólicas y estructurales de los organismos. Las proteínas son un componente esencial del metabolismo de todo el plancton, mientras que la quitina y el peptidoglucano representan típicas biomoléculas estructurales del exoesqueleto zooplanctónico y la pared celular bacteriana, respectivamente. La presencia de estas macromoléculas en la materia orgánica puede inferirse a través de sus componentes monoméricos, por ejemplo, los aminoácidos con valor biológico en las proteínas, y las hexosaminas (HA) tales como la glucosamina como componente de la quitina y la galactosamina del peptidoglucano. Por tanto, resulta importante la determinación de los procesos de transformación y cambios porcentuales de estas moléculas durante el proceso de descenso de la materia orgánica para establecer interacciones con y dentro de las comunidades de organismos involucradas.

Según los resultados obtenidos en los trabajos de Siezen y Mague (1978), los componentes proteicos del plancton son relativamente más lábiles que otros constituyentes ricos en carbono y son preferencialmente degradados durante el descenso a grandes profundidades. Por otra parte la presencia de un mayor contenido de constituyentes orgánicos fácilmente degradables y cocientes más altos de material proteico sobre aminoácidos no proteicos a menudo han sido

reportados durante los periodos de aumento de la productividad y flujos de partículas, sugiriendo que la eficiencia de la descomposición disminuye durante periodos de alto flujo de materia (Haake et al., 1992).

Se sabe que el plancton producido en o cerca de la superficie llega al fondo marino como detritus y sus nutrientes orgánicos unidos constituyen la fuente principal de alimentos para todos los animales que se alimentan por filtración, incluso aquellos que habitan el fondo, y micro-organismos presentes en los sedimentos (Degens et al., 1964; Braker et al., 2001). Así, como consecuencia de la movilidad de la materia en sentido vertical, en los sedimentos, los porcentajes molares de aminoácidos cambian lentamente con la profundidad y esto se atribuye a las diferencias individuales en la reactividad de los aminoácidos (Cowie y Hedges, 1992), dependiendo de sus contenidos de nitrógeno, longitud de cadena y grupos funcionales (Dauwe y Middleburg, 1998).

Las comunidades zooplanctónicas determinan los recursos disponibles para muchos niveles tróficos superiores (Yun et al., 2015). Las estimaciones de aminoácidos (AA) y hexosaminas (HA) en zooplancton junto con los parámetros basados en estas dos clases de compuestos se han utilizado en estudios con POM en aguas de mar y sedimentos por ser componentes fácilmente degradables en la columna de agua. Por ello estas estimaciones nos brindan pistas sobre los procesos que afectan el flujo del POC hacia la profundidad de los océanos (Gupta y Kawahata, 2003).

Los aminoácidos contienen la mayor cantidad de nitrógeno en los organismos vivos, así como la gran mayoría del nitrógeno orgánico identificable en DOM y la materia orgánica particulada (POM) (Mc Carthy et al., 2004). Los aminoácidos, hexosaminas y carbohidratos comprenden por lo menos entre el 60 y 80% del peso seco total de los organismos marinos y son los constituyentes más fácilmente degradables de la materia orgánica, siendo degradados preferentemente durante el descenso de las partículas orgánicas en la columna de agua (Haake et al., 1992). Según los estudios realizados en el trabajo de Williams y Poulet (1986), ciertos aminoácidos son indetectables o

raros en el agua marina mientras que están presentes o son muy abundantes en la fase particulada, como es el ácido glutámico, la histidina, la glutamina, la glicina y la fenilalanina.

Leucina, isoleucina y fenilalanina van disminuyendo paulatinamente durante los procesos de alteración de la POM mientras que tirosina, histidina y metionina disminuyen rápidamente. La acumulación de glicina y treonina se debe probablemente a que éstos se encuentran en gran parte como constituyentes de paredes celulares que se conservan durante la descomposición y descenso en la columna de agua, mientras que los aminoácidos que se encuentran en el plasma celular (tirosina, fenilalanina y ácido glutámico) tienden a ser consumidos rápidamente (Dauwe et al., 1999). Por otra parte Hubberten et al. (1995) en concordancia con Burdige and Martens (1988) sugieren diferencias en las tasas de solubilización, metabolismo y humificación del material proteínico como explicación para el aumento de la fracción molar de la glicina a medida que aumenta la profundidad en la columna de agua y sedimentos. Así las diferencias en la tasa de disminución de ciertos aminoácidos en la materia orgánica particulada sería la razón de su conservación selectiva o utilización.

El porcentaje molar combinado de los dos aminoácidos no proteico β -alanina y ácido γ -amino butírico (Gaba), es un indicador de frescura relativa del POM (Gupta y Kawahata, 2003). Estas moléculas son el resultado de la descomposición de asparagina (Asp) y glutamina (Glu) respectivamente (Müller et al., 1986; Haake et al., 1992). Así, elevados porcentajes molares (>1%) de aminoácidos no proteicos en sedimentos también son indicativas de diagénesis. Aminoácidos como la β -alanina, gaba y ornitina se producen durante la degradación del ácido aspártico, ácido glutámico, treonina y arginina respectivamente (Keil et al., 1998). Una fuente adicional de β -alanina es la descomposición anaeróbica de uracilo. Cuando se expresan como % molar, estos aminoácidos pueden aumentar hasta valores tan altos como 40% del total después de largos periodos diagenéticos (Keil et al., 1998).

Por otra parte, la relación entre las concentraciones totales de AA y HA (AA/HA) es útil para diferenciar al zooplancton quitinoso (AA/HA, 9) del fitoplancton (AA/HA>80) en material detrítico (Gupta y Kawahata, 2003; Haake et al., 1992). El cociente entre glucosamina y galactosamina (GLUAM/GALAM) se utiliza como indicador para diferenciar zooplancton quitinoso de la biomasa microbiana. Un cociente es relativamente alto (>8) en la materia orgánica enriquecida en quitina y decrece durante la biodegradación. Así, valores menores a 4 indicarían la presencia de biomasa microbiana y procesos biodegradativos de la materia orgánica avanzados (Gupta y Kawahata, 2003). Valores relativamente bajos de GLUAM/GALAM (<2) son indicativos de alteraciones diagenéticas y de fuentes bacterianas según Davis et al. (2009).

La quitina es, después de la celulosa, el polisacárido más abundante producido por los seres vivos en la biosfera. Se considera que la quitina es cuantitativamente uno de los más importantes polisacáridos de los ecosistemas marinos (Lardinois et al., 1995; Poulicek y Jeuniaux, 1991) y junto a los aminoácidos representan una fuente fundamental de nitrógeno para los organismos heterótrofos que constituyen parte de las tramas tróficas. Este compuesto es sintetizado por el sistema quitina-sintetasa o quitina UDP-acetilglucosaminiltransferasa. Su biosíntesis parece ser una característica primitiva de la célula eucariota (Jeuniaux, 1971), y es producida por diferentes organismos unicelulares como las diatomeas (Smucker, 1990), levaduras, Rhizopoda (Jeuniaux y Francoise, 1991), foraminíferos (Hedley, 1962), cnidosporidios (Vavra, 1967) y Ciliata (Bussers y Jeuniaux, 1974). Los mohos y hongos también son bien conocidos como productores de quitina. Los crustáceos son los productores principales de quitina en las comunidades bentónicas del infralitoral que crecen sobre sustratos rocosos (Jeuniaux y Francoise, 1991) mientras que carecen por completo de ella las bacterias y las algas azul-verdes.

Se ha calculado que la producción total de quitina en el conjunto de ciclos biológicos marinos sería mayor a 2,3 millones de toneladas métricas por año (Jeuniaux y Francoise, 1991). Estas enormes cantidades de quitina que se

producen cada año en los mares y los océanos tienen que ser compensadas por mecanismos de biodegradación eficaz, a pesar de una considerable inmovilización de carbono orgánico y nitrógeno ya que la mayoría de los sedimentos tienen un contenido de quitina bajo o muy bajo (Jeuniaux y Francoise, 1991). Esto sólo puede explicarse por los procesos de degradación de compuestos quitinosos muy activos de modo que desaparece en casi la misma proporción en que se produce. A través de mecánicas y procesos de biodegradación, este material quitinoso se incorpora parcialmente a las partículas de materia en suspensión en los océanos (Dave y Poulicek, 1988; Loizeau, 1989; Poulicek y Jeuniaux, 1991). La mayoría de los polímeros orgánicos pueden ser descompuestos por las comunidades acuáticas anaerobias. La biodegradación anaeróbica de los sustratos del esqueleto se debe principalmente a las bacterias, diatomeas y hongos (Simon, 1988; Simon y Poulicek, 1990; Simon et al., 1989; May y Perkins, 1979).

Se conoce que durante la descomposición microbiana, los componentes reactivos se eliminan selectivamente, resultando en la regeneración de nutrientes inorgánicos y en un enriquecimiento relativo de los componentes menos reactivos (Davis et al., 2009). Generalmente, la descomposición dependiente de la profundidad en la columna de agua es más rápida para aminoácidos que para carbohidratos y hexosaminas (Haake et al., 1992). Los cambios producidos en la plataforma continental, producto de variaciones en el transporte de nutrientes por las corrientes marinas que por ella circulan es reflejado en la materia orgánica particulada en suspensión y pueden ser estudiados a través del análisis y reconstrucción de eventos pasados en los sedimentos marinos (Lara et al., 2010). La preservación en la columna sedimentaria de sustancias o patrones de composición característicos de producción marina permitiría la identificación de períodos de mayor o menor fertilidad de las aguas. Variaciones que persisten durante largos períodos de tiempo, pueden provenir de alteraciones en la circulación de las corrientes oceánicas y/o de variaciones de los aportes de origen continental, los cuales obedecen a cambios climáticos sostenidos significativos.

Lo expuesto evidencia con claridad la relevancia de los procesos de cambio de la materia orgánica en el que se ven involucrados los grupos de organismos planctónicos y biomoléculas mencionadas. Esto cobra particular importancia en el estudio y descripción de las regiones productivas de la plataforma continental argentina, así como de las transformaciones que hacen posible el sostenimiento de las redes tróficas que en ella se encuentran, constituyendo su estudio el objetivo central de su trabajo.

1.2 Objetivo general

Hemos visto que las características de la plataforma continental argentina resultan en la formación de diversos sistemas frontales de alta producción biológica y considerable variabilidad espacio-temporal. De ello se deriva la hipótesis central que dicha variabilidad debería reflejarse en las características biogeoquímicas de la materia orgánica contenida en el plancton, detritos en suspensión y sedimentos.

En este marco, uno de los objetivos centrales del presente trabajo consiste en la investigación de la influencia de la heterogeneidad ecosistémica en los patrones de composición de la materia orgánica, su variabilidad geográfica y su relación con la abundancia planctónica.

Adicionalmente el análisis de componentes específicos de relevancia fisiológica y estructural en distintas fracciones del plancton en la columna de agua apunta a reconocer y elaborar indicadores biogeoquímicos que puedan contribuir a la reconstrucción de variaciones pasadas de la producción biológica almacenadas en el registro sedimentario.

Para ello se plantearon los siguientes objetivos:

1.3 Objetivos específicos

1-Profundizar en el conocimiento de los procesos de la producción y transformación de la materia orgánica nitrogenada particulada por organismos zooplanctónicos.

2-Analizar la composición, densidad y la biomasa del mesozooplancton en zonas de alta producción pelágica.

3-Establecer la dinámica del N en términos de la determinación de aminoácidos en muestras de seston.

4-Relacionar la dinámica de los compuestos nitrogenados bajo estudio con los parámetros físicoquímicos y oceanográficos y la producción de crustáceos planctónicos en función de determinar la variabilidad general del sistema.

Capítulo 2. Materiales y Métodos

2.1 Área de estudio

Se realizaron dos campañas oceanográficas, en la Plataforma Continental Argentina y en el sistema de El Rincón en las que se realizaron las actividades de muestreo de materiales biológicos (seston y plancton).

En la primavera austral del año 2009, entre los días 12 y 29 de noviembre, durante la Campaña Oceanográfica "Concacen-Noviembre 2009" a bordo del Buque Oceanográfico Puerto Deseado, se tomaron muestras de seston a diferentes profundidades en la columna de agua (Figura 2.1) y de mesozooplancton (Figura 2.2) en los estratos superficial y subsuperficial en 17 estaciones de muestreo, todas ellas ubicadas a lo largo de la derrota del buque (entre 39,77 S y 43,75 S y entre 55,79 W y 64,79 W), cubriendo tres áreas: el borde del talud o zona externa (ZE), el área del frente de la Península Valdés o zona interna (ZI) y área intermedia de la plataforma continental o zona central (ZC). También se obtuvieron dos testigos, el PD19 (41,58 S y 64,45 W) en el Golfo San Matías y PD33 (42,48 S y 64,37 W) en el Golfo Nuevo.

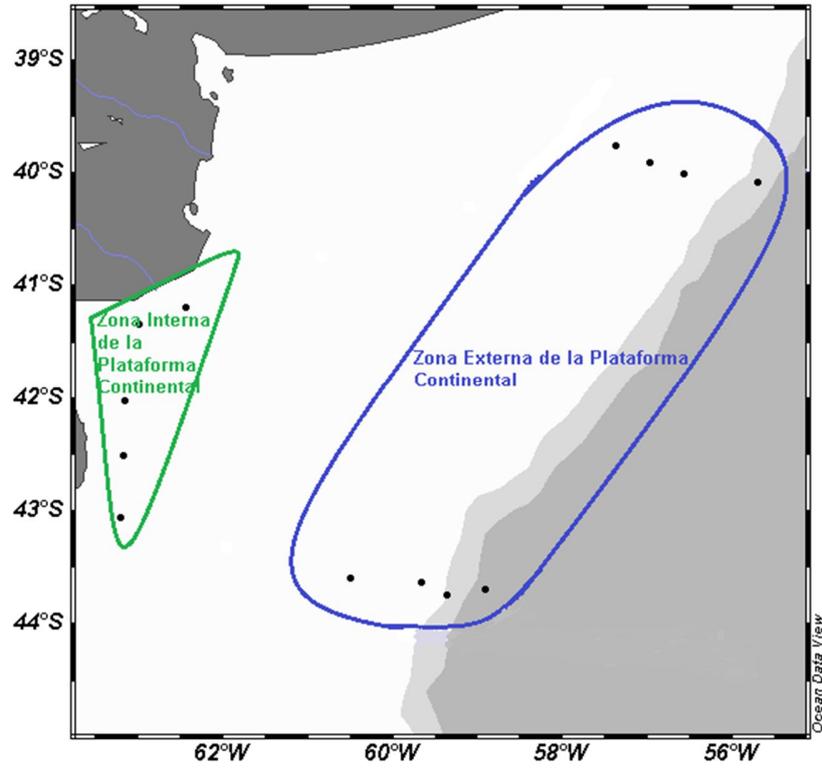


Figura 2.1. Región de estudio de seston en la Plataforma Continental Argentina donde se distinguen dos zonas de trabajos, la región costera y la región del frente del talud continental.

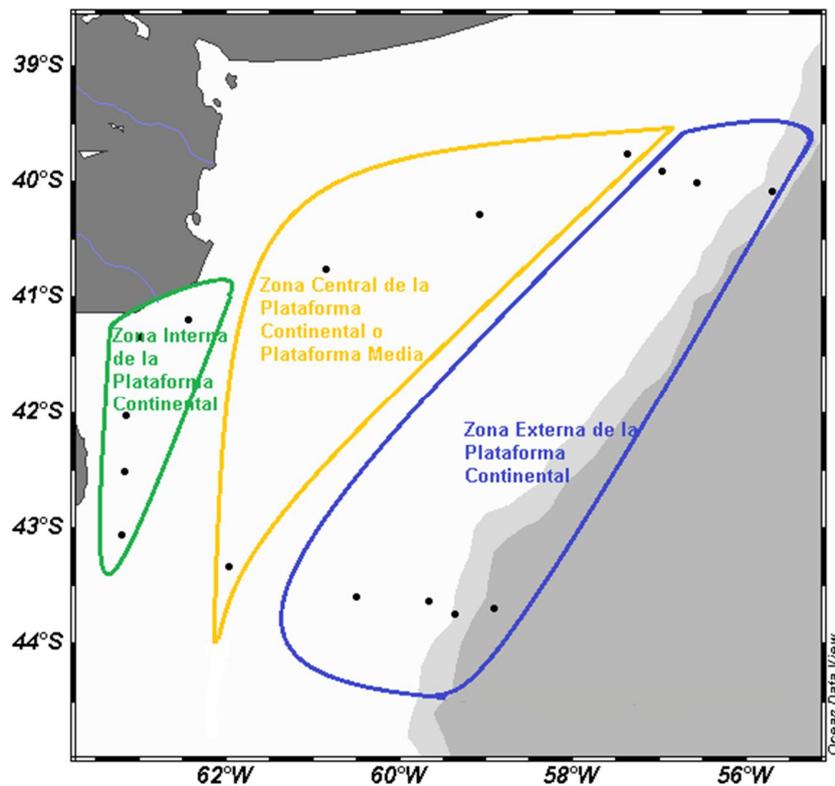


Figura 2.2. Región de estudio de mesozooplankton marino en la Plataforma Continental Argentina donde se distinguen tres zonas de estudio, la zona costera (ZI) , la zona central (ZC) y la zona externa del talud continental(ZE).

Al siguiente año, en la primavera austral del año 2010 se realizó la Campaña Oceanográfica de El Rincón (PD-2010-07) entre los días 2 y 14 del mes de Octubre en el mismo buque oceanográfico (ARA Q20 Puerto Deseado). En ella se llevaron a cabo muestreos para la recolección de muestras de seston y de mesozooplankton. Dichos trabajos se realizaron en 27 estaciones de muestreo previamente determinadas, que junto a la derrota seguida, se llevaron a cabo en la Plataforma Bonaerense entre los 34° y 41° sur (Figura 2.3).

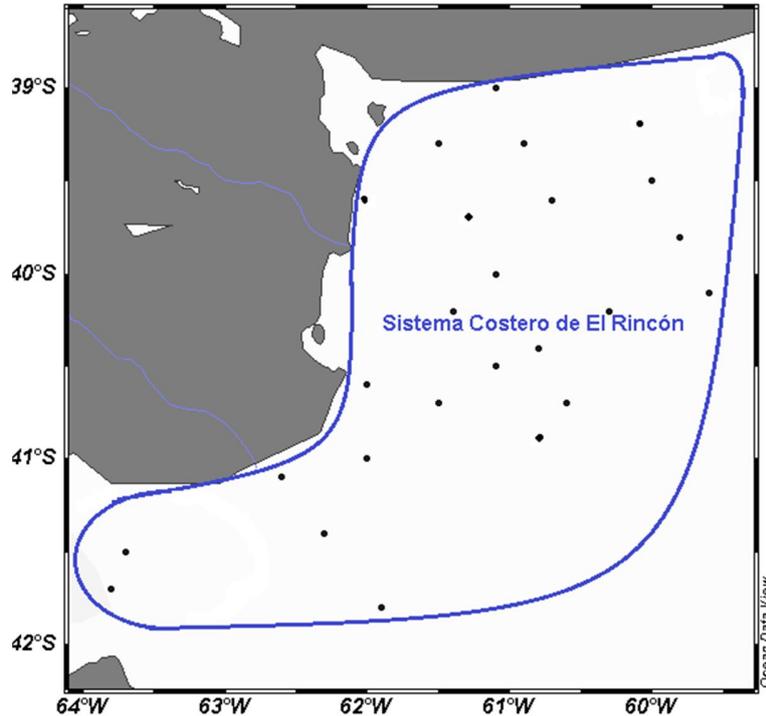


Figura 2.3. Región de estudio de seston y mesozooplankton marino en el sistema de El Rincón y las estaciones de muestreo previamente determinadas.

2.2 Métodos de campo y analíticos

Los muestreos de agua para el análisis posterior de seston, se realizaron mediante casting de botellas Niskin de 5 litros, en distintas profundidades de la columna de agua que variaron entre las estaciones en función de la existencia y ubicación de la termoclina. Las muestras de agua de 1 litro fueron filtradas en tiempo de estación o de navegación posterior mediante vacío, sobre membranas de fibra de vidrio de 0,7 micras GF/F (Whatman, precalcinadas a 450°C por 3 horas), para la determinación posterior de diferentes parámetros químicos. Se secaron en estufa por 12 h a 50°C y luego se conservaron en desecador.

Los muestreos de mesozooplankton se realizaron mediante arrastres verticales desde aproximadamente los 150 m a la base de la termoclina (variable entre 30 y 60 m) y desde allí a superficie. En la campaña oceanográfica 2009 se

utilizó una red de plancton tipo Nansen de 200 micras de poro, con mecanismo de cierre y flujómetro Khálsico (primeras 14 estaciones) mientras que en las estaciones 15 a 17 se utilizó una red de plancton tipo Hensen provista de un flujómetro TSK, a la cual se le adicionó el mecanismo de cierre. En la campaña oceanográfica 2010 se utilizó una red tipo WP2 de malla de 200 micras de poro y mecanismo de cierre junto con un flujómetro Hidrobíos. Las muestras recolectadas se dividieron en submuestras, fijando una de ellas destinada al recuento de organismos con formol al 4%. La alícuota de mesozooplancton para las determinaciones químicas se dividió utilizando mallas de 1500 y 200 μm en dos fracciones ($\geq 1500 \mu\text{m}$, denominada A y 200-1500 μm , denominada b).

Los testigos sedimentarios obtenidos en la campaña del año 2009 se cortaron en tramos de 1 m de longitud, se sellaron sus extremos y se guardaron a 4 °C para su posterior muestreo y análisis.

La determinación de aminoácidos y aminoazúcares particulados en las muestras de seston, mesozooplancton y testigos sedimentarios marinos se realizó por HPLC usando derivatización pre-columna con o-ftaldialdehído (OPA) y detección fluorométrica mediante un analizador Fisons NA 2100. La preparación de las muestras de seston, mesozooplancton y sedimentos se realizó mediante hidrólisis con HCl 6N en atmósfera de nitrógeno siguiendo el protocolo desarrollado por Hubberten et al. (1994), durante 22 horas a 105° C (Priotto y Lara, 2013), luego de lo cual las muestras fueron evaporadas y el residuo retomado en buffer citrato sódico (pH 2,65) para su posterior análisis.

La determinación de quitina se realizó de acuerdo al método modificado de WGA-FITC (Montgomery et al. 1990). La aglutinina de germen de trigo, WGA tiene una alta afinidad por la N-acetilglucosamina del polímero de quitina y se combina con ésta con alta especificidad aún en muestras conteniendo altas concentraciones de arcillas, celulosa o bacterias (Montgomery et al. 1990). Previa medición las muestras purificadas se tiñeron con 20 μg FITC-WGA durante 4 horas, en un baño de incubación a 2000 rpm a 30 °C. Posteriormente se realizó la filtración de la muestra a través de filtros de

policarbonato de poro 0,2 μm . La quitina se cuantificó por medio de la medición fluorométrica del exceso de WGA a través de la reacción con isotiocianato de fluoresceína (FITC) en un espectrofotómetro de fluorescencia a longitudes de onda de 426nm Ex. y 520nm Em. Es importante mencionar que esta metodología presenta ciertas características a tener en cuenta en el momento de su aplicación: 1) la quitina es un sólido que no se diluye en el Buffer por lo que se trabaja con una suspensión de partículas a la cual se le agrega el WGA. Esto implica que la metodología más que a las cantidades está sujeta al tamaño de partícula involucrado tanto en las calibraciones como en las muestras. De esto dependerá la cantidad de WGA en exceso 2) la temperatura y el pH deben ser adecuadamente ajustados, 3) el reactivo utilizado es altamente fotosensible, por lo que trabajar en oscuridad es primordial.

Los datos obtenidos de los parámetros físicos y químicos se graficaron mediante la utilización del programa Ocean Data View con el fin de obtener imágenes geográficas del área de estudio y la distribución de los mismos.

2.3 Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos de seston de la campaña 2009 agrupados por zonas se realizó utilizando el programa estadístico Infostat empleando métodos paramétricos (Análisis de la varianza con nivel de significación estadística $p < 0,05$) o no paramétricos en el caso en que los datos no cumplieren con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Se comprobó la normalidad mediante la utilización de las pruebas Skewness, Kurtosis y Omnibus (D'Agostino et al., 1990), y la homocedasticidad se evaluó con la prueba de Levene. Se realizó el análisis de varianza a un criterio con los valores medios obtenidos para cada uno de los parámetros estudiados en cada compartimento considerado (aguas superficiales costeras, aguas superficiales del talud y aguas profundas del talud). Cuando el análisis de la varianza indicó efectos significativos ($p < 0,05$), se realizó la comparación de valores medios empleando el test Least Significant Difference (LSD) de Fisher.

Para analizar los datos de seston de la campaña 2010 del sistema El Rincón se realizaron análisis de regresión entre los parámetros ambientales y los elementos determinados más importantes así como de estos últimos con la clorofila a. Posteriormente, se correlacionaron los parámetros químicos con los nutrientes en el material disuelto presente en aguas abiertas del estrato superficial del sistema de El Rincón. También se realizó un análisis de componentes principales para determinar relaciones entre los elementos químicos medidos y las posibles fuentes dentro del sistema costero.

Para analizar los datos de mesozooplankton de la campaña oceanográfica del año 2009, los mismos se agruparon por zonas utilizando el programa Infostat empleando métodos paramétricos (Análisis de la varianza con un nivel de significación estadística de $p < 0,05$) o no paramétricos en el caso que los datos no cumplieren con los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Se comprobó la normalidad mediante la utilización de las pruebas Skewness y la homocedasticidad se evaluó con la prueba de Levene. Se realizó el análisis de varianza entre categorías de aminoácidos para cada fracción del mesozooplankton estudiado y cuando el análisis de la varianza indicó efectos significativos ($p < 0,05$) se realizó la comparación de valores medios empleando el test Least Significant Difference (LSD) de Fisher. El mismo análisis de la varianza se aplicó para analizar variaciones de la relación carbono/nitrógeno entre grupos de datos. También se realizaron pruebas t para comparación de pendientes de rectas de regresión entre los tipos de aminoácidos (esenciales y no esenciales) presentes en ambas fracciones. Asimismo se realizó análisis multivariado (análisis de conglomerados) con el fin de analizar conjuntamente todos los indicadores biológicos presentes en cada estrato y fracción.

Para analizar el material zooplanctónico de la campaña 2010 se realizaron análisis de regresión entre los parámetros ambientales y los parámetros químicos medidos en cada fracción. Se realizaron análisis de regresión simple y múltiple de los elementos más significativos con la clorofila a así como también con la biomasa presente en las muestras. Sobre estos parámetros químicos se

realizó también el análisis de la varianza entre fracciones aplicando métodos paramétricos con un nivel de significación estadística de $p < 0,05$. Asimismo se realizaron regresiones entre el carbono orgánico ($C_{org.}$), POC y PON presente en las fracciones del mesozooplancton y el seston.

Capítulo 3. Resultados y Discusión: Análisis del seston en la Plataforma Continental Argentina, Patagonia Norte

3.1 Descripción de los parámetros ambientales en la zona de estudio

Previo al análisis del comportamiento de cada aminoácido y aminoazúcar, es importante definir los rangos de temperatura y salinidad de la región costera y del talud. Según estudios de Guerrero y Piola (1997) los valores medios de salinidad en la zona costera son menores a 33,7 y las temperaturas oscilan entre 6,5 y 21°C dependiendo de la latitud y la época del año. En tanto en el límite Este de la plataforma la temperatura media disminuye 2°C y la salinidad aumenta de 33,7 a 34,0. Así, la salinidad se incrementa desde la costa hacia el talud y de sur a norte entre 50°S y 36°S. Según el criterio establecido por Bianchi et al. (1982), las aguas de plataforma tendrían salinidades entre 33,2 y 33,8 mientras que las aguas de Malvinas entre 33,8 y 34,2. Junto con la salinidad, el gradiente térmico además determina el gradiente de densidades en aguas superficiales que van desde 26 kg/m³ cerca del Estrecho de Magallanes a 24 kg/m³ hacia el norte. Finalmente es necesario aclarar que por condiciones más localizadas del Golfo San Matías, su salinidad superficial es más elevada que en la plataforma llegando en el sector a igualar las salinidades de la región del talud (Guerrero y Piola, 1997). En la Figura 3.1 puede observarse la distribución de salinidad y temperatura en la región estudiada medidas en aguas superficiales.

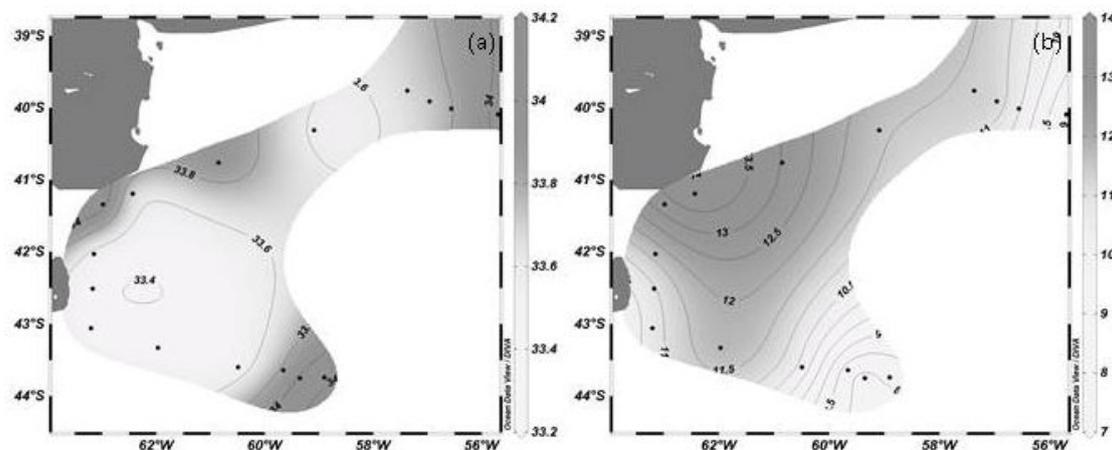


Figura 3.1. Distribución de salinidad (PSA) (a) y temperatura (°C) (b) en aguas superficiales de la región bajo estudio.

3.2 Valores medios de concentraciones de aminoácidos totales y aminoazúcares en las zonas de estudio de la plataforma continental

Antes de analizar detalladamente el comportamiento molar de cada aminoácido y aminoazúcar y la significación de los cambios en ellos encontrados en las zonas de estudio, es importante mencionar las concentraciones de aminoácidos y aminoazúcares totales en cada una de ellas para así tener una visión más clara en referencia a la productividad biológica propia de cada zona estudio. En la zona cercana a la costa de la Península Valdés y desembocadura del Golfo San Matías se registró un valor medio en el estrato superficial de aminoácidos totales de 108,21 $\mu\text{g/g}$ mientras que los aminoazúcares totales registraron un valor medio de 3,08 $\mu\text{g/g}$. En el estrato superficial de la zona del talud continental los valores fueron más altos registrándose un valor medio de aminoácidos totales de 138,80 $\mu\text{g/g}$ y para los aminoazúcares totales de 3,98 $\mu\text{g/g}$ en tanto que en el estrato profundo los valores de aminoácidos disminuyeron encontrándose un valor medio de 62,81 $\mu\text{g/g}$ y de 1,25 $\mu\text{g/g}$ para los aminoazúcares totales. En la Figura 3.2 puede

observarse la distribución de los aminoácidos totales en muestras de seston en la zona norpatagónica de la Plataforma Continental Argentina.

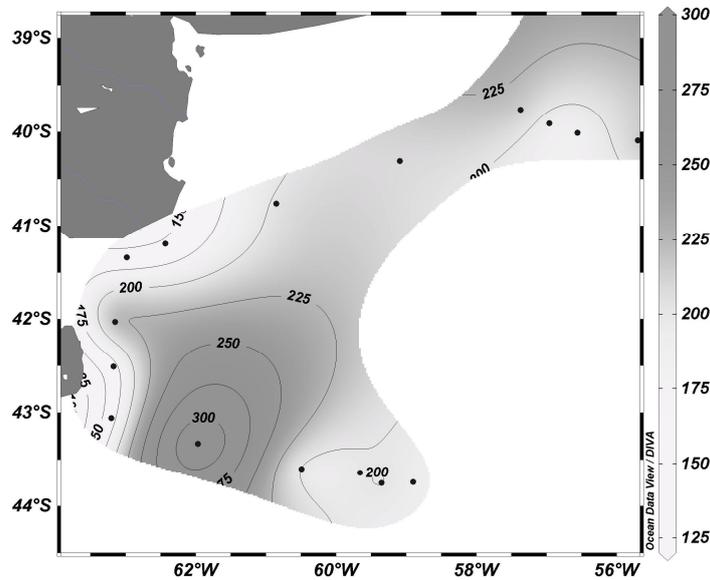


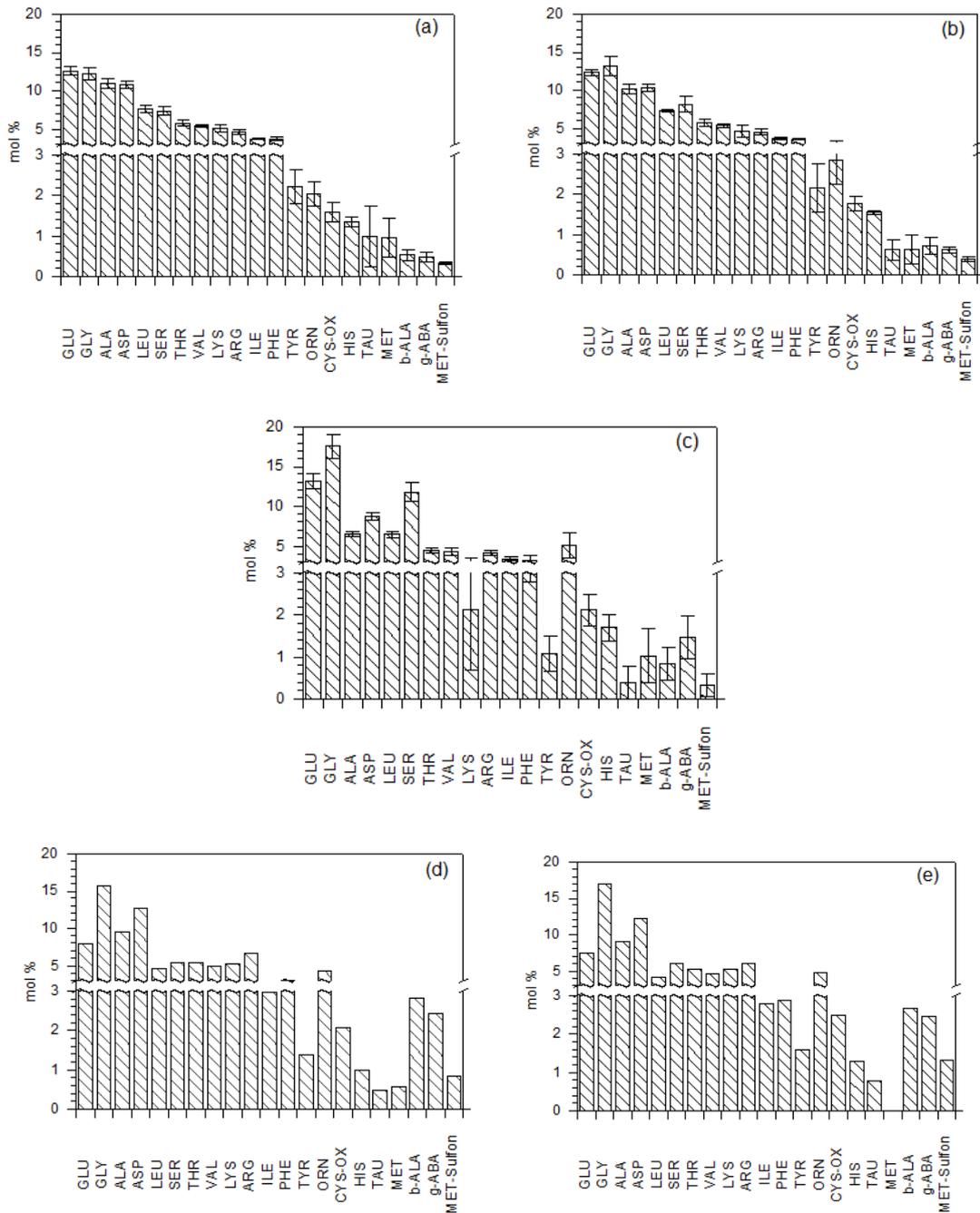
Figura 3.2. Distribución de aminoácidos totales presentes en seston colectado en aguas superficiales de la región de Patagonia Norte de la Plataforma Continental Argentina.

Es importante mencionar que en trabajos previos publicados por Bisbal (1995), se determinó que los valores medios de carbono en las zonas donde realizamos nuestros estudios estuvieron comprendidos entre 250 y 500 mg C/m² al año sin diferenciación apreciable entre estas zonas.

3.3 Análisis de comportamiento y cambios porcentuales de aminoácidos particulares

Los resultados describen cambios en una parte importante de la materia orgánica a través de la modificación de los porcentajes molares de aminoácidos individuales durante su descenso en la columna de agua en la zona de generación de la materia orgánica, en la superficie marina, en la región interna

de la plataforma, cercana a la costa, y en las aguas superficiales de la zona límite externa de la plataforma continental, conocida como talud (Figura 2.1).



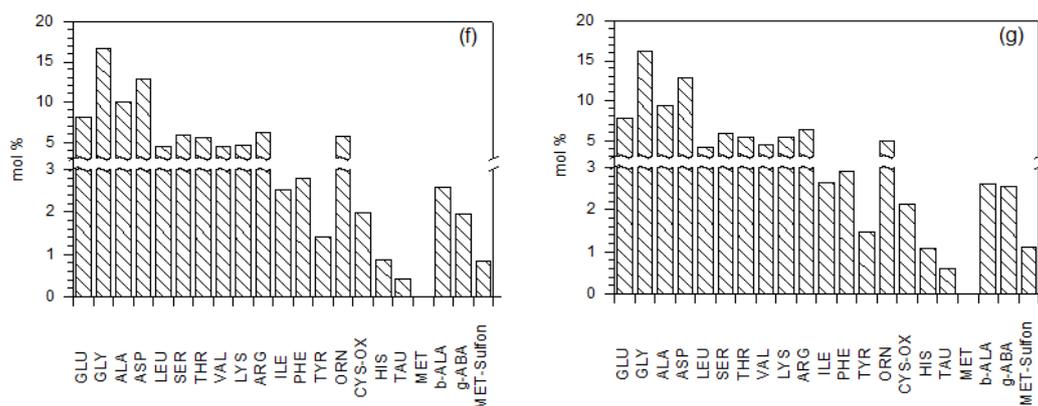


Figura 3.3. Modificaciones en el patrón porcentual de aminoácidos en la zona externa de la plataforma continental determinados en muestras de seston y sedimentos: (a) en muestras de 5 metros de profundidad, (b) a 95 metros de profundidad media, (c) a 1250 metros de profundidad media y en muestras sedimentarias (d y f) superficiales y (e y g) profundos.

Respecto a los cambios en los patrones de composición en los grupos de compuestos estudiados, los gráficos de barra de la Figura 3.3 evidencian cómo los porcentajes molares de aminoácidos van cambiando a medida que la materia orgánica se va envejeciendo en su descenso en la columna de agua. Los cambios en las concentraciones totales de aminoácidos con la profundidad se asumen como el resultado de la utilización de aminoácidos lábiles en reacciones microbianas dependientes de las condiciones ambientales. El porcentaje molar de glicina (Figuras 3.3 y 3.4) en nuestro trabajo no mostró cambios significativos en la superficie entre las distintas regiones de la plataforma ($11,9 \pm 0,7\%$ y $12,1 \pm 0,7\%$), pero si presentó valores más elevados que en la Región Subantártica ($8,9 \pm 1,0\%$) registrado en el trabajo de Müller et al. (1986). Estos resultados están probablemente relacionados con una mayor abundancia de fitoplancton en la plataforma, utilizando los nutrientes transportados por la Corriente Circumpolar Antártica y luego por la Corriente de Malvinas. Cabe señalar que según los estudios realizados por Keil et al. (2000), la glicina, alanina y serina son los aminoácidos más abundantes encontrados en el ambiente marino lo cual también es típico para materia orgánica. Durante el descenso de la materia en la columna de agua del talud

comienzan a observarse cambios a aproximadamente 95 metros de profundidad (Figura 3.3), y en el estrato profundo se pudo observar un incremento significativo llegando a $17,6 \pm 1,5\%$ el porcentaje molar de glicina a los 1250 metros (Figuras 3.3y 3.4).

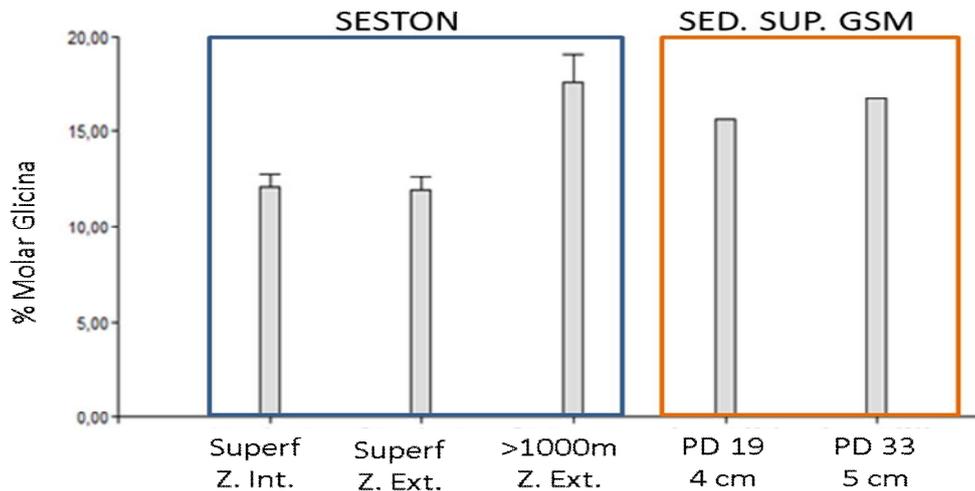


Figura 3.4. Valores medios y desvíos estándar del porcentaje molar de glicina en muestras de seston en diferentes ambientes y profundidades en la columna de agua (Interna superficial, externa superficial y externa profunda) y porcentaje molar en sedimentos superficiales (testigo sedimentario PD19 y PD33) de la Plataforma Continental Argentina.

Las cantidades relativas de glicina y serina aumentan a grandes profundidades y junto con el ácido aspártico y glutamina son los más abundantes aminoácidos particulados en aguas profundas (Siezen y Mague, 1978; Nguyen y Harvey, 1997). Sin embargo, el incremento relativo de abundancia de glicina es el resultado de la preservación selectiva o por la producción in situ por degradación de otros compuestos (Wakeham et al., 1997). También puede especularse que al igual que el proceso diferencial de degradación descrito en el trabajo de Nagata et al. (1998), ocurre a velocidad de degradación diferencial entre las proteínas unidas a membranas, con procesos de degradación más lentos y las proteínas libres en que el ataque bacteriano es

más eficiente y rápido durante su descenso en la columna de agua. Es así que las proteínas de membrana son protegidas del rápido ataque enzimático por bacterias debido a la apretada asociación de proteínas con membranas y materiales de pared. Algo similar podría pensarse que ocurre con la glicina. Según lo observado por Nagata et al. (1998), las proteasas bacterianas activas no podrían degradar proteínas asociadas a material de membranas y las moléculas de glicina que estaría inserta en la estructura proteica como molécula separador quedaría de cierta forma inaccesible al ataque enzimático (Hecky et al., 1973; Swift y Wheeler, 1992). Resultados conexos fueron publicados por Siezen y Mague (1978) y Lee et al. (2000), quienes encontraron que la glicina y serina se incrementan más a mayor profundidad en relación a otros aminoácidos, mientras Lee y Cronin (1984) publicaron que entre estas dos moléculas es serina la que aumenta en mayor medida. En base a estos antecedentes podemos especular que la materia en suspensión en aguas superficiales de la región cercana al continente y del talud tienen que ser de corto tiempo de generación, con las características típicas de la materia fresca de la zona eufótica y así se daría en prácticamente toda la plataforma continental somera, a diferencia de lo registrado en la región profunda del talud donde la materia recorrió por mayor tiempo la columna de agua.

Respecto de los resultados obtenidos en sedimentos de la plataforma continental, no se observaron cambios notables para glicina entre la profundidad de la columna de agua en el talud (1250 metros) y el sedimento superficial de plataforma, ni entre éste y el sedimento profundo siendo en este último de 16,9% para PD19 y de 16,3% para PD33 (Figuras 3.3, 3.4 y 3.5).

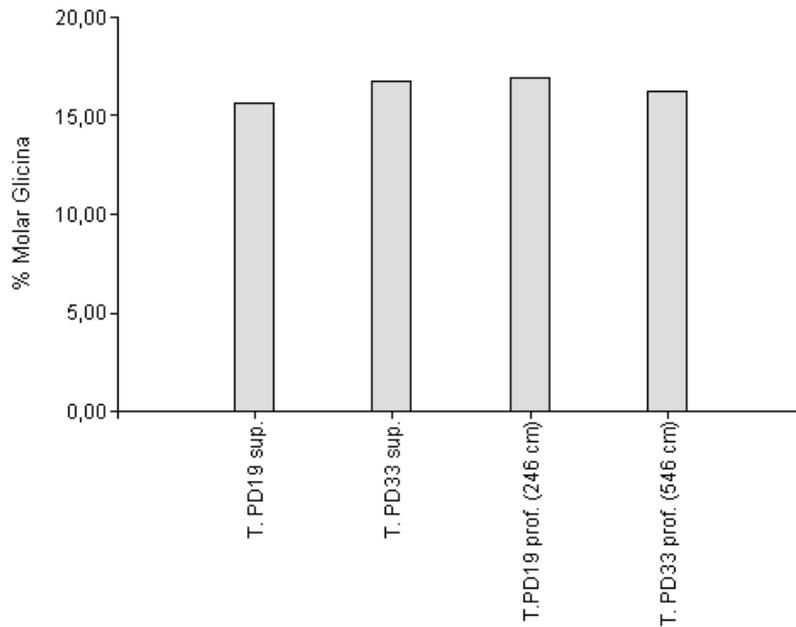


Figura 3.5. Porcentaje molar de glicina medida en superficie y profundidad en testigos sedimentarios (PD19 y PD33) de la Plataforma Continental Argentina.

Según estudios previos tanto las concentraciones de glicina, serina y treonina se han encontrado aumentadas en ambientes sedimentarios reductores (Gonzalez et al., 1983; Haugen y Lichtentaler, 1991). Esto nos lleva a pensar que la materia orgánica en suspensión en la plataforma somera, es materia fresca y así llega al sedimento, pero una vez sedimentada tienen lugar los procesos de degradación y transformación como la fermentación, reducción de sulfatos y metanogénesis (Burdige y Martens, 1988) para llegar a condiciones más estables, similares al estado de la materia suspendida encontrada en la columna de agua en las aguas profundas del talud a más de 1250 metros. Es decir que la materia orgánica podría encontrarse tanto en ambientes anaeróbicos (tales como sedimentos profundos) como aeróbicos en un estado final maduro y refractario similar en los distintos sectores estudiados. Es importante mencionar que según Demaison y Moore (1980), la tasa de

sedimentación de materia orgánica en sedimentos marinos puede verse influenciada por la concentración de oxígeno en las aguas profundas.

Alanina al igual que glicina no sufrió modificación hasta los 95 metros de profundidad (Figura 3.3) y los valores medios registrados coincidieron con los publicados por Müller et al. (1986) en la Región Subantártica ($10,6 \pm 0,2\%$), sin embargo en el estrato más profundo de la columna de agua mostró una notable reducción pasando de $10,9 \pm 0,7\%$ en la superficie a $6,5 \pm 0,3\%$ a los 1250 metros de profundidad (Figura 3.3). Además se observaron diferencias estadísticamente significativas entre regiones muestreadas en el estrato superficial, $10,3 \pm 0,3\%$ en la región interna y $10,9 \pm 0,7\%$ en la región externa de la plataforma (Figura 2.1). Contrastando nuestros resultados en la plataforma continental con otros antecedentes (Müller et al., 1986), podemos decir que las diferencias entre las regiones estudiadas dentro de la misma no son contundentes. Nuestros resultados nos indicarían en cambio la existencia de heterogeneidad microbiana entre los ambientes de superficie y de profundidad en la columna de agua determinados en función del estado de ciclado de la materia. Dado que el aminoácido alanina es un constituyente de estructuras bacterianas (McCarthy et al., 2004), formando conjuntamente con glutamina el peptidoglicano de la estructura de la pared celular (Avers, 1991), los ambientes observados presentarían poca fluctuación en la superficie marina, propias de bacterias típicas de ambientes bien oxigenados e iluminados mientras que en ambientes de aguas profundas estudiadas los reducidos contenidos de alanina reflejarían la presencia de poblaciones bacterianas quimio heterótrofas propias de estos ambientes con escasa luz como por ejemplo las bacterias gram negativas del orden de los Planctomicetales (Schauer et al., 2010; Kuypers et al., 2003) junto a restos en procesos de deposición. Los valores en el testigo PD19 fueron de $9,5\%$ y $9,0\%$ en superficie y profundidad respectivamente mientras que para el testigo PD33 fueron de $10,0\%$ y $9,3\%$ (Figura 3.3). Todos los porcentajes molares obtenidos de sedimentos fueron más altos que el valor medio del estrato profundo de la columna de agua, lo que nos lleva a interpretar al ambiente

sedimentario como un lugar de proliferación bacteriana cuyo sustrato es la materia depositada en él. Conjuntamente, el sedimento y la materia depositada serían así propicios para el crecimiento bacteriano de metabolismo anaeróbico/subóxico o facultativo preparado para el medio con escasa concentración de oxígeno (Hedges et al., 1999).

El porcentaje molar de serina no varió significativamente entre la región costera y el talud medidas en el estrato superficial ($7,2 \pm 0,5\%$ y $7,8 \pm 0,3\%$) mientras que mantuvo una leve tendencia a incrementarse durante el descenso de la materia orgánica en la columna de agua de la región del talud con valores medios que aumentaron desde $7,2 \pm 0,5\%$ en la superficie, a $11,7 \pm 1,2\%$ a los 1250 metros de profundidad (Figura 3.3). Según resultados publicados en el trabajo de Müller et al. (1986), los valores de serina en aguas superficiales de la Región Subantártica fueron de $5,8 \pm 0,0\%$, valor más bajo a los registrados en nuestro estudio reforzando la idea planteada en la que los crecimientos fitoplanctónicos (diatomeas) se dan en la región de la plataforma con utilización de nutrientes provenientes de la Región Antártica por las corrientes marinas del sur. En el sedimento superficial y profundo el porcentaje molar fue menor que en la columna de agua manteniéndose prácticamente inalterado durante su sedimentación con valores entre $5,4\%$ y $6,0\%$ hasta el sedimento más profundo (Figura 3.3). Esta situación de estabilidad de la molécula en el sedimento nos indica cuán protegida se encuentra la serina en la estructura de algas diatomeas e inaccesible al ataque bacteriano.

Según resultados obtenidos por Van Mooy et al. (2002), en regiones del este del Océano Pacífico Norte Tropical, los aminoácidos glicina y serina se enriquecieron desde los 75 a 500 metros, siendo que estos aminoácidos se observan frecuentemente incrementarse como consecuencia de procesos de degradación selectiva de la materia orgánica. Las reacciones que implican a los aminoácidos han sido propuestas para transformar los compuestos lábiles en materiales refractarios (Keil y Kirchman, 1994). Dado que la serina es uno de

los dos aminoácidos más abundantes en la protegida estructura de frústulos de diatomeas (Hecky et al., 1973; Lundgreen y Duinker, 1998), durante el descenso en la columna de agua su cantidad porcentual se vería incrementada por degradación del resto de los aminoácidos. Así el incremento del porcentaje molar refleja los procesos diferenciales de degradación de la materia orgánica. Este proceso de incremento porcentual de glicina se dio de manera inversa respecto al tamaño de partículas de la materia orgánica que a medida que descendió en la columna de agua disminuyó en tamaño según Kaiser y Benner (2009). Estos mismos autores también expresaron en su trabajo que el proceso de degradación observado en la materia como consecuencias mayoritariamente de la actividad enzimática genera partículas de menor tamaño y bioreactividad.

De los resultados de treonina obtenidos se pudo comprobar que este es un aminoácido diagenéticamente estable. Tanto durante el descenso de la materia orgánica en la columna de agua así como en el proceso de deposición en la columna sedimentaria, mostrando escasos cambios en los valores registrados. El valor medio en la superficie del talud fue de $5,8 \pm 0,4\%$ (Figura 3.3), algo superiores a los valores medios registrados en la Región Subantártica (Müller et al., 1986) de $5,1 \pm 0,2\%$, y en la profundidad de la columna de agua (1250 metros) de $4,5 \pm 0,3\%$ para mantenerse durante la deposición y enterramiento en los sedimentos en valores comprendidos entre $5,5\%$ y $5,3\%$ (Figura 3.3). Por otra parte tampoco hubo diferenciación significativa entre las regiones de la plataforma estudiadas en el estrato superficial ($5,8 \pm 0,4\%$ y $6,1 \pm 0,3\%$) (Figura 3.3).

Según lo establecido en trabajos de Kaiser y Benner (2009), la glicina, serina y treonina son aportadas por diatomeas. Sus reportes mostraron que la glicina fue el aminoácido que mostró un mayor incremento porcentual en el proceso de descenso de la materia en la columna de agua evidenciando la mayor cantidad y menor accesibilidad al ataque bacteriano a ella. La acumulación preferencial de glicina y treonina se debe probablemente a sus concentraciones

en las paredes celulares que es preservada durante el descenso y descomposición de la materia mientras que los aminoácidos concentrados en el plasma celular (tirosina, fenilalanina y glutamina) tienden a ser consumidos durante los procesos degradativos (Dauwe et al., 1999).

El porcentaje molar del aminoácido aromático tirosina no se diferenció significativamente entre las aguas superficiales de las regiones de la plataforma continental estudiadas ($2,3 \pm 0,2\%$ y $2,3 \pm 0,4\%$) mientras que en la columna de agua del talud los valores disminuyeron un 50% aproximadamente, partiendo del valor medio de $2,3 \pm 0,4\%$ en superficie hasta llegar a $1,1 \pm 0,4\%$ a los 1250 metros de profundidad (Figura 3.3). Esta tendencia a consumirse durante el descenso de la materia en la columna de agua se debe a la susceptibilidad de este aminoácido componente del citoplasma fitoplanctónico. Es importante resaltar además que los valores registrados en aguas superficiales subantárticas estudiadas por Müller et al. (1986) presentaron porcentajes molares mayores ($4,2 \pm 0,6\%$) mientras que en la Región Antártica fue de $3,0 \pm 0,3\%$. Esta diferencia entre regiones subárticas y de la plataforma se da de igual forma que para fenilalanina e inversamente al comportamiento de glutamina pudiendo reflejar diferentes orígenes a pesar de ser los tres aminoácidos componentes citoplasmáticos. Una posible causa que explicaría las tendencias contrapuestas de estos componentes celulares (glutamina, tirosina y fenilalanina) es que las poblaciones fitoplanctónicas dominantes en las distintas regiones de plataforma y subantárticas serían diferentes (Lara et al., 2010), así como sus moléculas aminoacídicas también y serían determinadas en gran medida por las velocidades de crecimiento y desarrollo dependiente de las condiciones ambientales y nutrientes de cada región (Hecky et al., 1973; Lundgreen y Duinker, 1998).

En tanto en sedimentos la tendencia de acumulación de tirosina fue contraria a lo que ocurría en la columna de agua, aumentando a mayor profundidad del sedimento aunque con cambios menos marcados, partiendo en la superficie del

sedimento con 1,4% y alcanzando en profundidad un valor de 1,6% (Figura 3.3). Esto podría indicarnos una menor velocidad de consumo por parte de las poblaciones de microorganismos propios de los ambientes sedimentarios que viven en ambientes anaeróbicos y realizan procesos de fermentación con tasas metabólicas más bajas.

Fenilalanina tampoco presentó cambios de significación durante el descenso en la columna de agua con un valor medio en superficie de $3,8 \pm 0,2\%$ y $3,3 \pm 0,5\%$ a 1250 metros de profundidad (Figura 3.3). Este proceso de leve disminución del porcentaje molar se podría deber, como se discutió anteriormente, al hecho de ser un aminoácido citoplásmico, fácilmente consumido por las bacterias. En sedimentos el cambio, fue escaso, estuvo comprendido entre 3,1% en el sedimento superficial y a 2,9% a los 5,51 metros de profundidad (Figura 3.3). Por otro lado no se observaron diferencias entre las regiones estudiadas en la superficie oceánica (Figura 3.3). Los valores de fenilalanina en aguas superficiales de la plataforma continental registrados en nuestro trabajo fueron, al igual que tirosina sensiblemente menores a los valores registrados en la Región Subantártica publicados por Müller et al., 1986 ($4,5 \pm 0,2\%$).

Leucina tampoco mostró diferencias en el estrato superficial entre las regiones de la plataforma ($7,6 \pm 0,3\%$ y $7,7 \pm 0,3\%$) mientras que en la zona del talud el porcentaje molar decreció durante el descenso de la materia en la columna de agua desde $7,7 \pm 0,3\%$ en superficie y $6,5 \pm 0,4\%$ a 1250 metros (Figura 2.1). Si la disminución de leucina junto a valina e isoleucina y aumento de glicina y alanina es indicativo de crecimiento bacteriano heterotrófico (McCarthy et al., 2004), podemos inferir que el desarrollo de la población bacteriana aeróbica prolifera, consume y recicla la materia orgánica en la columna de agua, disminuyendo progresivamente a medida que aumenta la profundidad y cambian las condiciones del ambiente marino. Es importante destacar que la distribución del oxígeno disuelto debajo de las profundidades medias, es casi gobernada por el movimiento de las aguas mientras que en las

capas superiores, están más influenciados por las condiciones meteorológicas, efectos biológicos y las condiciones físicas y químicas (Silva y Guzmán, 2006; Graco et al., 2007). En tanto que verticalmente el contenido máximo de oxígeno se encuentra en las capas superficiales y ello tiende a decrecer conforme aumenta la profundidad, aunque pueden existir debajo de una capa de mínimo oxígeno, aguas ricas en contenido de oxígeno disuelto (Hensen et al., 2000). Así, la progresiva transformación en sentido vertical del ambiente marino, deja lugar en sedimentos a un ambiente con concentraciones de oxígeno reducidas que permitiría la existencia de poblaciones bacterianas de metabolismo anaeróbico o facultativo con velocidades metabólicas inferiores que prosiguen con el ciclado de la materia. En los testigos sedimentarios PD19 y PD33 continuó la tendencia decreciente a mayores profundidades pero con menores diferencias entre superficie y profundidad, siendo de 4,6% y 4,5% y 4,1% y 4,2% respectivamente indicando una posible reducción de la comunidad bacteriana en el sedimento más profundo y procesos metabólicos más lentos (Figura 3.3).

En tanto que en comparación con los resultados medios registrados por Müller et al., (1986) para leucina en la Región Subantártica ($9,6 \pm 0,3\%$), los valores medios de la Plataforma Continental Argentina fueron algo menores.

El patrón de cambios de valina fue concordante al de leucina e isoleucina como se discutió anteriormente con poca variaciones en los porcentajes molares durante el descenso y sedimentación de la materia orgánica. Los cambios desde la superficie del agua fueron de un valor medio de $5,4 \pm 0,1\%$ a $4,3 \pm 0,5\%$ a los 1250 metros de profundidad y en el sedimento los porcentajes fueron desde 4,9% hasta 4,5% en lo más profundo de la columna sedimentaria debidos al ataque bacteriano (Figura 3.3). Es notable que los valores medios de superficie de las regiones de plataforma, fueron menores comparados con los porcentajes molares en las regiones subantárticas que fueron de $7,3 \pm 0,4\%$ (Müller et al., 1986). Estas diferencias refuerzan la idea de estar comparando ambientes distintos a pesar de la presencia de un nexo

de unión tan importante como la Corriente de Malvinas y que sería definida por las características propias existentes en la plataforma así como las estrechas relaciones ecológicas entre las comunidades fitoplanctónicas indicadas a través de presencia y concentraciones de clorofila a (Hubberten et al., 1994) y las comunidades zooplanctónicas responsables en gran parte de las concentraciones amino acídicas presentes en esos ambientes.

Isoleucina mostró escaso cambio durante el descenso en la columna de agua, coincidentemente con los resultados publicados por Meckler y Schubert (2004), con valores en la superficie oceánica de $3,8 \pm 0,1\%$ y de $3,4 \pm 0,2\%$ a los 1250 metros de profundidad comportamiento similar al de valina y leucina como se mencionó anteriormente en tanto en sedimentos los cambios fueron moderados con valores máximos en superficie de $3,0\%$ y en profundidad de $2,8\%$ (Figura 3.3). Tampoco hubo diferencias de significación entre los estratos superficiales de las distintas regiones bajo estudio sin embargo los valores medios respecto a la Región Subantártica ($5,3 \pm 0,1\%$) publicados por Müller et al. (1986) fueron sensiblemente menores reflejando diferencias ambientales y posibles nichos ecológicos ocupados por poblaciones distintas.

Lisina no mostró diferencias significativas en el estrato superficial entre las regiones de la plataforma estudiadas ($4,7 \pm 0,4$ y $5,2 \pm 0,6\%$) (Figura 3.3). En comparación con los valores medios de superficie reportados en el estudio de Müller et al. (1986) de la Región Subantártica ($7,6 \pm 1,3\%$) nuestros resultados en aguas superficiales fueron menores. De los valores de superficie en la plataforma del talud sí se manifestó una disminución durante el descenso de la materia orgánica en la columna de agua superior al 50%, desde $5,2 \pm 0,6\%$ en la superficie hasta un $2,1 \pm 0,4\%$ a los 1250 metros de profundidad (Figura 3.3), evidenciando claros procesos de degradación selectiva de la materia orgánica (Meckler et al., 2004). En sedimentos sin embargo los valores fueron similares a los de la superficie de la columna de agua con una leve tendencia a aumentar durante su descenso dentro de la columna sedimentaria con valores que fueron desde $4,6\%$ hasta $5,5\%$ (Figura

3.3). Según Jianfang et al. (1999), los aminoácidos básicos como lisina se degradan más lentamente que los aromáticos como fenilalanina y tirosina. Según Degens (1970), los escasos cambios de lisina en sedimentos eran de esperar por ser esta molécula muy estable dentro de ambientes marinos sedimentarios. Esta afirmación sugiere un cambio de la población bacteriana con metabolismo diferente al de las bacterias de la columna de agua (Macko et al., 1993).

No se observaron cambios importantes para cisteína en el estrato superficial de las regiones de la plataforma estudiadas. En la región del talud los valores aumentaron un 131% desde la superficie ($1,6 \pm 0,3\%$) hasta la profundidad de la columna de agua ($2,1 \pm 0,4\%$) (Figura 3.3). Este aumento puede estar indicando la ocurrencia de actividad bacteriana anaeróbica. Los procesos de rápida sedimentación en la columna de agua conjuntamente con la sedimentación en masa movilizand o sedimentos de la plataforma hacia el talud por declives propios de la misma plataforma y la circulación de corrientes profundas provenientes de mayores latitudes que circulan próximas a las grandes pendientes como es la zona del quiebre de la plataforma serían las fuerzas que podrían en conjunto generar procesos de descomposición anaeróbicas en los sedimentos superficiales y luego resuspenderlos. Así es que, posteriormente a los procesos de deposición, y como consecuencia de las corrientes de fondo marino cercanas al talud, la materia orgánica degradada por procesos anaeróbicos podrían ser resuspendida y encontrarse por ello en el fondo de la columna de agua donde los valores de oxígeno no son limitantes para los procesos de degradación aeróbicas (Hensen et al., 2000). Por ello, a pesar de encontrar en la columna de agua condiciones no limitadas de oxígeno, los resultados de leucina nos llevan a inferir un aumento en la actividad degradativa bacteriana (Simon y Azam, 1989), utilizando por ejemplo el sulfato como fuente de azufre para la biosíntesis de compuestos organosulfurados como metionina y cisteína. Cabe señalar, que los organismos como hongos, algas y procariotas pueden utilizar también metionina y cisteína como fuente de azufre y aunque no se descarta la existencia de éstos, la

actividad bacteriana anaeróbica en estos ambientes serían mayores. En tanto en sedimentos la tendencia a aumentar con la profundidad también se cumplió pero con cambios menos marcados entre el valor de superficie del sedimento y el de los sedimentos más profundos, desde 2,1% hasta 2,5% (Figura 3.3) pudiendo deberse a tasas de generación de origen bacteriano de cisteína más bajas o a tasas de consumo por parte de los organismos anteriormente nombrados más activas.

No se registraron cambios significativos en los porcentajes molares de metionina entre las regiones estudiadas en aguas superficiales (zona interna costera $0,7 \pm 0,4\%$ y zona del talud $1,1 \pm 0,5\%$) ni se observaron cambios en la columna de agua desde la superficie hasta la profundidad aproximada de 1250 metros ($1,0 \pm 0,6\%$) (Figura 3.3). Sin embargo el valor porcentual medio calculado por Müller et al., (1986) en aguas superficiales de la Región Subantártica fue considerablemente superior ($2,6 \pm 0,1\%$) apoyando la idea ecosistemas marinos marcadamente diferentes entre la región de plataforma y la subantártica a pesar de compartir entre estas la Corriente de Malvinas. En sedimentos la tendencia fue la pérdida de la totalidad del contenido de metionina probablemente como producto de su conversión a sulfóxido de metionina (Figura 3.3).

Histidina presentó tendencia a incrementar su porcentaje molar con el aumento de profundidad tanto en la columna de agua como en la sedimentaria. Esta tendencia encontrada en nuestro trabajo era contraria a la esperada ya que histidina tiene tendencia a disminuir rápidamente durante su descenso en la columna de agua según Dauwe et al. (1999) al ser transformada a glutamato. Sin embargo en estudios realizados por Boreen et al. (2008), se condiciona la fotodegradabilidad de la histidina, que llega a ser del 100%, a la presencia de oxígeno. A grandes profundidades, un ambiente con escasa luz y concentración de oxígeno permitirían el aumento del porcentaje molar de la histidina cuando el resto de los aminoácidos se degradan con mayor rapidez. Así en la superficie de la columna de agua de la

región del talud el valor medio fue de $1,4 \pm 0,1\%$ mientras que a 1250 metros fue de $1,7 \pm 0,3\%$ y en la superficie sedimentaria el máximo registrado fue de $1,0\%$ mientras que en profundidad fue de $1,3\%$ pudiendo ser esta un indicativo de desarrollo biológico propio de la profundidad marina (Figura 3.3). Entre las regiones de la plataforma estudiadas en la superficie oceánica no se observaron diferencias de significación ($1,4 \pm 0,2\%$ y $1,4 \pm 0,1\%$) (Figura 3.3) mientras que el valor medio calculado por Müller et al., en 1986 en aguas superficiales de la Región Subantártica fue mayor ($2,4 \pm 0,2\%$).

Los estratos superficiales de las regiones de la plataforma estudiados no presentaron diferencias de significación para arginina ($4,5 \pm 0,3\%$ y $4,6 \pm 0,3\%$) (Figura 3.3 y 3.6) ni con los valores publicados por Müller et al. (1986) de $4,4 \pm 0,3\%$ de la Región Subantártica. La disminución de arginina en la columna de agua fue estadísticamente significativa en la región del talud con valores entre $4,6 \pm 0,3\%$ en superficie oceánica y $4,2 \pm 0,3\%$ en la profundidad de la columna de agua (1250 metros), mientras que en los sedimentos se observó un aumento del porcentaje molar de esta molécula con valores que estuvieron comprendidos entre $6,6\%$ y $6,1\%$ (Figura 3.3 y 3.6). Este aumento en sedimentos concuerda con lo publicado por Degens et al. (1964). Según Lee y Cronin (1984), la arginina, uno de los principales precursores de ornitina, no muestra disminución en la concentración relativa en el mínimo de oxígeno, pero sí disminuye rápidamente en la concentración absoluta y por lo tanto podrían servir como una fuente de ornitina (Figura 3.7). Arginina, ornitina y urea están metabólicamente relacionados por la ruta del ciclo de la urea en el que la arginina es convertida a ornitina y urea por la acción de la enzima arginasa (Degens et al., 1964). Es importante aclarar que tanto arginina como metionina e histidina se encuentran solo en cantidades traza en sedimentos marinos (Dauwe y Middelburg, 1998).

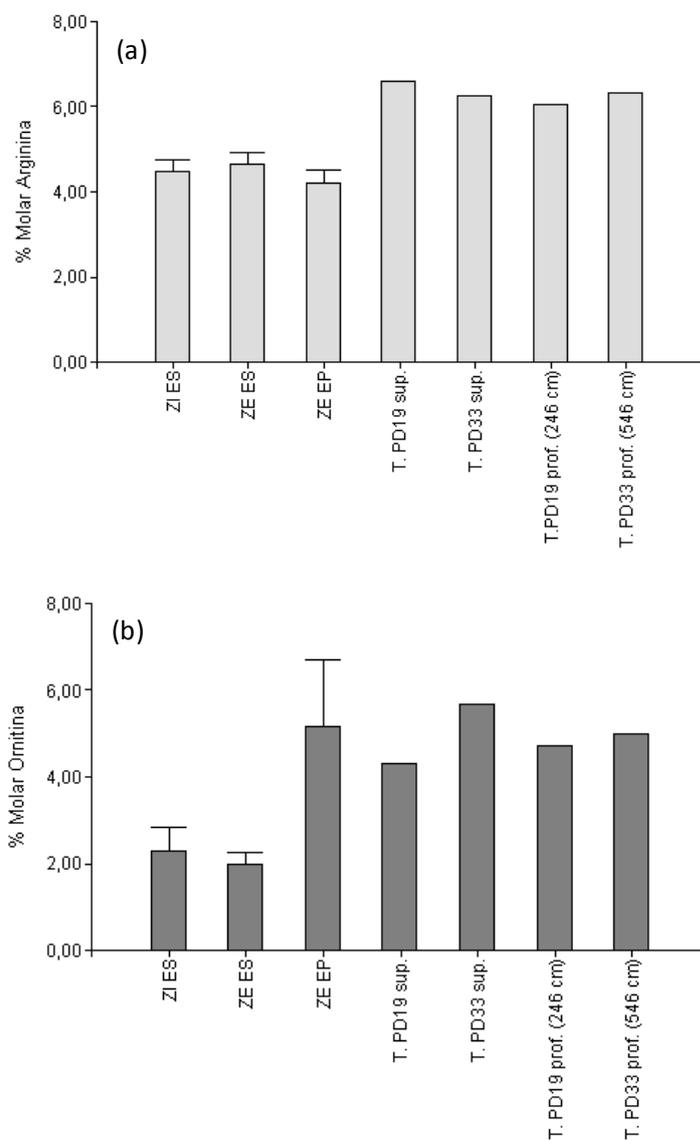


Figura 3.6. Valor medio y desvío estandar del porcentaje molar de los aminoácidos (a) arginina y (b) ornitina en diferentes ambientes y profundidades en la columna de agua (ZI ES: zona interna, estrato superficial; ZE ES: zona externa, estrato superficial; ZE EP: zona externa, estrato profundo), y porcentaje molar de dichos aminoácidos en sedimentos superficiales (T. PD19 sup.: testigo PD19 muestra de superficie; T. PD33 sup.: testigo PD33 muestra de superficie) y profundos (T. PD19 prof.: testigo PD19 muestra de profundidad; T. PD33 prof.: testigo PD33 muestra de profundidad) en la Plataforma Continental Argentina.

El porcentaje molar de ornitina mostró un gran incremento desde la superficie oceánica hasta los 1250 metros de profundidad de la columna de agua con valores que fueron desde $2,0 \pm 0,3\%$ a $5,2 \pm 1,6\%$ respectivamente (Figura 3.3 y 3.6). Según Degens et al. (1964), la ornitina suele ser más abundante en agua que en sedimentos. En testigos sedimentarios los valores porcentuales fueron similares a los del fondo marino con valores máximos en el sedimento superficial de 5,68% y 4,99% en el sedimento profundo (Figura 3.3). De las comparaciones entre regiones de la plataforma continental estudiadas en superficie no se obtuvieron diferencias significativas. Degens (1970), sugirió que la presencia de ornitina en la materia particulada es indicativa de que las células de plancton muertas han comenzado a descomponerse. Además de ser un producto de la descomposición microbiana derivado de la arginina (Müller et al., 1986), la ornitina también puede ser un constituyente de los microorganismos que habitan en zonas de baja concentración de oxígeno (Lee y Cronin, 1984; Lee et al., 2004). La cantidad de ornitina encontrada en la materia a grandes profundidades sería el producto de transformación de la arginina proveniente de la superficie y el aporte de la comunidad bacteriana de la profundidad oceánica. La presencia de ornitina en el material particulado en suspensión refuerza la idea de procesos de adsorción o de uniones iónicas a partículas de arcilla, ya que este aminoácido no se ha sabido que se produzca en las proteínas naturales (Degens et al., 1964; Pantoja y Lee, 2003). En vista a nuestras observaciones, los valores de ornitina encontrados en el fondo de la columna de agua de la región del talud estarían reflejando procesos de descomposición de la materia orgánica llevados a cabo por organismos anaeróbicos y la posterior resuspensión de esa materia por las corrientes del fondo oceánico como se explicó anteriormente (Hensen et al., 2000). Si este fuera el caso, podríamos decir que el ambiente sedimentario del talud donde ocurrieron tales procesos de degradación anaeróbica previos a la resuspensión han sido más intensos que los procesos de descomposición en los sedimentos de la plataforma menos profunda.

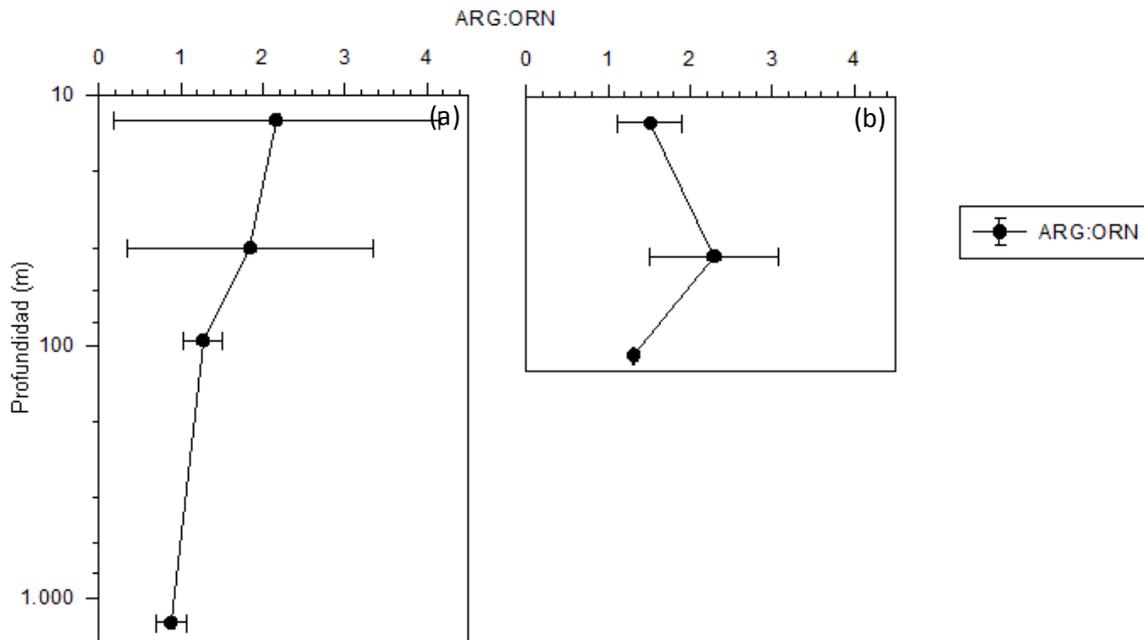


Figura 3.7. Cociente arginina/ornitina, indicador de procesos de ciclado de materia orgánica determinados en la columna de agua en la zona externa (a) e interna (b) de la Plataforma Continental Argentina.

Asparagina, uno de los aminoácidos más abundantes del océano, no mostró en superficie de la plataforma continental grandes diferencias entre las zonas estudiadas en superficie, ($10,8 \pm 0,5\%$ y $11,3 \pm 0,4\%$) (Figura 3.3) pero si fueron ligeramente superiores a los resultados de la Región Subantártica ($9,5 \pm 0,2\%$) publicados por Müller et al. (1986). Durante el descenso de la materia en la columna de agua en la zona del talud se observó una tendencia a decrecer durante el descenso de la materia con un valor medio porcentual en la columna superficial y a los 95 metros cercanos al 10% mientras que en la profundidad de la columna disminuyó a $8,7 \pm 0,5\%$ (Figura 3.3 y 3.8). Este aminoácido indica de la presencia de materiales calcáreos y carbonatos biogénicos (sintetizados por los organismos para formar sus caparzones, conchas o esqueletos), el mecanismo más importante de precipitación de carbonatos que opera en los océanos (Müller et al., 1986) y genera durante su

descenso en la columna de agua al aminoácido no proteico β -alanina. En sedimentos ocurrió un leve incremento desde la superficie del sedimento a lo más profundo, con valores superiores a los de la columna de agua registrando en el sedimento superficial valores de 12,7% para PD19 y 12,8% para PD33 mientras que en profundidad se registró una escasa diferencia, 12,2% para PD19 y 12,8 para PD33 (Figura 3.3 y 3.8). Este incremento en sedimentos respecto a los valores de la columna de agua es el esperado según estudios realizados por Degens et al. (1964) y Keil et al. (1998). Según Lee and Cronin (1984), la asparagina, glicina y serina son los aminoácidos más abundantes en todas las profundidades.

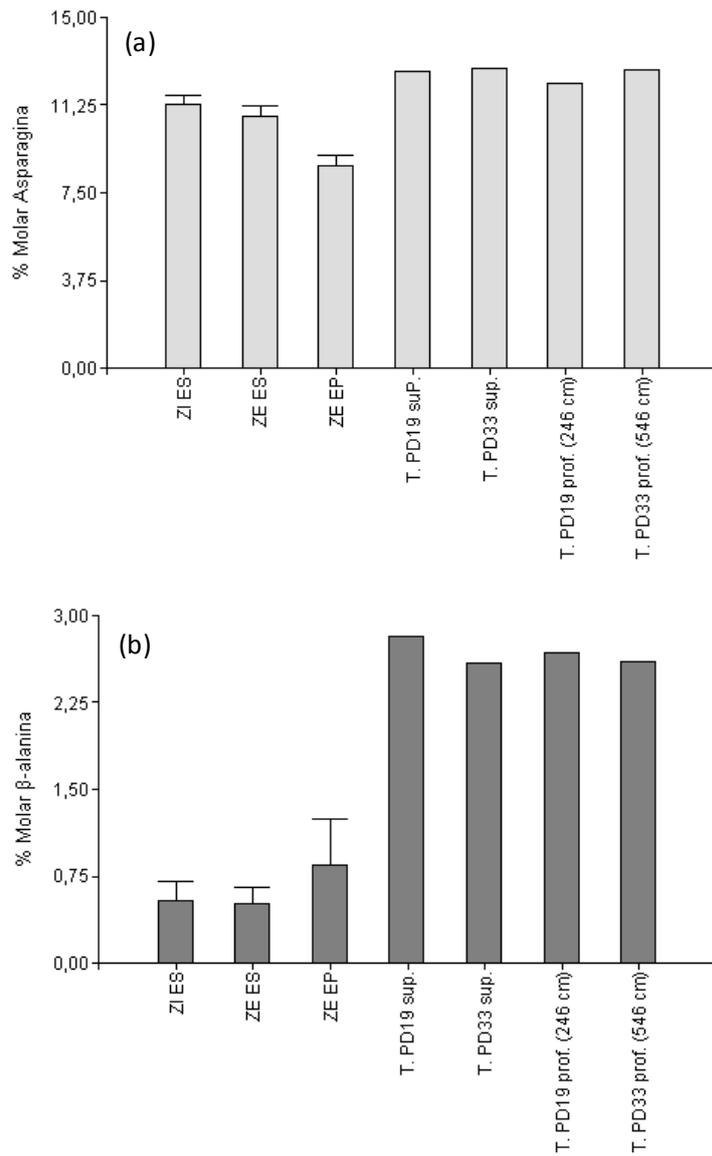


Figura 3.8. Valor medio y desvío estándar del porcentaje molar de aminoácidos (a) asparagina y (b) β-alanina en diferentes ambientes y profundidades en la columna de agua (ZI ES: zona interna, estrato superficial; ZE ES: zona externa, estrato superficial; ZE EP: zona externa, estrato profundo), y porcentaje molar de dichos aminoácidos en sedimentos superficiales (T. PD19 sup.: testigo PD19 muestra de superficie; T. PD33 sup.: testigo PD33 muestra de superficie) y profundos (T. PD19 prof.: testigo PD19 muestra de profundidad; T. PD33 prof.: testigo PD33 muestra de profundidad) en la Plataforma Continental Argentina.

El porcentaje molar de β -alanina, posiblemente surgido de la decarboxilación metabólica de la asparagina (Degens et al., 1964), no se diferenció en la superficie oceánica significativamente entre las regiones de la plataforma estudiadas, sin embargo mostró un aumento de hasta el 60% en el descenso de la materia por la columna de agua partiendo de $0,5 \pm 0,1\%$ en superficie y $0,8 \pm 0,4\%$ en profundidad en la región del talud (Figura 3.3 y 3.9). Entre el valor del estrato profundo de la columna de agua y el sedimento superficial la diferencia fue de hasta 250% llegando en este último a registrar 2,8% mientras que luego de sedimentada la materia orgánica no se modificó demasiado entre la superficie y la profundidad del sedimento (Figura 3.3 y 3.8).

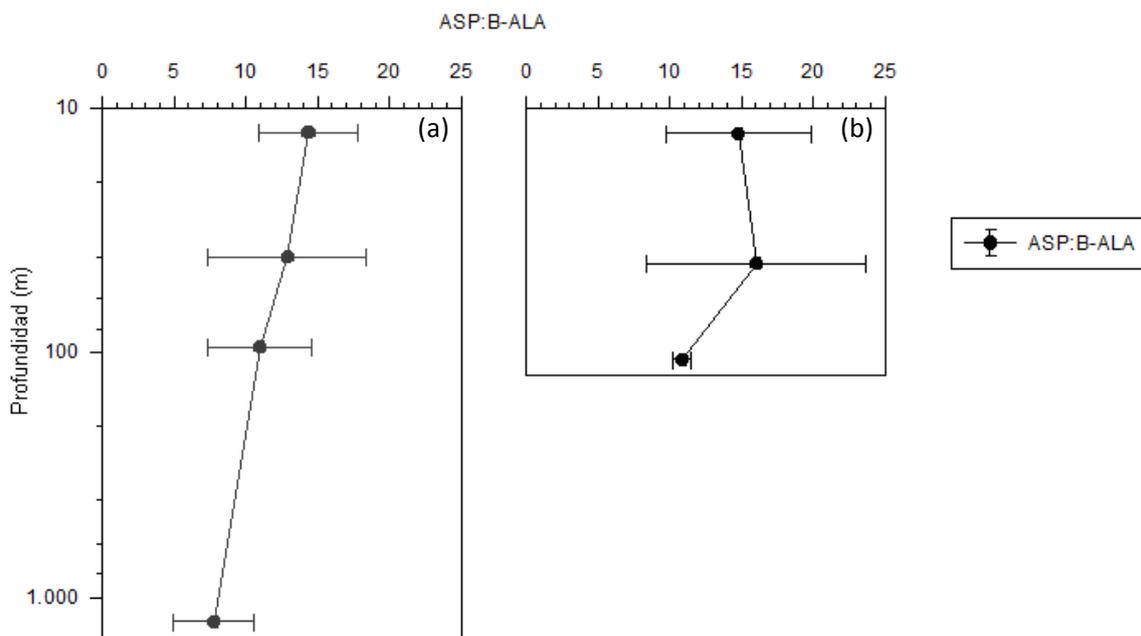


Figura 3.9. Cociente asparagina/ β -alanina, indicador de procesos de ciclado de materia orgánica determinados en la columna de agua en la zona externa (a) e interna (b) de la Plataforma Continental Argentina.

Los valores medios de glutamina en seston no variaron demasiado durante el descenso en la columna de agua hasta los 1250 metros ($13,1 \pm 0,9\%$) de profundidad ni se diferenciaron significativamente en el estrato superficial de las diferentes regiones de la plataforma estudiadas resultando $12,5 \pm 0,6\%$ para aguas superficiales de la zona costera y $12,4 \pm 0,5\%$ en aguas superficiales del talud (Figura 3.3). Sin embargo en el sedimento superficial los valores sí mostraron cambios registrando un valor de $7,9\%$ en la superficie del testigo sedimentario PD19 y $8,0\%$ en la superficie del PD33. En tanto en los procesos de sedimentación tampoco se observaron grandes cambios registrándose leves decrecimientos en el sedimento profundo del testigo PD19 $7,5\%$ y para PD33 $7,7\%$ (Figura 3.3 y 3.10). Es posible pensar que el escaso cambio durante el proceso de sedimentación se deba a la presencia, como se dijo anteriormente, de procesos biológicos metabólicos llevados a cabo por las bacterias anaeróbicas propias de estos ambientes.

Es de destacar que los valores medios de glutamina que registramos en nuestro trabajo en la superficie marina de la plataforma continental han sido mayores a los valores registrados por Müller et al. (1986) en la Región Subantártica ($12,0 \pm 0,9\%$). A la vez cabe recordar que según Henrichs y Farrington (1979), la glutamina es predominantemente fitoplanctónica o bacteriana y el aporte desde las regiones antárticas estaría determinando la productividad a lo ancho de la plataforma por sobre los aportes continentales de la Región Patagónica ya que no encontramos en nuestro trabajo indicios de que la mayor proximidad al continente sea relevante en los resultados obtenidos.

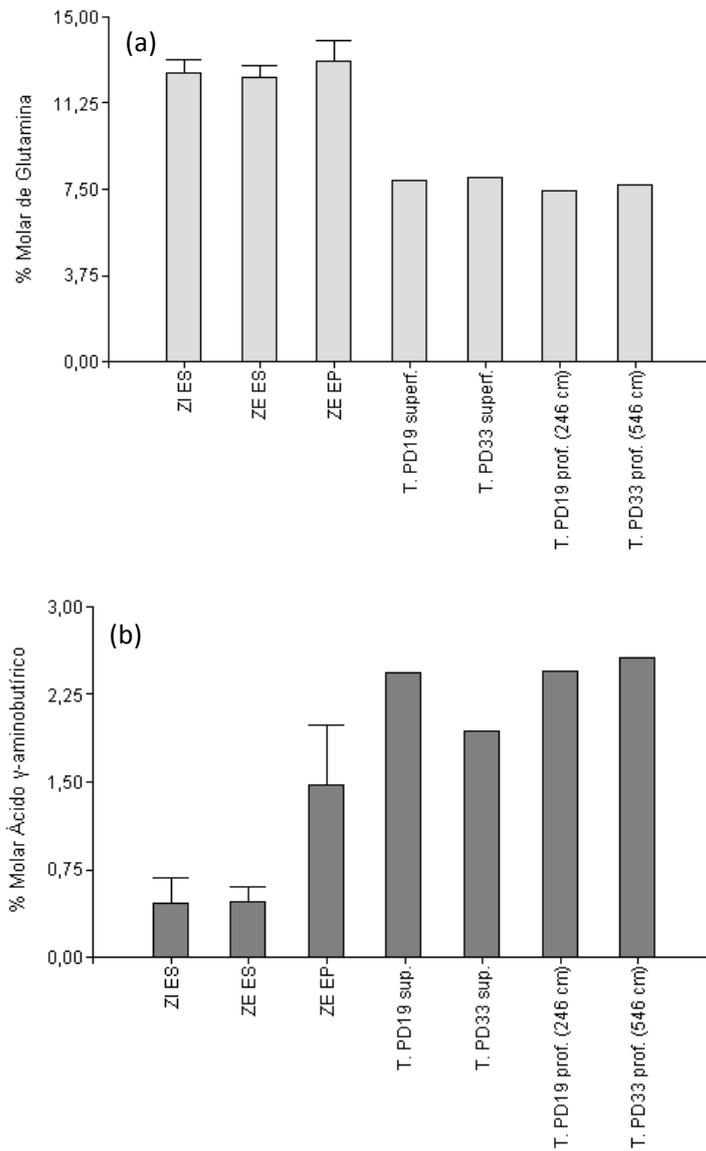


Figura 3.10. Valor medio y desvío estandar del porcentaje molar de aminoácidos (a) glutamina y (b) ácido γ -aminobutírico en diferentes ambientes y profundidades en la columna de agua (ZI ES: zona interna, estrato superficial; ZE ES: zona externa, estrato superficial; ZE EP: zona externa, estrato profundo), y porcentaje molar de dichos aminoácidos en sedimentos superficiales (T. PD19 sup.: testigo PD19 muestra de superficie; T. PD33 sup.: testigo PD33 muestra de superficie) y profundos (T. PD19 prof.: testigo PD19 muestra de profundidad; T. PD33 prof.: testigo PD33 muestra de profundidad) en la Plataforma Continental Argentina.

Para g-aba, producto de la decarboxilación parcial diagenética de glutamina (Cowie y Hedges, 1994), no se observaron diferencias en superficie entre las regiones estudiadas mientras que el aumento respecto a los valores de la superficie de la columna de agua fueron notorios a los 1250 metros de profundidad (Figura 3.11) incrementándose en un 300% desde un valor inicial de $0,5 \pm 0,1\%$ a $1,5 \pm 0,5\%$ (Figura 2.1). En sedimentos de la plataforma también se encontraron diferencias importantes entre el valor en la columna de agua y el registrado en el sedimento superficial (2,5%) llegando en profundidad a un valor máximo de 2,6% (Figura 3.3).

Estos resultados observados en la columna de agua con el incremento porcentual de aminoácidos no proteicos encontrados por nosotros (β -alanina y g-aba) en relación al resto de aminoácidos proteicos sería reflejo del consumo y transformación preferencial de estos últimos durante el descenso de la materia (Wakeham y Lee, 1989). Sin embargo estos mismos autores establecen en su trabajo de 1984 (Wakeham et al.) y 1983 (Lee et al.) que estos dos aminoácidos no proteicos no aumentaron su concentración porcentual en la forma en que lo hacen glicina y serina con el aumento de la profundidad, pudiendo ser responsables de la conservación de estos últimos los procesos de formación de partículas durante el hundimiento de la materia que los protegerían del ataque de microorganismos.

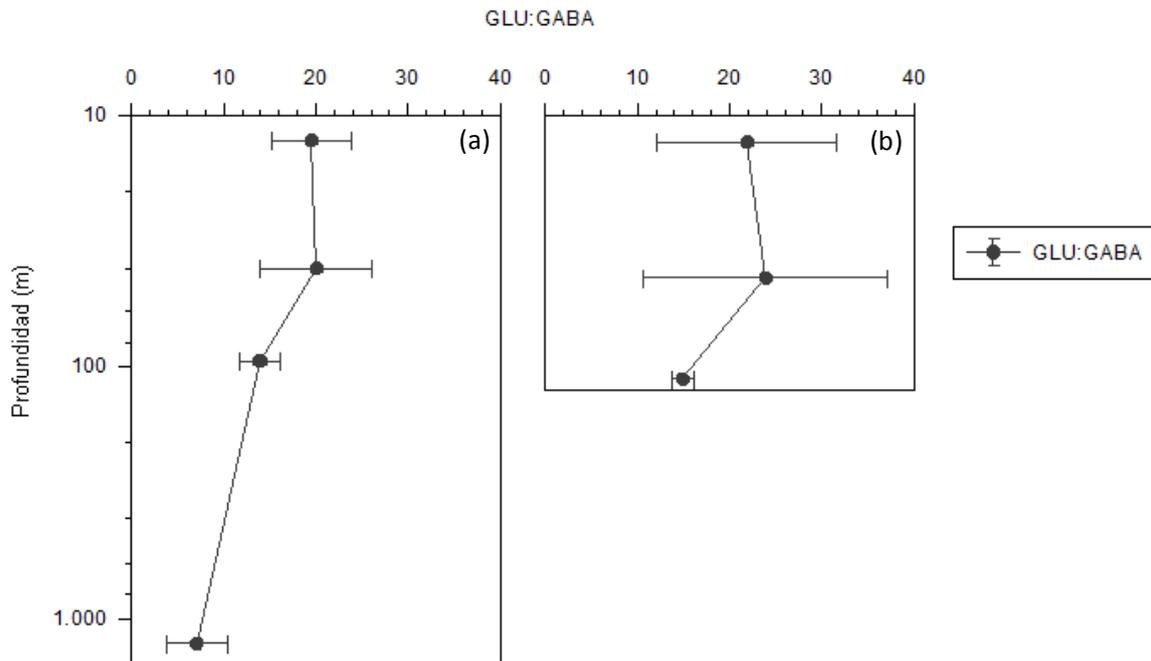


Figura 3.11. Cociente glutamina/ ácido γ -aminobutírico, indicador de procesos de ciclado de materia orgánica determinados en la columna de agua en la zona externa (a) e interna (b) de la Plataforma Continental Argentina.

Por otro lado, según los resultados obtenidos en los trabajos realizados por Müller et al. (1986), los únicos aminoácidos que presentaron un aumento de carbono orgánico desde la superficie hacia las profundidades marinas fueron los aminoácidos no proteicos β -alanina, gaba y menos pronunciada la ornitina lo que estaría también indicando procesos de reelaboración bacteriana de la materia orgánica durante su descenso en la columna de agua. Las relaciones biogeoquímicas (mayor porcentaje de arginina, lisina y β -alanina en sedimentos y gran cantidad de serina y ornitina en agua) sugieren forzosamente que una gran porción del material proteínico presentes en los sedimentos es generado in situ por microorganismos y animales excavadores (Degens et al., 1964) dando a entender procesos biológicos llevados a cabo por organismos propios de esos ambientes sedimentarios.

El porcentaje molar de taurina mostró una tendencia a disminuir durante el descenso de la materia orgánica por la columna de agua siendo la diferencia entre el estrato superficial y el más profundo de casi 60 % con valor medio de superficie de $1,0 \pm 0,8\%$ y a 1250 metros de $0,4 \pm 0,4\%$ (Figura 3.3). Este aminoácido de origen predominantemente animal (Cañas, 2002) sería otro reflejo de la transformación que sufre el material zooplanctónico y pellets durante el descenso de la materia en la columna de agua. En tanto en testigos sedimentarios la tendencia fue a incrementarse con el aumento de profundidad siendo el valor más alto registrado en sedimentos superficiales de 0,5% mientras que en profundidad fue de 0,8% evidenciando diferencias en la materia entre la columna de agua y el sedimento marino (Figura 3.3), y la presencia de especies animales sedimentívoras como las comprendidas en el grupo de los poliquetos (por ejemplo cirratúlidos y maldánidos).

Los valores de sulfóxido de metionina, producida por la oxidación de metionina, no presentaron variación durante el descenso de la materia orgánica por la columna de agua, con valores en superficie de $0,3 \pm 0,0\%$ y de $0,3 \pm 0,3\%$ en profundidad, situación de estabilidad que mostró la metionina como se describió anteriormente, mientras que sí hubo diferencias notables en los registros sedimentarios. El valor máximo registrado en la superficie del testigo sedimentario fue de 0,9% y en profundidad de 1,3% (Figura 3.3).

3.4 Análisis de comportamiento y cambios porcentuales de aminoazúcares particulares

Los porcentajes molares de glucosamina reflejaron en la zona del talud el consumo de la misma durante el descenso de la materia orgánica en la columna de agua producido por la acción bacteriana sobre los restos y pellets de origen zooplanctónico-quitinoso (Kaiser y Benner, 2009). Los porcentajes molares medios en superficie marina del talud fueron de $73,7 \pm 10,5\%$ mientras que a la profundidad de 1250 metros se había consumido significativamente hasta llegar a los $60,5 \pm 11,1\%$ (Figura 3.12). De los registros sedimentarios se obtuvieron para los sedimentos superficiales valores

de 54,8% para el testigo PD19 y 55,35% para el PD33 mientras que en profundidad los valores registrados fueron de 52,9% y 54,4% para PD19 y PD33 respectivamente (Figura 3.12). Se puede observar que durante los procesos de sedimentación en la columna sedimentaria, los valores porcentuales de glucosamina cambian poco en comparación a los cambios en la columna de agua reflejando procesos de consumo lentos por parte de organismos con metabolismos anaeróbicos o facultativos. Por otra parte, de la comparación entre los valores medios en aguas superficiales de la región interna costera ($67,9 \pm 5,6\%$) y externa del talud ($73,7 \pm 10,5\%$) las diferencias no llegaron a ser significativas (Figura 3.12).

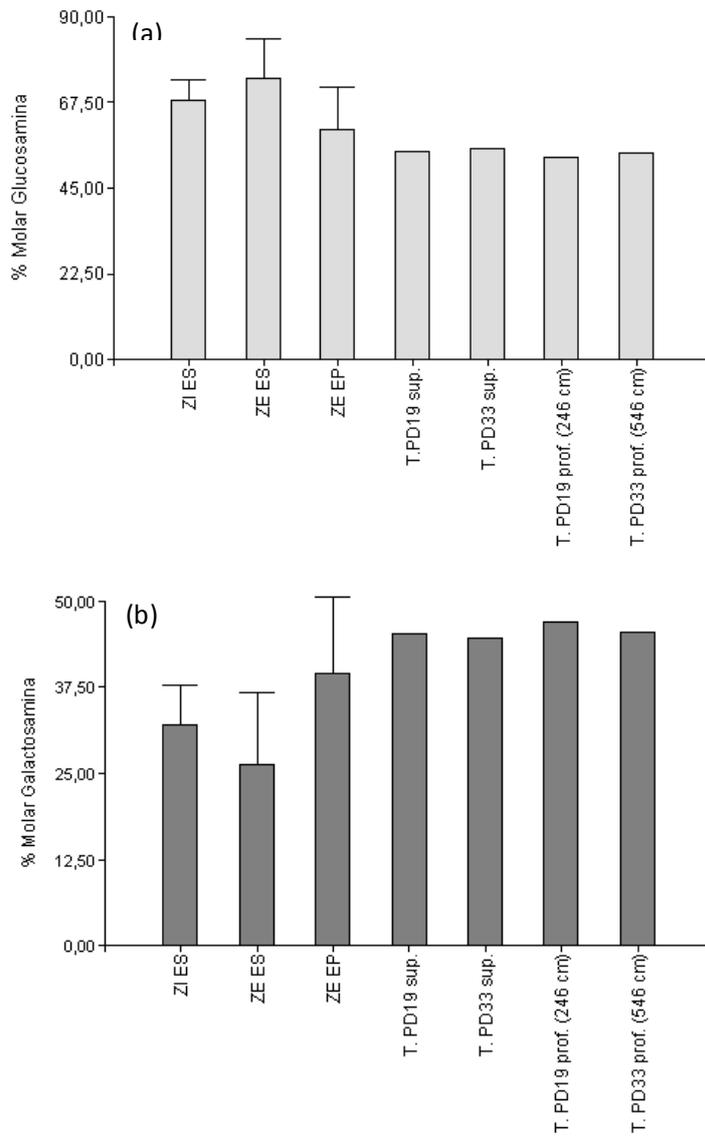


Figura 3.12. Valor medio y desvío estandar del porcentaje molar de aminoazúcares (a) glucosamina y (b) galactosamina en diferentes ambientes y profundidades en la columna de agua (ZI ES: zona interna, estrato superficial; ZE ES: zona externa, estrato superficial; ZE EP: zona externa, estrato profundo), y porcentaje molar de dichos aminoazúcares en sedimentos superficiales (T. PD19 sup.: testigo PD19 muestra de superficie; T. PD33 sup.: testigo PD33 muestra de superficie) y profundos (T. PD19 prof.: testigo PD19 muestra de profundidad; T. PD33 prof.: testigo PD33 muestra de profundidad) en la Plataforma Continental Argentina.

En la región del talud, los porcentajes molares de galactosamina aumentaron desde la superficie hacia la profundidad de la columna de agua desde $26,3 \pm 10,5\%$ en la superficie hasta $39,5 \pm 11,1\%$ a los 1250 metros (Figura 3.12). Este incremento del porcentaje molar de galactosamina es reflejo del aumento de la biomasa bacteriana como consecuencia del consumo gradual de la materia orgánica descendente en la columna de agua. Así puede visualizarse este proceso de reutilización y transformación de la materia a través del descenso porcentual de glucosamina de origen zooplanctónica por el aumento de galactosamina de origen bacteriano. De los registros sedimentarios superficiales se obtuvieron para PD19 45,3% y para PD33 44,7% mientras que en la profundidad de los sedimentos los valores fueron de 47,1% para PD19 y 45,6% para PD33 (Figura 3.12). De los datos obtenidos de los testigos sedimentarios puede observarse que la tendencia de galactosamina es de aumentar con la profundidad, al igual que ocurría en la columna de agua pero con diferencias porcentuales menos marcadas. En tanto de la comparación de las regiones de la plataforma estudiadas se pudo observar que las diferencias molares entre zonas no llegaron a ser significativamente diferentes contando con $26,3 \pm 10,5\%$ la zona externa y $32,1 \pm 5,6\%$ la zona interna de la plataforma (Figura 3.12).

Complementariamente a los resultados individuales de cada aminoácido y amino azúcar se determinó el cociente entre las concentraciones totales de aminoácidos y amino azúcares obteniendo en la región superficial interna 35,18 y en la superficial externa 34,86, en tanto en la profundidad del talud 50,29. Con estos datos podemos deducir que a mayores profundidades se preservan selectivamente restos de origen fitoplanctónico mientras que en la superficie del agua la contribución relativa del material de origen zooplanctónico cobra importancia. Si comparamos los datos de superficie, la zona del talud muestra una mayor presencia del zooplancton que la zona costera. Estas diferencias en los cocientes calculados entre nuestras zonas de

estudio reflejarían las influencias de las distintas corrientes y descargas continentales en la plataforma continental (Sabatini et al., 2004). Por un lado la zona de estudio costera recibiría influencias de las descargas de los ríos sur patagónicos incluido el Estrecho de Magallanes, de la Corriente del Brasil (Bisbal, 1995), junto con el material aportado desde el Océano Pacífico por la Corriente del Cabo de Hornos que se mezclaría con el aporte de la Corriente de Malvinas. Por otra parte, la zona del talud estaría influenciada exclusivamente por la Corriente de Malvinas y en profundidad por las corrientes del fondo marino cercanas a este. Un dato importante a mencionar es que la influencia de las corrientes de Brasil y de Malvinas determinaría las especies dominantes de fitoplancton en cada zona de estudio (Bisbal, 1995) y ello sus especies depredadoras. Este mismo autor publicó en su trabajo que la Corriente del Brasil aportaría a la zona costera poblaciones con alto número de especies pero de poca densidad dominadas por dinoflagelados, cocolitoforidos y cianofíceas mientras que aportaría escasas cantidades de diatomeas. En tanto que la zona del talud, influenciada casi exclusivamente por la Corriente de Malvinas las poblaciones fitoplanctónicas serían dominadas por las diatomeas.

También se determinó el cociente molar GLUAM/GALAM en la región de la plataforma continental costera y la zona externa del talud tanto en la superficie marina y en la profundidad de la columna de agua (1250 metros) (Figura 3.13). En la zona costera se registró un cociente de 2,11 mientras que los resultados obtenidos en el talud fueron de 2,8 y 1,5 en superficie y profundidad respectivamente. En base a estos cocientes podemos decir que existe similitud entre las aguas superficiales de ambas zonas con una fuerte presencia de poblaciones bacterianas, algo mayores en la zona costera. También podemos observar en la zona del talud que el estrato superficial se encuentra poblado tanto por organismos zooplanctónicos como bacterianos y que los procesos de descomposición de la materia comienzan a tener lugar en el mismo estrato eufótico donde se genera la materia y a medida que esta se hunde en la columna de agua disminuyen los compuestos y pellets de origen zooplanctónico y aumentan los de origen bacteriano.

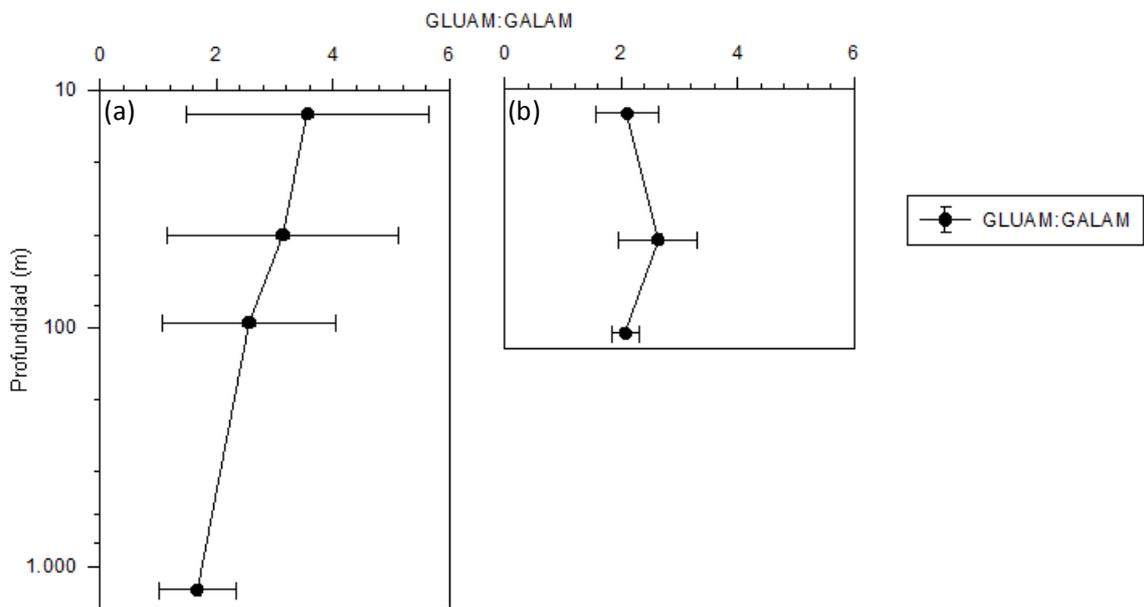


Figura 3.13. Cociente glucosamina/ galactosamina, indicador de procesos de ciclado de materia orgánica determinados en la columna de agua en la zona externa (a) e interna (b) de la Plataforma Continental Argentina.

3.5 Conclusión

La región norpatagónica de la Plataforma Continental Argentina se comporta como una región de producción biológica que consume nutrientes provenientes de la corriente de Cabo de Hornos que rodea el Pasaje de Drake y de la Corriente de Malvinas que transporta nutrientes desde las regiones subantárticas. Estas dos corrientes determinan según la bibliografía consultada (Alder y Morales, 2009) que las salinidades medias en la zona costera sean de 33,4 y en la zona del talud de 33,8. Aun así esta diferencia de salinidad no alcanza a determinar divergencias de significación en términos de ciclado de aminoácidos y amino azúcares en la capa eufótica entre las zonas. También se ha podido observar la escasa influencia de los aportes continentales por parte de las cuencas sur patagónicas que desembocan en el Atlántico Sur en comparación con la influencia de la Corriente Oceánica de Malvinas, aportante mayoritaria de nutrientes a la plataforma continental.

Sí existe la certeza de la presencia de diferentes poblaciones fitoplanctónicas en la plataforma con respecto a las poblaciones situadas en la Región Subantártica que serían determinadas por el gradiente ambiental como lo describe Lara et al. (2010) y que a pesar de la existencia de corrientes oceánicas que conectan las regiones no se genera total homogeneidad de especies entre éstas. Dado que la plataforma continental posee escasa profundidad en gran parte de su extensión, es factible pensar que la materia orgánica se comportará en otras zonas dentro de la plataforma de modo similar, bajo condiciones físicas y de aporte de nutrientes equivalentes.

Así, y dada las escasas profundidades en la mayor parte de la plataforma, ella se comporta como un gran contenedor de materia orgánica en suspensión en estado inmaduro o fresco para el consumo biológico y mantenimiento de la cadena alimenticia que allí se desarrolla. Como consecuencia de ello, los sedimentos de la plataforma recibirían gran parte de la materia orgánica en

estado semi inmaduro y allí terminaría de transformarse hacia un estado de mayor madurez pero a velocidades de cambios más lentos que los que ocurren en la columna de agua, debido a las condiciones propias de los ambientes sedimentarios como son la menor concentración de oxígeno, menor cantidad de luz y organismos con metabolismos anaeróbicos o facultativos con tasas de proliferación menor a los aeróbicos de la superficie oceánica.

Por otra parte, durante el proceso de precipitación en la columna de agua y posterior sedimentación, la materia orgánica sufre procesos degradativos que implican disminución de la misma y transformación de sus propiedades por incidencia solar y consumo diferencial bacteriano hacia un estado final más refractario. Dicho estado refractario de la materia se observa también en el sedimento superficial o profundo dependiendo éste de la profundidad de la columna de agua, así como de otros factores.

Es importante resaltar que la materia en estado más refractario registrada en el fondo de la columna de agua de la zona del talud es consecuencia de la sumatoria de procesos que ocurren con cierta independencia pero de forma paralela y que confluyen para dar como resultado la materia orgánica en el estado en que la encontramos. Sumado a los procesos de degradación ocurridos durante el descenso de la materia, se encuentran los eventos de surgencia, los procesos de advección y la resuspensión de la materia como consecuencia de los movimientos producidos en las aguas profundas en el frente del talud.

Estas evidencias nos llevan a plantearnos la idea de la existencia de diferentes ecosistemas marinos en aguas del talud caracterizados por el estado de la materia y su gradiente de cambio en sentido vertical. Los cambios en el estado de la materia encontrados en diferentes profundidades en nuestro estudio serían reflejo de las comunidades de organismos que en ellas se desarrollan y viven con dependencia de las condiciones ambientales propias de cada ambiente.

Las diferencias en aguas superficiales encontradas entre la región patagónica-costera y la zona del talud de la plataforma continental, comparadas con las aguas superficiales de la Región Subantártica descritas en el trabajo de Müller et al. (1986) definirían ecosistemas diferentes determinados por las condiciones ambientales distintas (salinidad, cantidad de luz solar, temperatura, concentración de oxígeno, etc.) así como las características físicas, morfológicas y topográficas de la plataforma que determinan los organismos que se desarrollarán en ellas aun cuando existe un fuerte nexo de unión como es la Corriente de Malvinas.

Capítulo 4. Resultados y Discusión: Análisis del mesozooplancton en la Plataforma Continental Argentina, Patagonia Norte

4.1 Análisis de la influencia de los parámetros ambientales sobre la composición del mesozooplancton en la zona de estudio

La concentración de los aminoácidos y aminoazúcares así como de quitina se determinó en el mesozooplancton en diferentes zonas de la Plataforma Continental Argentina comprendidas entre los 39,77° y 43,74° S y los 64,78° y 55,79° W. Dichas zonas presentaban diferencias ambientales (temperatura y salinidad) que podían condicionar la producción del mesozooplancton en las zonas de estudio. Así lo expresa también Cepeda et al. (2012) cuando manifiesta que los cambios en las condiciones físicas afectan la composición, tamaño de estructura y abundancia de las comunidades zooplanctónicas. Vale mencionar que estas variaciones se deben en parte a características de esta región como es la influencia de agua dulce del Río de la Plata, vientos estacionales y débiles y por la confluencia de las corrientes marinas de Malvinas y de Brasil (Palma et al., 2008). Este estudio realizado en el mes de noviembre sería representativo de lo que ocurre en la época primaveral del hemisferio sur determinando cambios en la fauna zooplanctónica como lo expresaron Ciechowski y Sánchez (1983), con tendencia creciente de incremento de la biomasa del zooplancton desde el invierno al verano (Ciechowski y Sánchez, 1983). Según puede observarse en la figura 3.1 la temperatura se incrementó en la ZI en mayor medida al sur de la provincia de Bs As y disminuyó en dirección al talud. El valor medio de temperatura en agua superficial de la ZE fue de 8,4°C en tanto que en el estrato subsuperficial fue de 6,2°C. En la ZC el valor medio de temperatura en superficie fue de 10,1 °C en tanto que en el estrato subsuperficial fue de 7,0 °C. Finalmente en la ZI de la plataforma el promedio de temperatura en la superficie fue de 12,0°C. En cuanto a los valores de salinidad, se registraron escasas diferencias, en la ZE de la plataforma continental el valor promedio fue de 33,8 en la superficie al igual que en el estrato subsuperficial. En la ZC los valores medios fueron de 33,9 en superficie y de 33,7 subsuperficialmente. Por su parte en la ZI midió en promedio en la superficie 33,6. Según el estudio realizado por Cepeda et al.

(2012) el valor de salinidad coincidente con el extremo norte de nuestra ZI ronda los 33,2, posiblemente algo más bajo que lo que observamos más al sur de esta zona, por la influencia de aguas menos salinas de El Rincón y muy salinas del Golfo San Matías. Los valores frente a la Península Valdés fueron en cambio los más bajos como se observa en la Figura 3.1. La estructura de la salinidad de la plataforma exterior es muy constante durante todo el año, en cambio la plataforma interna muestra variaciones estacionales que son controladas por intrusiones de aguas de alta salinidad ($S > 33,7$) desde el Golfo San Matías durante el invierno y en las estaciones restantes por la advección hacia el norte de las aguas de baja salinidad ($33,5 < S < 33,7$) de la región sur de la plataforma (Palma et al., 2008). Esto último se relaciona con los valores que registramos al sur de la Península de Valdés.

Los valores ambientales de temperatura y salinidad registrados en la transecta se relacionaron con los valores de carbono orgánico ($C_{org.}$) y glucosamina determinados sobre las muestras de mesozooplancton (Figura 4.1). Las correlaciones de temperatura con $C_{org.}$ y glucosamina del mesozooplancton en ambos estratos de la columna de agua fueron estadísticamente no significativas al igual que las regresiones de salinidad con $C_{org.}$ y glucosamina. De esta última se desprende que ni el $C_{org.}$ ni la glucosamina se incrementan a partir de los 33,5.

Esto se debe a que la salinidad, al igual que la temperatura, resultan ser factores ambientales que influyen en el desarrollo y crecimiento del mesozooplancton. Cepeda et al. (2012), observó en su estudio realizado durante la estación de primavera en el Océano Atlántico Sudoccidental que los copépodos junto con cladóceros son los grupos dominantes y más vastamente distribuidos en la región. Por otra parte, según estudios realizados por Cervetto et al., (1999) sobre *A. tonsa*, se concluyó que el gradiente de cambio de la salinidad es un factor crítico en la distribución de la especie así como la tolerancia a la salinidad absoluta.

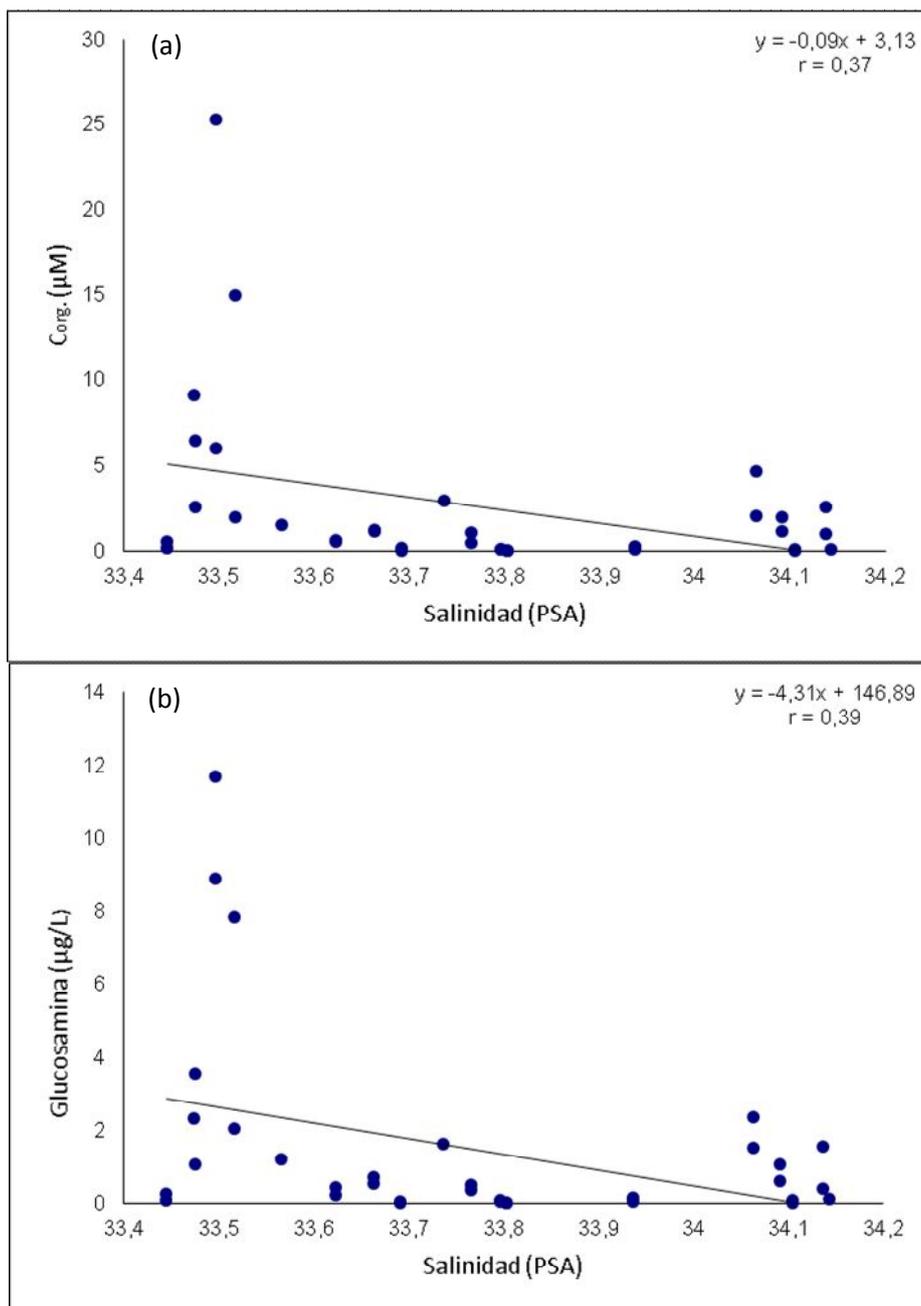


Figura 4.1. Curva de regresión entre $C_{org.}$ (a) y glucosamina (b) con el parámetro ambiental salinidad en la región de estudio.

La fracción mayor (A) presente en el estrato de superficie mostró niveles de correlación estadísticamente no significativos entre $C_{org.}$ y glucosamina con cada uno de los parámetros ambientales medidos. Esto demuestra que la fracción de organismos más grandes del mesozooplankton, localizado en la región de estudio no responde en forma determinante a los moderados

cambios observados de temperatura y salinidad cuando se analizan los efectos de estos factores ambientales en forma individual sobre las comunidades biológicas del estrato superficial. Lo mismo sucede cuando el análisis se centra sobre la misma fracción del estrato subsuperficial.

La fracción de menor tamaño (b) también mostró niveles de regresión estadísticamente no significativos en ambos estratos tanto con la temperatura como con la salinidad. Ello podría significar que aun analizando las fracciones de forma separada en ambos ambientes de la columna de agua en la temporada de primavera, no fueron estos factores ambientales, al menos de forma aislada, los que determinaron la distribución y composición de estos organismos.

En este sentido, los estudios realizados por Kimmel y Bradley (2001) en ambientes costeros, sugieren que la distribución de copépodos es controlada conjuntamente por la temperatura y la salinidad. Otros estudios proponen sólo a la salinidad como variable de control. En concordancia, hay autores que asumen que pequeñas diferencias en la temperatura no pueden explicar las diferencias en abundancia entre dos sistemas. Sin embargo experiencias adicionales deben probar si la posible interacción de temperatura y salinidad explicarían la diferencia en las abundancias (Cervetto et al., 1999). Kimmel y Bradley (2001), en sus estudios realizados en la Bahía de Chesapeake, asumieron que los cambios en la expresión proteica por encima y debajo de niveles de detección indican la adaptación de los organismos a las variaciones de temperatura y salinidad.

De estos conceptos puede desprenderse la idea de un sistema biológico dinámico condicionado por los cambios ambientales que generan modificaciones en los niveles de producción primaria como queda reflejado en la Figura 4.2 los días 9 a 16 (a) y 17 a 24 (b) del mes de noviembre de 2009, en la región de estudio en que se realizó la campaña oceanográfica Concacen PD 2009 y ello se traslada luego al resto de la cadena alimenticia.

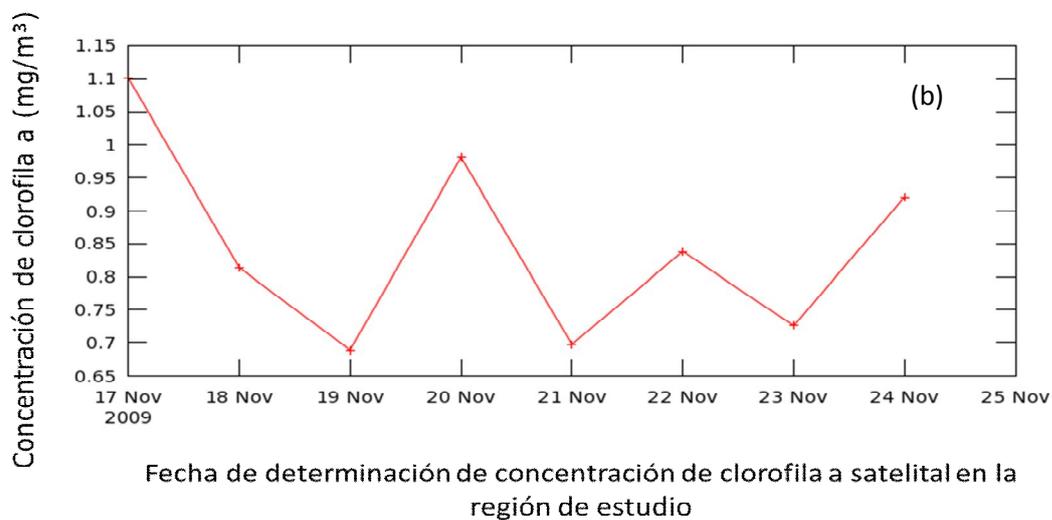
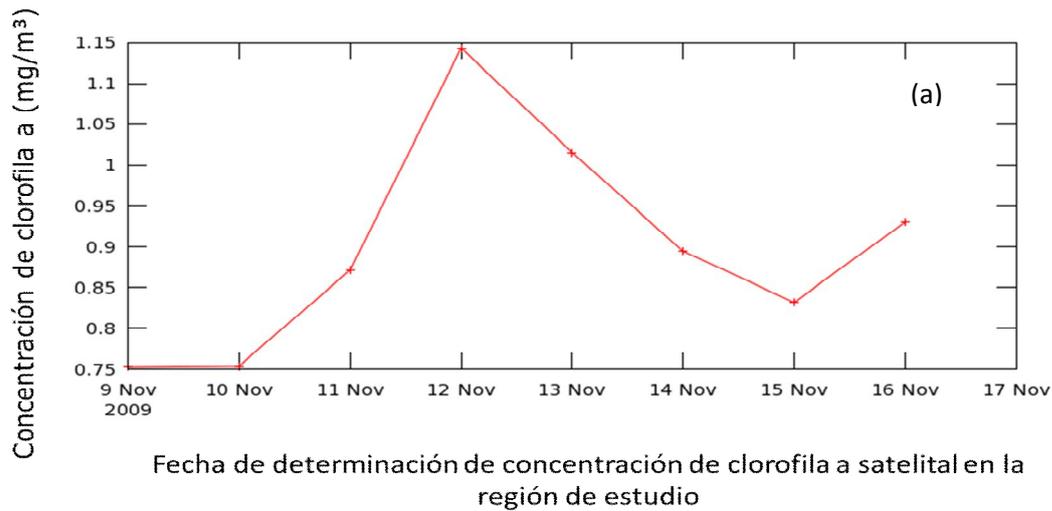


Figura 4.2. Concentración media de clorofila a determinada por imagen satelital en el área de estudio de la Plataforma Continental Argentina en las fechas de la Campaña Oceanográfica Concacen PD 2009, (a) días 9 a 16 y (b) días 17 a 24 (Giovanni Modis-Aqua).

Por su parte, en los estudios realizados por Williams y Poulet (1986) en la primavera de 1983, observaron que a pesar de la uniformidad de la salinidad y temperatura en la columna de agua, esto no sucedía en los perfiles biológicos y químicos. Por lo tanto, parecía poco probable que el zooplancton estuviera respondiendo únicamente a las variables físicas. Más probable era que el zooplancton estuviera respondiendo a un estímulo biológico como la relación predador-presa o la presencia de alimentos. Es factible especular con que las poblaciones de organismos mesozooplancónicas, por su capacidad de acumulación de reservas y

nutrientes para atravesar la estación de invierno y la temporada menos favorable, alternen la dominancia de especies con cambios paulatinos a medida que las condiciones ambientales y otros factores como la abundancia de nutrientes van modificándose.

Distintos autores han puesto de manifiesto a través de sus trabajos que las variaciones en las comunidades biológicas se tornan más complejas y que existen una diversidad de factores a analizar que pueden generar cambios en ellas o regularlas más allá de la observación de patrones simples de cambios de temperatura y salinidad. En dicho sentido, Agawin et al. (2000) explica que el rango de pastoreo del mesozooplankton sobre el fitoplancton, se incrementa significativamente con el incremento de la producción primaria y que la producción planctónica es mantenida a lo largo del año por una sucesión de poblaciones de especies adaptadas a diferentes rangos de temperaturas anuales (Jeffries, 1969). Sumado a ello, las bajas temperaturas, características del medioambiente de los océanos del sur, podrían explicar la baja tasa de degradación del material en sedimentación (Fileman et al., 1998) y su permanencia como alimento fresco disponible para los consumidores. Los cambios estacionales alteran la cantidad, calidad y sincronización de la producción del fitoplancton y subsecuentemente la de sus consumidores (Yun et al., 2014).

Por otra parte se determinó que cuando la biomasa de fitoplancton es baja, la comunidad zooplanctónica ingiere 33 a 48% de la clorofila en la zona eufótica por día o el 76 a 81% de la producción primaria diaria. Sin embargo, durante las condiciones del florecimiento el impacto del pastoreo se reduce a solo 5 a 10% de la concentración de clorofila a y a 9 a 17% de la producción primaria por día (Perissinotto, 1992). Así es que las poblaciones se adaptan a las condiciones de temperatura fluctuando a lo largo de cada ciclo anual según sus requerimientos, estableciéndose así la sucesión de especies. Dicho proceso mantiene la productividad de acuerdo al recambio de poblaciones de distintas especies. El proceso se podría llamar homeostasis de la comunidad (Jeffries, 1969).

También se relacionaron los datos obtenidos de $C_{org.}$ y glucosamina con la quitina. Las regresiones de los primeros dos indicadores fueron no significativas con la quitina determinada a través de la metodología de WGA-FITC. Según lo observado en los resultados esta falta de correlación entre el $C_{org.}$ y la glucosamina con la quitina podría deberse a un problema metodológico en la determinación de esta última. Por otro lado las determinaciones de glucosamina que se habían realizado por HPLC como ya se describió anteriormente en la sección de materiales y métodos, mostraron una relación más ajustada con los valores de $C_{org.}$. La curva de regresión entre $C_{org.}$ y glucosamina puede observarse en la Figura 4.3 con un valor de $r=0,76$.

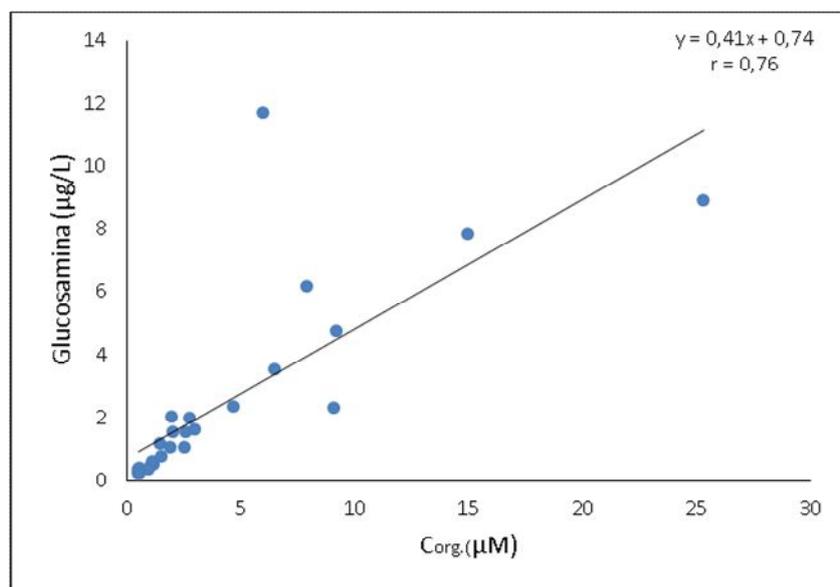


Figura 4.3. Curva de regresión entre el carbono orgánico y la glucosamina en mesozooplancton de la Plataforma Continental Argentina.

4.2 Análisis de la distribución del mesozooplancton a través de la observación de las concentraciones de aminoácidos particulares

Se analizaron dentro de cada zona de muestreo, las diferencias entre las dos fracciones del mesozooplancton recolectado en cada estrato por separado para cada biomolécula. En el análisis realizado dentro de cada zona, no se encontraron diferencias significativas entre las fracciones A y b en el estrato superficial ni en el estrato más profundo. Posteriormente se

analizaron estadísticamente las diferencias que pudieran existir entre las tres zonas de estudio para ambas fracciones por separado, de cada estrato de la columna de agua. En las muestras del estrato más profundo sólo pudieron compararse las muestras de la zona externa y media ya que las de la zona interna eran de escasa profundidad y entonces se muestreó un solo estrato de superficie a fondo. No se encontraron diferencias significativas entre las zonas externas y medias de la plataforma para la fracción A del estrato más profundo. En las muestras del mesozooplancton de menor tamaño sólo se observaron diferencias que llegaron a ser significativas entre las dos zonas para el aminoácido metionina. El mismo análisis en el estrato superficial no mostró diferencias significativas entre las tres zonas muestreadas para ninguna de las fracciones.

En ambas fracciones se observan diferentes niveles de concentraciones de aminoácidos entre las estaciones en la zona norte y sur del talud. En la fracción mayor se concentran mayores cantidades de aminoácidos que en la fracción menor y dentro de las estaciones del norte del talud es en la estación número dos donde se registraron las concentraciones más altas como puede observarse en la Figura 4.4.

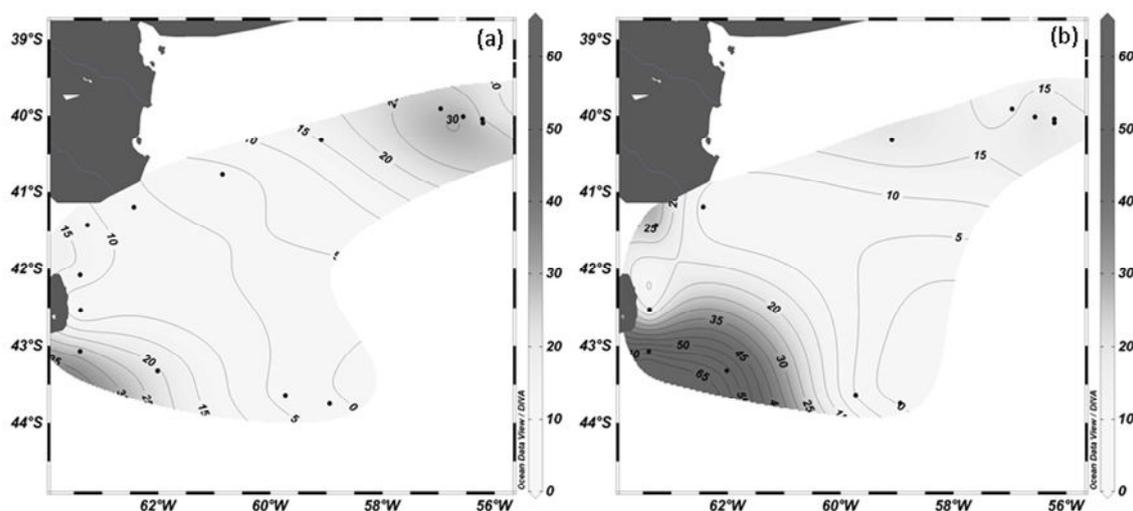


Figura 4.4. Distribución de aminoácidos totales en mesozooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción $\geq 200\mu\text{m}$ (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

El mismo patrón de comportamiento se reitera en las dos categorías de aminoácidos, esenciales y no esenciales con concentraciones algo superiores en los segundos. Esta diferenciación observada entre las estaciones norte y sur del talud podría indicar una secuencia de activación biológica que se da durante la temporada primaveral y no de forma simultánea y homogénea en todo el talud a medida que avanza la primavera. Los procesos biológicos van activándose de norte a sur y la productividad refleja una heterogeneidad intrínseca del sector como puede observarse en el trabajo publicado por Dogliotti et al., (2014). Vale mencionar que en el estudio realizado por Santos y Ramírez, (1995), se observó que en términos generales no había una relación clara entre la abundancia del fitoplancton y la del zooplancton en los sistemas frontales. Ello deja el interrogante acerca de la capacidad de los consumidores de alternar entre distintas especies fitoplanctónicas durante los procesos de estructuración de las comunidades biológicas y si la alternancia de especies palatables condiciona el desarrollo de diferentes especies zooplanctónicas en una misma zona.

Según Lutz et al. (2009) el primer estudio en la Plataforma Continental Argentina y Antártida mostró que la producción fitoplanctónica fue mayor en el norte que en el sur del quiebre de la plataforma en el comienzo del florecimiento de primavera, y que la eficiencia de producción por unidad de clorofila aumenta a medida que la estación avanza. Una conjetura interesante a tener en cuenta es la que surge de la observación de las imágenes satelitales de concentración superficial de clorofila presente en el talud durante la época de la campaña oceanográfica en los días correspondientes a la toma de muestras.

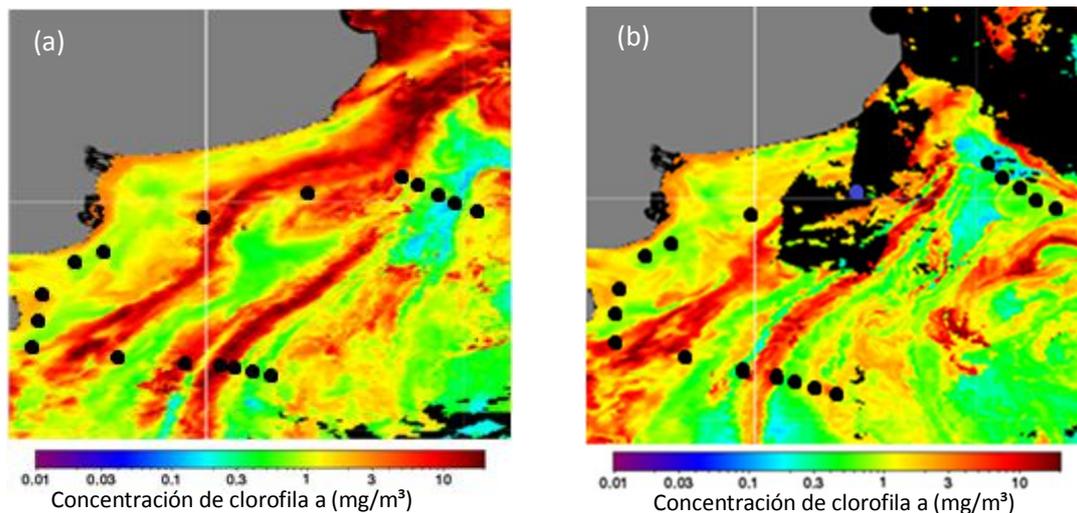


Figura 4.5. Concentración de clorofila a determinada en la región de estudio. Imagen satelital compuesta (a) de 8 días entre las fechas 9 y 16 de noviembre e imagen satelital compuesta (b) de 8 días entre las fechas 17 y 24 de noviembre del año 2010 (Oceancolor Web).

Según se puede observar (Figura 4.5), en las fechas de muestreo los máximos de clorofila cambiaron de posición de una semana a la otra lo que posiblemente incidió sobre el posicionamiento del zooplancton que las consume. En la primera imagen que incluye los días en que se muestreó en el sector norte del talud (ZE, días 11 al 14) no se observa un florecimiento fitoplanctónico, registrándose allí la más baja concentración de clorofila en los puntos de muestreo. Lo mismo sucedió durante los días en que se muestreó en el sector sur (días 22 y 23), mostrando valores mínimos de clorofila lo que coincide con los valores bajos de los aminoácidos medidos en el mesozooplancton. Si bien según la bibliografía consultada (Lutz et al., 2009; Dogliotti et al., 2014; Palma et al., 2008), la zona del talud de la Plataforma Continental Argentina es considerada de alta producción biológica propiciado por diversos factores, las imágenes satelitales muestran situaciones dinámicas y cambios rápidos en la posición de los florecimientos fitoplanctónicos. Ello daría a pensar que si bien es una zona de alta producción biológica favorecida por la surgencia de aguas ricas en nutrientes provistas por la Corriente de Malvinas y que son utilizadas por las algas cuando son propicias las condiciones ambientales en primavera, éstas no permanecerían de forma estática en el talud sino que serían transportadas rápidamente. Dicha movilidad, condicionante de la presencia

del zooplancton, podría deberse a patrones de circulación derivados de la confluencia de las corrientes de Brasil y Malvinas y sus interacciones en la región central de la plataforma. Sin embargo según lo observado en el trabajo de Palma et al. (2004 y 2008) otra posibilidad de rápido cambio en la posición de la biomasa fitoplanctónica es el producido por la presencia de vientos sobre la superficie marina que propiciaría un rápido barrido lo cual justificaría la escasa concentración de clorofila durante el muestreo y los niveles bajos de concentración de aminoácidos en el mesozooplancton. Esta explicación, podría entenderse como sucesos frecuentes de generación y remoción del fitoplancton del frente del talud que dependen de la presencia de vientos primaverales y nuevas surgencias de nutrientes favorecidas por los cambios abruptos del relieve del fondo oceánico, además de la convergencia de las corrientes oceánicas que generan modificaciones en las temperaturas y la salinidad de las aguas (Acha et al., 2004) y que rápidamente son removidos hacia otro sector del océano. Esta situación dinámica del talud no se observó en la ZC de la plataforma, denominado el frente de plataforma media, donde la concentración de clorofila fue de mayor permanencia en las imágenes satelitales dando a entender que la movilización y renovación del fitoplancton se da con menor velocidad, probablemente como consecuencia de poseer un relieve menos abrupto que en el talud.

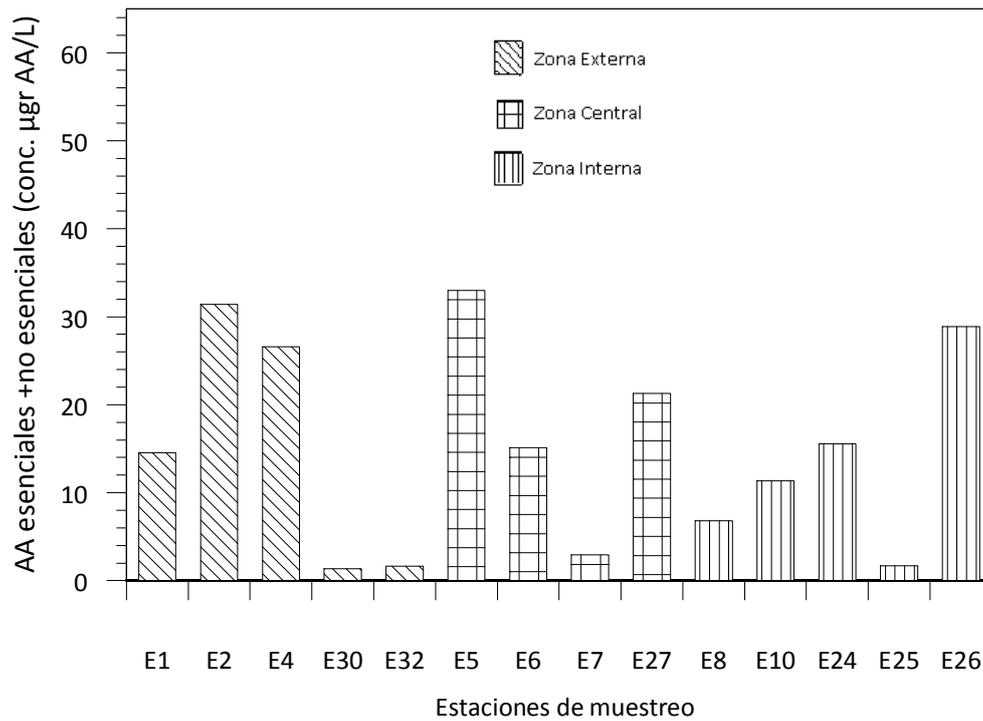


Figura 4.6. Concentraciones de aminoácidos totales ($\mu\text{g/L}$) medidos en primavera en muestras de mesozooplancton de fracción A ($\geq 1,5$ mm) en las estaciones muestreadas en las tres zonas de estudio de la Plataforma Continental Argentina.

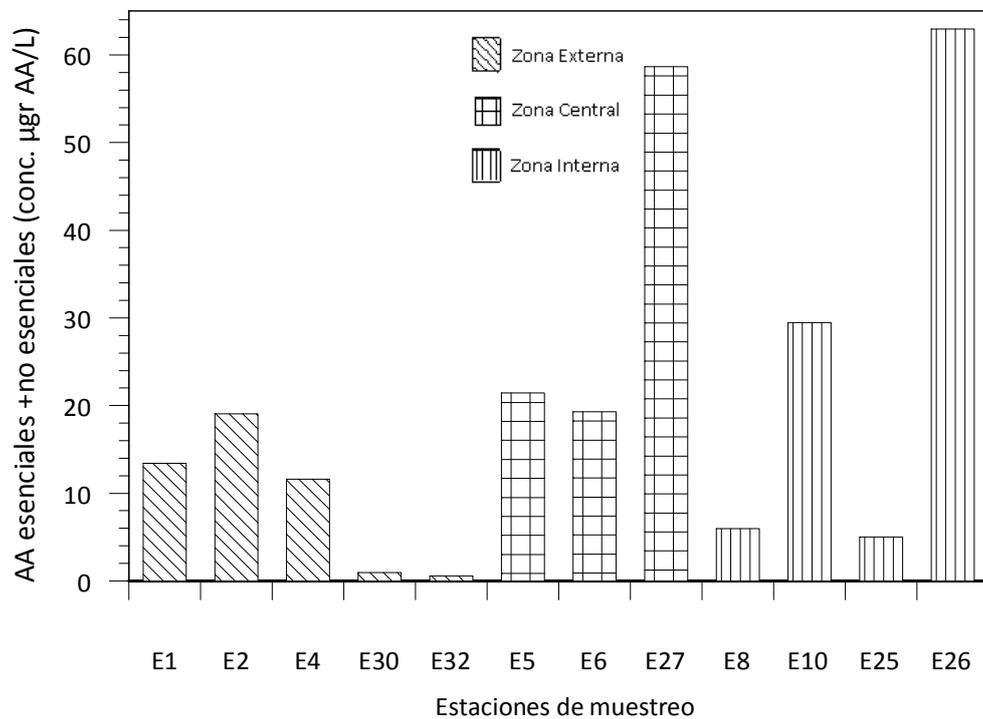


Figura 4.7. Concentraciones de aminoácidos totales ($\mu\text{g/L}$) medidos en primavera en muestras de mesozooplancton de fracción b (≥ 200 μm) en las estaciones muestreadas en las tres zonas de estudio de la Plataforma Continental Argentina.

Coincidentemente, en la ZC se observa una mayor homogeneidad en los valores de aminoácidos entre estaciones del norte y el sur de la plataforma que en la zona del talud siendo más altas las concentraciones en el norte de la zona para la fracción mayor. Los valores medios de la zona central medidos en la fracción A fueron más altos con respecto a los valores medios de las otras dos zonas de estudio coincidiendo con las observaciones realizadas por Dogliotti et al. (2014) sobre producción primaria en el mes de octubre donde los valores más altos registrados en su trabajo sobre la actividad fitoplanctónica se daban también en la ZC de la plataforma.

En la ZI cercana a la costa se observó que en ambas fracciones los valores más altos de concentración de aminoácidos se dieron al sur de la Península de Valdés, dentro del sistema frontal de la península (Sabattini y Martos, 2002) caracterizado por una alta producción primaria (Lutz et al., 2009). El sector de transición definido por Sabattini y Martos (2002) está caracterizado como un área de frente oceánico con un fuerte gradiente horizontal como la termoclina donde se cruzan capas superficiales y profundas. Se encuentra ubicado en Patagonia Norte y en esa zona, las abundancias de copépodos aumentan desde aguas débilmente a fuertemente estratificadas. Esto explica las diferencias de concentraciones medias de aminoácidos observadas entre la ZI y la ZC de la plataforma en este trabajo, con valores más altos en la segunda como puede observarse en las Figuras 4.6 y 4.7. Se pudo determinar que fue la fracción menor la que registró en esta zona los valores más altos de concentración de aminoácidos reflejando posiblemente la dominancia de especies con tiempos de desarrollo más cortos como *Paracalanus parvus* y *Euterpina acutifrons* características de esta región que les permite en aguas bien mezcladas tener éxito en un ambiente muy dinámico como lo es un frente oceánico (Santos y Ramirez, 1995). También se sabe que los copépodos calanoideos adultos y juveniles predominan en aguas con fuerte estratificación cerca del frente, mientras los huevos y nauplii alcanzan su punto máximo en el propio frente (Sabattini y Martos, 2002). Esta variabilidad en el desarrollo de las comunidades zooplanctónicas podría deberse a la respuesta diferencial ante

el desarrollo secuencial del florecimiento fitoplanctónico durante la primavera y la heterogeneidad ambiental.

Además pudimos determinar que la concentración de aminoácidos totales aumenta linealmente en función de la cantidad de biomasa mesozooplanctónica y en qué medida lo hacen mediante la observación y comparación de las pendientes de la recta (Figura 4.8). La pendiente para aminoácidos no esenciales fue de 22,1 en el mesozooplancton de talla mayor y de 26,3 para el de talla menor, mientras que para los aminoácidos esenciales fue de 15,6 para la primera categoría y 17,8 para la segunda. Las diferencias entre pendientes de las curvas de regresión entre las categorías de aminoácidos esenciales y no esenciales fueron estadísticamente significativas. De esto se deriva que el aumento de la concentración de aminoácidos esenciales y no esenciales en función del aumento de la biomasa, varía de forma diferencial entre ambas tallas del mesozooplancton estudiado. Esta diferencia en el aumento de aminoácidos esenciales y no esenciales probablemente responda a diferentes requerimientos fisiológicos durante el proceso de activación biológica y crecimiento primaveral del zooplancton.

Por otra parte, las diferencias entre las pendientes de aminoácidos no esenciales en ambas fracciones zooplanctónicas no fueron estadísticamente significativas, con un valor medio para ambas de aproximadamente 24 en tanto que la pendiente para la totalidad del mesozooplancton fue de 21. Lo mismo se verificó para las diferencias entre las pendiente de aminoácidos esenciales entre ambas fracciones, con un valor promedio para ambas de aproximadamente 17 en tanto que la pendiente para la totalidad del mesozooplancton fue de 15 aproximadamente. Esto indicaría que el aumento de las concentraciones de aminoácidos no esenciales y esenciales en función del aumento de la biomasa se da en forma similar en ambas fracciones del mesozooplancton estudiado.

Además se observó que cuando se incluyen en el análisis de regresión los valores de masa de zooplancton mayores a 0,2 mg/L, la pendiente desciende un 55% aproximadamente en muestras del meso de talla mayor,

de 22,1 a 10,6 para aminoácidos no esenciales y de 15,6 a 6,5 en los esenciales y 22% en los de menor tamaño, pasando de 26,7 a 21,2 en los aminoácidos no esenciales y de 18,0 a 13,8 en los esenciales, posiblemente por aumento de otros componentes como lípidos de reserva o estructura del exoesqueleto constituido fundamentalmente por quitina. Esto podría deberse a una capacidad diferencial de estos organismos de acumulación de otros componentes cuando la masa de los organismos es mayor y probablemente ello también se deba a diferencias en sus dietas. En el caso de los aminoácidos no esenciales, estos tienen una pendiente de incremento aproximadamente 30% mayor que la de los aminoácidos esenciales en ambos tamaños de mesozooplancton a medida que aumenta la biomasa del zooplancton (mg/L) pronunciándose esta diferencia cuando se incluyen mediciones de masa por encima de 0,2 mg/L probablemente alrededor de dicho valor toman importancia otros componentes como se expresó anteriormente.

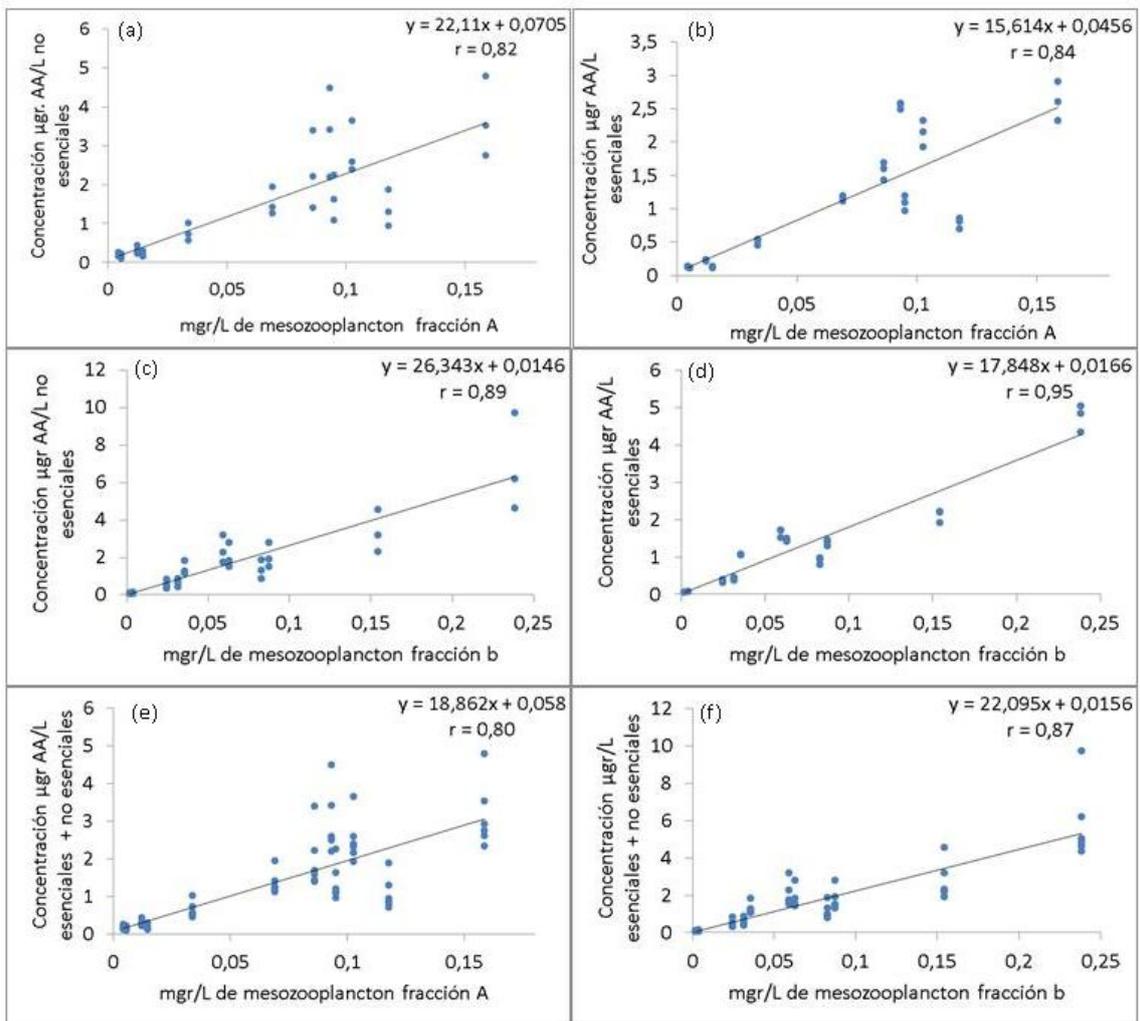


Figura 4.8. Curvas de regresión entre biomasa mesozooplanctónica y su concentración de aminoácidos esenciales y no esenciales en las fracciones más grandes (a y b) y más chicas (c y d) del mesozooplancton muestreado y en la totalidad del material colectado (e y f).

Los valores medios del cociente C/N determinados en toda la región de estudio así como en cada una de sus zonas por separado fueron ligeramente mayores en la fracción más pequeña del mesozooplancton (ZI=5,2, ZC=6,0 y ZE=5,1) siendo la mayor diferencia del 2,4% con respecto a los valores registrados en la fracción mayor (ZI=5,1, ZC=5,9 y ZE=4,9) en la comunidad de la zona del talud. En el análisis de cada fracción por separado se observó que las diferencias encontradas entre zonas para la fracción A no fueron estadísticamente significativas mientras que sí lo fueron para la fracción b. Este resultado podría significar así una situación de actividad general más intensa y procesos de pastoreo por parte de la fracción mesozooplanctónica de menor tamaño con respecto a la otra (Koski, 1999). Por otro lado se pudo determinar que del análisis individual de cada fracción mesozooplanctónica, la comunidad de la zona central de la plataforma tenía en las dos fracciones los cocientes de C/N más altos, siendo en la fracción menor significativa la diferencia respecto a las otras dos zonas de estudio de la plataforma. Según lo plantea Walve y Larsson (1999), los copépodos que más lípidos acumulan tienen comparativamente mayor contenido de carbono y menos de nitrógeno por unidad de masa, y consecuentemente esos organismos tendrán el cociente C/N más alto. Sin embargo esto no se vio reflejado claramente en nuestros resultados. Tal vez, el proceso fisiológico por el cual los organismos realizan la acumulación de sus reservas está supeditado a la situación ambiental y a las relaciones ecológicas que se dan en determinada estación del año, reflejando la situación que vive la comunidad planctónica en ese momento. Otro dato importante es que el contenido de carbono en los copépodos de gran tamaño disminuye en el invierno por consumo de lípidos utilizados para la migración ontogénica (hibernación) hasta la primavera en que vuelven a acumularlos. Vale mencionar que la producción y nutrición están relacionadas, y dietas nutricionalmente completas parecerían mejorar la probabilidad de éxito para el individuo, y en última instancia para la población (Kleppel, 1993).

Según vimos, los resultados obtenidos por Dogliotti et al. (2014) referidos a las zonas de producción fitoplanctónica, serían coincidentes con nuestro

trabajo en cuanto a que en la zona central de la Plataforma Continental Argentina, en primavera se observa una alta productividad biológica. Por lo antedicho, sería válido especular que en el mes de noviembre el pastoreo aún no ha sido suficiente para recuperar las reservas necesarias para la reproducción, cría y utilización de las mismas durante la hibernación en toda el área de estudio por igual.

Es importante agregar a lo ya expuesto que los resultados de incrementos de la concentración de clorofila hacia la zona central es coincidente con los valores más altos de concentración de los aminoácidos totales y de los aminoácidos mayoritarios (glicina, alanina y serina) (Keil et al., 2000) así como el amino azúcar glucosamina, (monómero de la quitina) determinados en las muestras de seston lo que pone de manifiesto el importante aporte a este compartimento por parte de los organismos fitoplanctónicos y microheterótrofos principalmente. La correspondencia de los máximos de aminoácidos como glicina, glucosamina, serina y de aminoazúcares en seston y en las fracciones (Figura 4.9), pone en evidencia el pastoreo sobre poblaciones de diatomeas por parte del mesozooplancton como puede deducirse también de las imágenes de cada aminoácido estudiado en las dos fracciones del mesozooplancton.

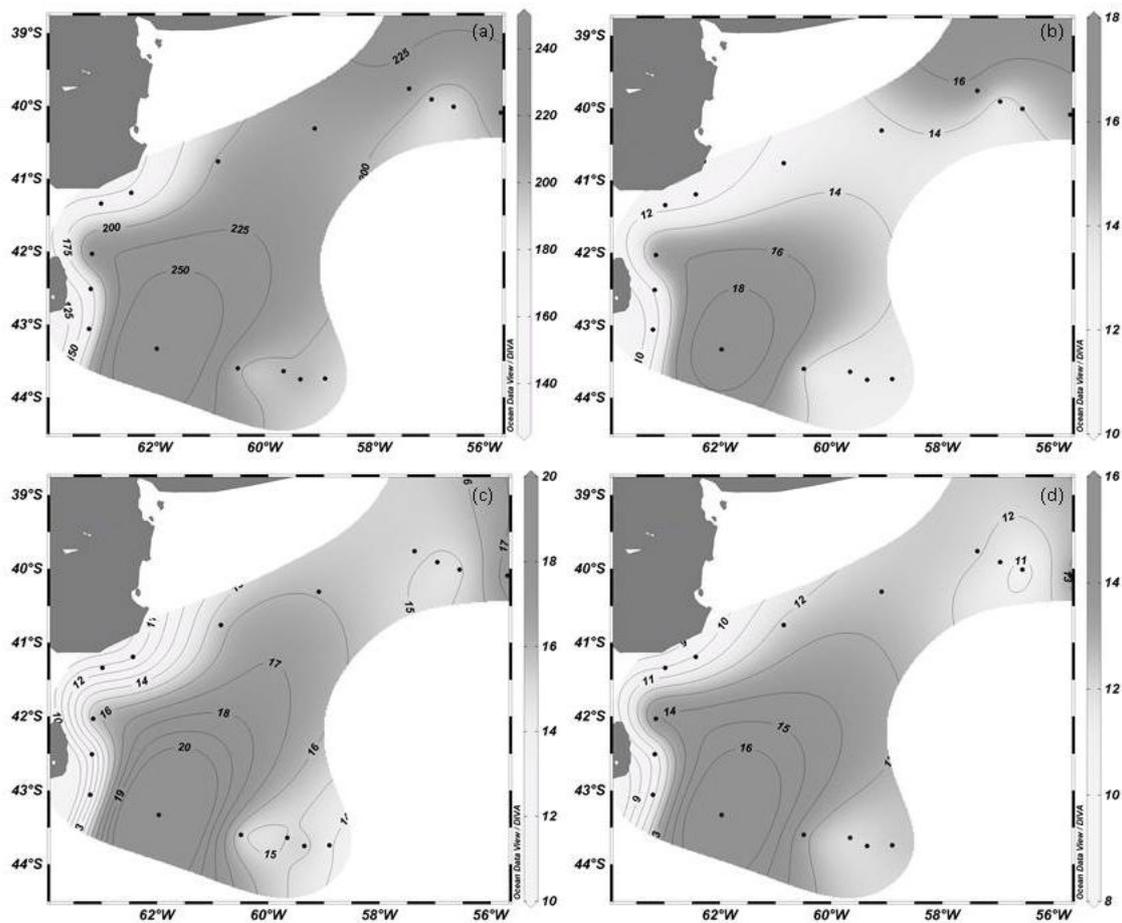


Figura 4.9. Distribución de aminoácidos totales (a) y mayoritarios, glicina (b), alanina (c) y serina (d) en seston de aguas superficiales en la región de estudio de la Campaña Concacen PD 2009.

Además como puede observarse en la Figura 4.10 las concentraciones de aminoácidos totales en seston fueron mayores que las obtenidas en las dos fracciones del mesozooplancton superándolas en un orden de magnitud. Esta diferencia entre el seston y el mesozooplancton podría ser aportado por el fitoplancton, el microzooplancton (ciliados, dinoflagelados y flagelados), el nanoplancton, el bacterioplancton y algunos estadios tempranos de metazoos.

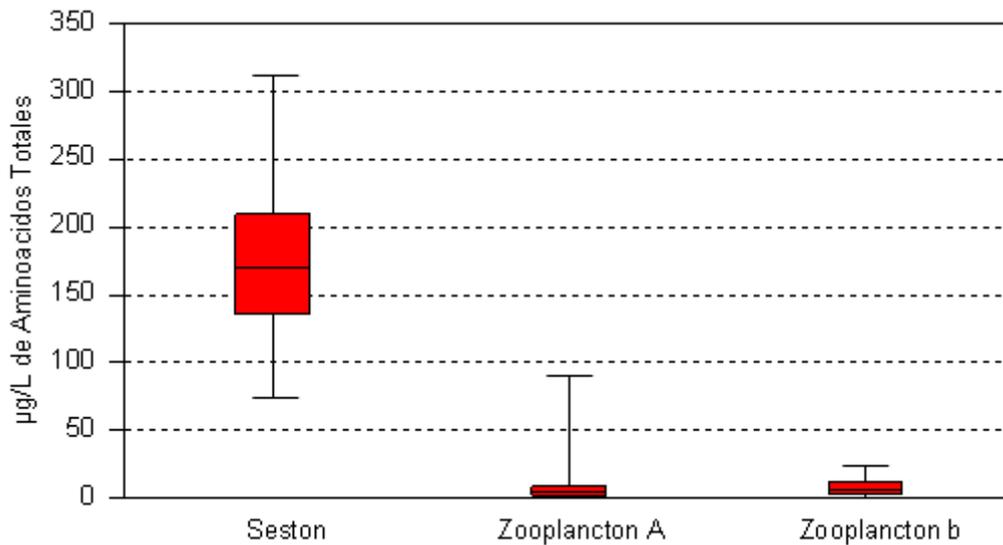


Figura 4.10. Concentración de aminoácidos totales en seston, zooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (A) y de fracción ≥ 200 μ m (b), de aguas superficiales en la región de estudio de la Campaña Concacen PD 2009.

4.3 Análisis del contenido de aminoácidos individuales en las fracciones mesozooplanctónicas

Los valores medios de cada aminoácido individual, aminoazúcar y de la quitina determinados en el mesozooplancton, se analizaron con el fin de profundizar sobre las condiciones existentes en la época de primavera (mes de noviembre) en las tres zonas de estudio en la plataforma continental y los resultados se expresan en las Tablas 4.1, 4.2 y 4.3.

Tabla 4.1. Concentraciones medias de aminoácidos, aminoazúcares y quitina ($\mu\text{g/L}$) \pm D.E determinadas durante la estación de primavera en la zona interna de la Plataforma Continental Argentina. El estrato superficial sin dato por la escasa profundidad de la columna de agua.

| ZONA INTERNA | Mesozooplankton $\geq 1,5$ mm | | Mesozooplankton ≥ 200 μm | |
|------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| | Estrato Superficial | Estrato Subsuperficial | Estrato Superficial | Estrato Subsuperficial |
| Aminoácidos | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ |
| Glicina | 1,06 \pm 0,79 | | 1,92 \pm 2,01 | |
| Treonina | 0,65 \pm 0,57 | | 1,31 \pm 1,38 | |
| Tirosina | 0,58 \pm 0,46 | | 1,27 \pm 1,36 | |
| Alanina | 0,87 \pm 0,67 | | 1,96 \pm 2,10 | |
| Serina | 0,62 \pm 0,53 | | 1,25 \pm 1,31 | |
| Fenilalanina | 0,56 \pm 0,45 | | 1,11 \pm 1,14 | |
| Leucina | 0,92 \pm 0,75 | | 1,97 \pm 2,09 | |
| Isoleucina | 0,52 \pm 0,39 | | 1,07 \pm 1,1 | |
| Valina | 0,70 \pm 0,51 | | 1,42 \pm 1,45 | |
| Cisteína | 0,22 \pm 0,14 | | 0,51 \pm 0,51 | |
| Metionina | 0,20 \pm 0,16 | | 0,47 \pm 0,51 | |
| Lisina | 0,80 \pm 0,64 | | 1,73 \pm 1,89 | |
| Taurina | 0,40 \pm 0,35 | | 0,70 \pm 0,77 | |
| Histidina | 0,29 \pm 0,22 | | 0,54 \pm 0,55 | |
| Arginina | 1,00 \pm 0,86 | | 2,01 \pm 2,18 | |
| Ornitina | 0,08 \pm 0,08 | | 0,12 \pm 0,09 | |
| Asparagina | 1,40 \pm 1,15 | | 2,64 \pm 2,67 | |
| β -alanina | 0,04 \pm 0,03 | | 0,10 \pm 0,10 | |
| G-aba | 0,03 \pm 0,04 | | 0,09 \pm 0,09 | |
| Glutamina | 2,07 \pm 1,76 | | 3,99 \pm 4,20 | |
| Sulfóxido de | | | | |
| Metionina | 0,06 \pm 0,05 | | 0,13 \pm 0,13 | |
| Glucosamina | 0,81 \pm 0,78 | | 1,40 \pm 1,56 | |
| Galactosamina | 0,15 \pm 0,13 | | 0,26 \pm 0,26 | |
| Quitina | 0,81 \pm 0,78 | | 1,40 \pm 1,56 | |

Tabla 4.2. Concentraciones medias de aminoácidos, aminoazúcares y quitina ($\mu\text{g/L}$) \pm D.E determinadas durante la estación de primavera en la zona central de la Plataforma Continental Argentina.

| ZONA CENTRAL | Mesozooplankton $\geq 1,5$ mm | | Mesozooplankton ≥ 200 μm | |
|------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------------------|------------------------|
| | Estrato Superficial | Estrato Subsuperficial | Estrato Superficial | Estrato Subsuperficial |
| Aminoácidos | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ |
| Glicina | 1,36 \pm 1,04 | 3,31 \pm 3,76 | 2,66 \pm 1,82 | 6,33 \pm 4,39 |
| Treonina | 0,91 \pm 0,59 | 2,58 \pm 3,06 | 1,66 \pm 1,07 | 4,12 \pm 2,88 |
| Tirosina | 0,96 \pm 0,81 | 2,33 \pm 2,61 | 1,99 \pm 1,4 | 4,79 \pm 3,38 |
| Alanina | 1,35 \pm 1 | 3,42 \pm 3,97 | 2,71 \pm 1,8 | 6,53 \pm 4,50 |
| Serina | 0,89 \pm 0,58 | 2,62 \pm 3,23 | 1,51 \pm 0,94 | 3,69 \pm 2,56 |
| Fenilalanina | 0,79 \pm 0,52 | 2,30 \pm 2,78 | 1,39 \pm 0,92 | 3,41 \pm 2,38 |
| Leucina | 1,38 \pm 0,99 | 3,69 \pm 4,37 | 2,59 \pm 1,75 | 6,33 \pm 4,36 |
| Isoleucina | 0,75 \pm 0,53 | 1,95 \pm 2,20 | 1,34 \pm 0,87 | 3,38 \pm 2,36 |
| Valina | 0,98 \pm 0,67 | 2,51 \pm 2,82 | 1,85 \pm 1,15 | 4,64 \pm 3,25 |
| Cisteína | 0,22 \pm 0,12 | 0,64 \pm 0,85 | 0,33 \pm 0,2 | 0,80 \pm 0,60 |
| Metionina | 0,23 \pm 0,16 | 0,45 \pm 0,26 | 0,72 \pm 0,7 | 1,92 \pm 1,46 |
| Lisina | 1,23 \pm 0,88 | 3,30 \pm 3,85 | 2,25 \pm 1,48 | 5,53 \pm 3,83 |
| Taurina | 0,48 \pm 0,30 | 1,99 \pm 2,65 | 0,54 \pm 0,37 | 1,57 \pm 1,12 |
| Histidina | 0,42 \pm 0,27 | 1,21 \pm 1,44 | 0,79 \pm 0,49 | 1,90 \pm 1,37 |
| Arginina | 1,50 \pm 1,12 | 3,95 \pm 4,65 | 2,62 \pm 1,83 | 6,45 \pm 4,50 |
| Ornitina | 0,24 \pm 0,35 | 0,24 \pm 0,11 | 0,24 \pm 0,18 | 0,60 \pm 0,49 |
| Asparagina | 1,91 \pm 1,34 | 5,23 \pm 6,18 | 3,31 \pm 2,1 | 8,15 \pm 5,65 |
| β -alanina | 0,07 \pm 0,05 | 0,22 \pm 0,29 | 0,11 \pm 0,08 | 0,15 \pm 0,22 |
| G-aba | 0,06 \pm 0,04 | 0,17 \pm 0,27 | 0,12 \pm 0,1 | 0,34 \pm 0,25 |
| Glutamina | 2,71 \pm 1,83 | 7,80 \pm 9,42 | 4,89 \pm 3,32 | 12,10 \pm 8,40 |
| Sulfóxido de | | | | |
| Metionina | 0,09 \pm 0,06 | 0,26 \pm 0,31 | 0,16 \pm 0,11 | 1,92 \pm 1,46 |
| Glucosamina | 1,50 \pm 1,07 | 4,61 \pm 6,17 | 2,58 \pm 1,72 | 5,92 \pm 4,24 |
| Galactosamina | 0,16 \pm 0,09 | 0,46 \pm 0,53 | 0,26 \pm 0,17 | 0,75 \pm 0,63 |
| Quitina | 1,50 \pm 1,07 | 4,61 \pm 6,17 | 2,58 \pm 1,72 | 5,92 \pm 4,24 |

Tabla 4.3. Concentraciones medias de aminoácidos, aminoazúcares y quitina ($\mu\text{g/L}$) \pm D.E determinadas durante la estación de primavera en la zona externa de la Plataforma Continental Argentina.

| ZONA EXTERNA | Mesozooplancton | | Mesozooplancton | |
|------------------|---------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| | $\geq 1,5$ mm | | ≥ 200 μm | |
| | Estrato Superficial | Estrato Subsuperficial | Estrato Superficial | Estrato Subsuperficial |
| Aminoácidos | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ |
| Glicina | 1,21 \pm 1,09 | 1,52 \pm 2,92 | 0,73 \pm 0,65 | 1,29 \pm 2,63 |
| Treonina | 0,73 \pm 0,66 | 0,81 \pm 1,50 | 0,45 \pm 0,40 | 0,76 \pm 1,54 |
| Tirosina | 0,78 \pm 0,72 | 1,04 \pm 2,00 | 0,47 \pm 0,42 | 0,90 \pm 1,82 |
| Alanina | 1,09 \pm 1,01 | 1,36 \pm 2,61 | 0,67 \pm 0,59 | 1,29 \pm 2,62 |
| Serina | 0,70 \pm 0,64 | 0,77 \pm 1,43 | 0,42 \pm 0,37 | 0,71 \pm 1,43 |
| Fenilalanina | 0,67 \pm 0,63 | 0,72 \pm 1,34 | 0,40 \pm 0,35 | 0,68 \pm 1,37 |
| Leucina | 1,21 \pm 1,13 | 1,39 \pm 2,62 | 0,72 \pm 0,64 | 1,26 \pm 2,56 |
| Isoleucina | 0,68 \pm 0,62 | 0,77 \pm 1,42 | 0,39 \pm 0,36 | 0,66 \pm 1,34 |
| Valina | 0,84 \pm 0,77 | 0,98 \pm 1,83 | 0,51 \pm 0,47 | 0,90 \pm 1,82 |
| Cisteína | 0,16 \pm 0,14 | 0,13 \pm 0,22 | 0,11 \pm 0,10 | 0,13 \pm 0,24 |
| Metionina | 0,19 \pm 0,24 | 0,20 \pm 0,32 | 0,17 \pm 0,19 | 0,15 \pm 0,26 |
| Lisina | 1,16 \pm 1,07 | 1,28 \pm 2,41 | 0,67 \pm 0,60 | 1,13 \pm 2,31 |
| Taurina | 0,49 \pm 0,51 | 0,28 \pm 0,46 | 0,23 \pm 0,27 | 0,39 \pm 0,79 |
| Histidina | 0,29 \pm 0,25 | 0,37 \pm 0,69 | 0,20 \pm 0,17 | ,32 \pm 0,64 |
| Arginina | 1,27 \pm 1,17 | 1,46 \pm 2,76 | 0,73 \pm 0,64 | 1,23 \pm 2,50 |
| Ornitina | 0,33 \pm 0,33 | 0,34 \pm 0,72 | 0,15 \pm 0,15 | 0,48 \pm 1,04 |
| Asparagina | 1,54 \pm 1,45 | 1,74 \pm 3,27 | 0,90 \pm 0,79 | 1,54 \pm 3,12 |
| β -alanina | 0,08 \pm 0,08 | 0,06 \pm 0,10 | 0,04 \pm 0,04 | 0,05 \pm 0,11 |
| G-aba | 0,05 \pm 0,04 | 0,04 \pm 0,08 | 0,03 \pm 0,03 | 0,05 \pm 0,10 |
| Glutamina | 2,11 \pm 1,94 | 2,45 \pm 4,56 | 1,33 \pm 1,18 | 2,22 \pm 4,47 |
| Sulfóxido de | | | | |
| Metionina | 0,07 \pm 0,06 | 0,07 \pm 0,12 | 0,06 \pm 0,05 | 0,15 \pm 0,26 |
| Glucosamina | 0,87 \pm 0,89 | 1,36 \pm 2,70 | 0,54 \pm 0,48 | 1,04 \pm 2,08 |
| Galactosamina | 0,09 \pm 0,08 | 0,09 \pm 0,15 | 0,08 \pm 0,08 | 0,08 \pm 0,16 |
| Quitina | 0,87 \pm 0,89 | 1,36 \pm 2,70 | 0,54 \pm 0,48 | 1,04 \pm 2,08 |

Los resultados obtenidos de las determinaciones realizadas en nuestro estudio nos permitieron observar un incremento de las concentraciones de glicina en la zona central de la plataforma en ambas fracciones del mesozooplancton.

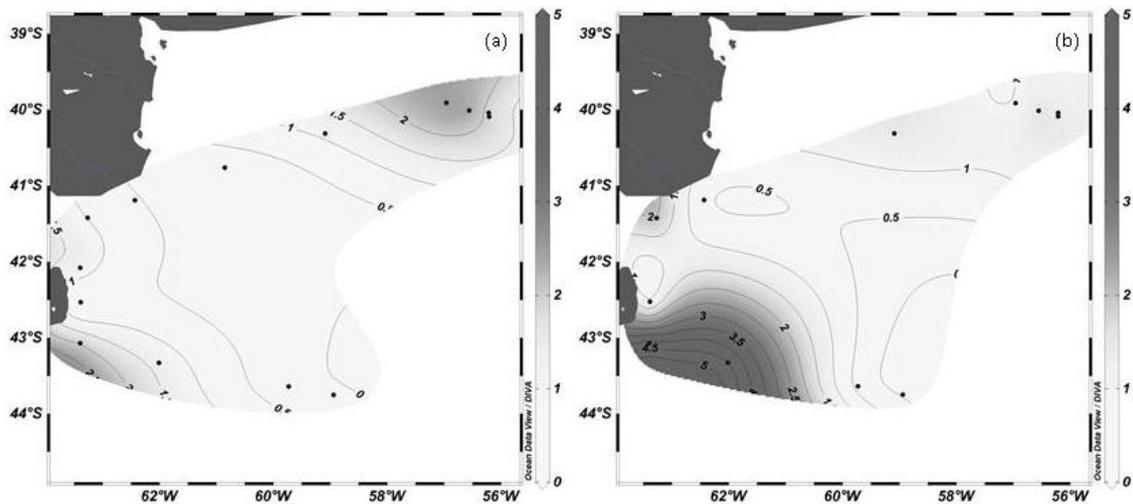


Figura 4.11. Distribución de glicina en mesozooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción ≥ 200 μm (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

Si bien las concentraciones medias de glicina fueron menores en el talud y la costa, fue en esta última donde las concentraciones medias fueron más bajas. Ello indica que a pesar de ser un ambiente de alta producción biológica (Lutz et al., 2009; Dogliotti et al., 2014) por tratarse de un frente oceánico, posiblemente alcance una mayor producción zooplanctónica durante la primavera tardía y el verano. Es importante mencionar que las imágenes satelitales de clorofila muestran mayores concentraciones en la zona central que en la zona costeras en ambas imágenes lo que determina una mayor actividad biológica en ese momento en la ZI y consecuentemente se esperaría también una mayor presencia del mesozooplancton. También es importante destacar que dentro de cada zona de estudio se observó cierta heterogeneidad a través de las imágenes confeccionadas con el programa ODV (Figura 4.11) donde se distinguieron las diferencias en la zona central de la plataforma media, en la que si bien la media es la más elevada de las tres zonas, entre los extremos de esta zona y su parte más central se observan diferencias de concentración de glicina. Las mismas diferencias se pudieron ver entre el norte y el sur de la zona externa, con valores más altos en la primera, mostrando cierta heterogeneidad de la zona.

Las mayores concentraciones de glicina se registraron en el mesozooplancton de menor tamaño situado en el estrato subsuperficial de la zona central. Dentro de cada zona y para ambas fracciones se observó también dicho incremento con el aumento de la profundidad en la columna de agua con una tendencia más marcada en la zona central de la plataforma. Este comportamiento diferencial en la columna de agua dentro de la zona eufótica puede pensarse como factible si consideramos lo planteado por Martin-Jézéquel et al. (1989) que determina que por ejemplo las larvas de copépodos no se distribuyen uniformemente en la columna de agua. Los nauplios y copepoditos según sus observaciones eran abundantes a los 25 metros mientras que los copépodos adultos entre 25 y 40 metros. Este antecedente refuerza la posibilidad de una preferencia del mesozooplancton por un ambiente subsuperficial más estable y apto para su permanencia y alimentación.

La relevancia de la glutamina fue ya mencionada en el trabajo realizado por Lindley et al., (2011) sobre nauplios de *Acartia tonsa* donde el autor expresó que éste era el aminoácido no esencial más abundante junto con alanina seguido por prolina, asparagina, glicina y serina. Los resultados obtenidos en nuestro estudio para este aminoácido, que se sabe, posee una función osmoregulatoria en el zooplancton (Lindley et al., 2011), mostraron una tendencia general similar al de la glicina con valores medios más altos en el estrato superficial en la ZC de la plataforma (ver tablas 4.1, 4.2, 4.3). Las diferencias de concentración de la ZE y la ZI con la ZC de la plataforma fueron más notables con la fracción b de la primera. Estos resultados apoyan lo expresado para glicina. Vale aclarar que la presunción es válida hacerla sin desconocer que cada zona tiene además un valor máximo de productividad distinto al de las otras zonas como se describió en el capítulo anterior. Los florecimientos fitoplanctónicos se desarrollan a lo largo del área frontal del talud con valores de clorofila a superiores a 19,0 mg m⁻³ en el norte del mismo. Otras regiones de altos valores de concentración de clorofila a (>8,0 mg m⁻³) aparecen en la plataforma de la Península Valdés probablemente asociada con el frente de marea en esa área (Lutz et al., 2009).

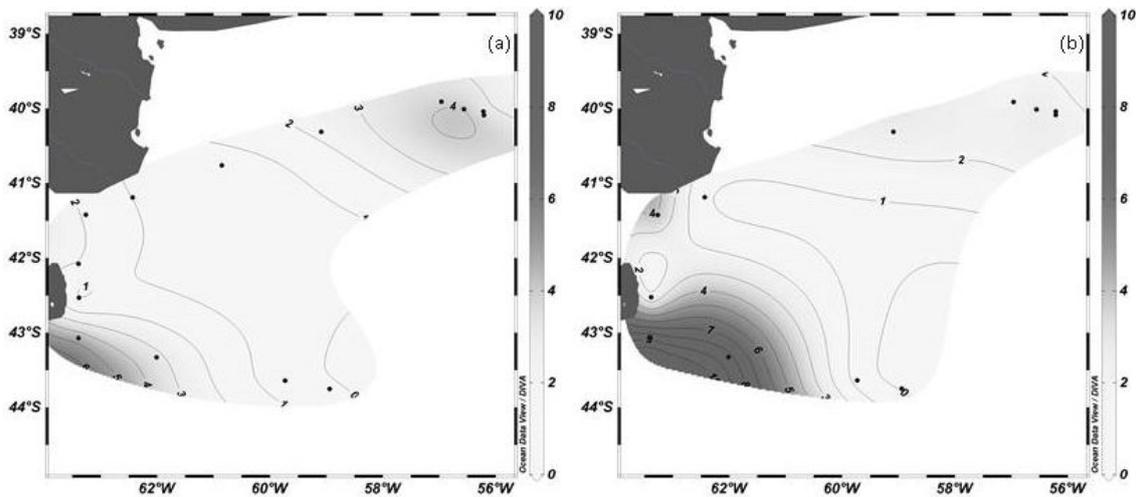


Figura 4.12. Distribución de glutamina en mesozooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción ≥ 200 μm (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

Al observar la escasa relación de los aminoácidos con la temperatura, podría especularse que a medida que transcurre la estación de primavera y verano y aumente paulatinamente la temperatura del agua, los organismos zooplanctónicos continuarán haciendo uso del recurso fitoplanctónico más abundante ubicado según lo describe Lutz et al. (2009) en la línea de quiebre de la plataforma (frente del talud). La observación de las imágenes generadas mediante el programa ODV (Figura 4.12) nos permite inferir que la glutamina no se distribuye de forma homogénea en la línea de quiebre de la plataforma sino que responde a procesos biológicos y a características del sector geográfico.

Dentro de cada zona de estudio la glutamina siguió en la zona eufótica el comportamiento de la glicina permitiendo apoyar la idea de la selección de un ambiente más estable para el pastoreo y permanencia por debajo de los primeros metros de la superficie.

Los resultados de alanina, que también es uno de los aminoácidos no esenciales más abundantes con reconocida función osmoregulatoria, mostraron que el mesozooplancton alcanzó durante nuestro estudio los valores más elevados de concentración en la zona de plataforma media coincidiendo con la zona de alta productividad primaria (Frente de Valdés)

de octubre caracterizado por Dogliotti et al. (2014). Hacia la zona costera y el talud los valores medios disminuyeron siendo los más bajos para la fracción A los correspondientes a la zona de la Península de Valdés en tanto que hacia el talud fue la fracción b la que presentó la menor concentración media de alanina. Estas diferencias pueden estar evidenciando la dominancia de especies en la constitución de las comunidades zooplanctónicas a lo ancho de la plataforma (Figura 4.13).

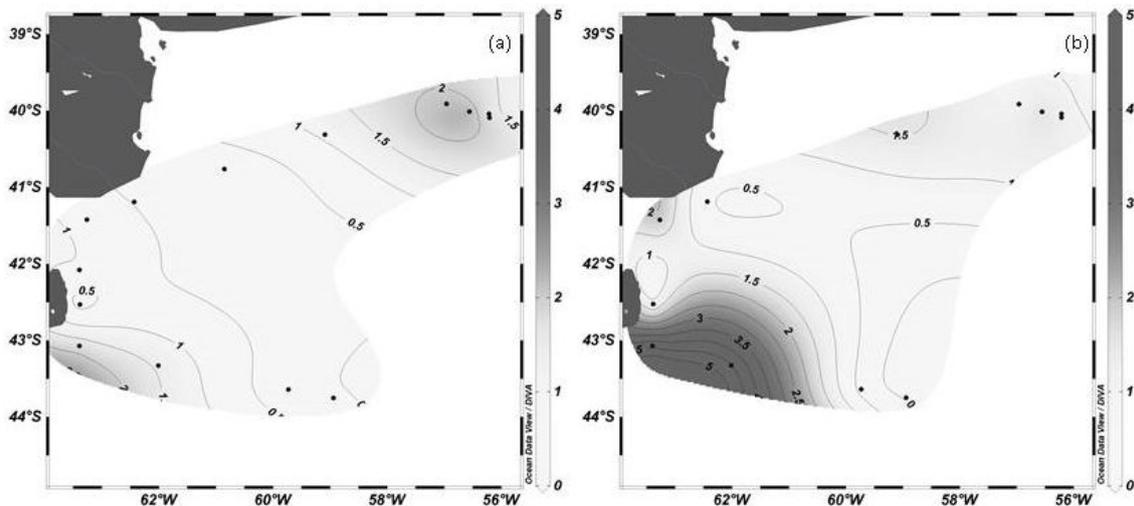


Figura 4.13. Distribución de alanina en mesozooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción ≥ 200 μm (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

Según estudios realizados por Ovie y Ovie (2006) las especies que habitan ambientes de agua dulce tienen generalmente menores niveles de alanina que las especies marinas, pudiendo pensarse en una reacción fisiológica de aumento y descenso de alanina para la adaptación al gradiente ambiental de salinidad, sin embargo dado que entre las tres zonas estudiadas el gradiente de cambio de la salinidad es mínimo parecería no ser éste el motivo de nuestro resultado sino el reflejo de adaptación de especies de distintos tamaños a las zonas estudiadas. Dentro de cada zona los resultados coincidieron con los aminoácidos anteriormente descritos apoyando la idea de la preferencia de ambientes más estables y favorables para el desarrollo.

La taurina es el producto de la degradación del metabolismo aminoacídico sulfurado en animales y es un ácido sulfónico que se encuentra en altas concentraciones en los tejidos animales (Salze y Davis 2015) no encontrándose presente en el fitoplancton y detritus (Cowey y Corner, 1963), por lo tanto es un índice de la cantidad relativa de componentes de plantas y animales (Jeffries, 1969). Según se publica en el trabajo de Allen y Garret (1971) la taurina es no sólo un producto final oxidativo en invertebrados sino también un intermediario clave del metabolismo del azufre. Este aminoácido no esencial (Lindley et al., 2011) de origen predominantemente animal (Cañas, 2002) que también interviene en los procesos osmoregulatorios, mostró en nuestro estudio escasos cambios de concentración en la fracción A ubicada en el estrato superficial a lo ancho de la región analizada y mientras que la fracción b tuvo una tendencia más clara de aumento en dirección a la zona costera. Las condiciones de temperatura algo más elevadas del agua superficial en la ZI serían más propicias para el desarrollo de actividades biológicas tempranas.

Según la bibliografía encontrada (Campagna et al., 2005), el desarrollo o activación biológica primaveral se da de norte a sur y desde la costa en un primer momento y en dirección al talud. Siguiendo esta teoría y observando los resultados de los valores medios de aminoácidos obtenidos del muestreo realizado por nosotros junto con la concentración de la clorofila que se observa en imágenes satelitales compuestas tomadas en los mismos días en que se realizó la campaña de muestreo (Figura 4.5), podría establecerse que la mayor actividad biológica en la región se encontraba en la plataforma media y que esta tendencia siguiese evolucionando en dirección al talud. Por lo tanto, dado que la mayor concentración de algas se observó en la zona central en ese momento, es plausible especular que la actividad biológica haya comenzado antes en la zona costera y que al momento del estudio, el fitoplancton en la ZI ya había sido pastoreado por los consumidores primarios, sin llegar a ser estos últimos consumidos aún por los consumidores secundarios de mayor talla.

Además dentro de cada zona de estudio, los comportamientos del mesozooplancton de talla mayor y menor fueron diferentes. En la zona del

talud la fracción A presenta una mayor concentración de taurina en la superficie mientras que la fracción B una mayor cantidad del aminoácido en el estrato subsuperficial, pudiendo representar ello la preferencia de ubicación en la columna de agua de las fracciones del mesozooplancton coincidiendo con lo expresado por Martin-Jézéquel et al. (1989) acerca de la elección de distintas profundidades en función de las características de los organismos y estados de desarrollo. Por otra parte, en la zona media pudo determinarse el aumento de este aminoácido a mayores profundidades dentro de la zona eufótica en ambas fracciones lo que podría considerarse una diferencia en las preferencias de la comunidad zooplanctónica cuando el alimento es muy abundante como en ese momento reflejando un comportamiento dispar entre zonas.

Algunos antecedentes se corresponden con nuestra interpretación de los resultados en el que se determina por ejemplo que la taurina así como otros aminoácidos (glicina, prolina, alanina) pueden duplicar su cantidad y luego decaer rápidamente en un corto periodo de tiempo. Aunque no podemos separar totalmente la respuesta química de una especie planctónica a otra, es aparente que los cambios químicos representan a los cambios de la comunidad de organismos (Jeffries, 1969). En el mismo sentido, el comportamiento de aminoácidos en especies de mar abierto podría reflejar también ambientes típicos con índices de dominancia de especies bajas (Jeffries y Alzara, 1970). Así, la elevada concentración relativa de glicina y taurina en sus formas libres estudiadas en la especie *Neomysies integer* por ejemplo, hace posible asociarlos con los cambios ambientales de salinidad en que estos animales viven (Srinivasagam et al., 1971). El estrés osmótico en organismos eurihalinos (aunque no hay cambios significativos de salinidad en nuestra región de estudio) es acompañado por cambios en concentración de aminoácidos, particularmente de alanina, prolina y glicina señalándose que esos aminoácidos son regulados porque ellos no afectan el funcionamiento enzimático, incluso cuando están presentes en grandes concentraciones.

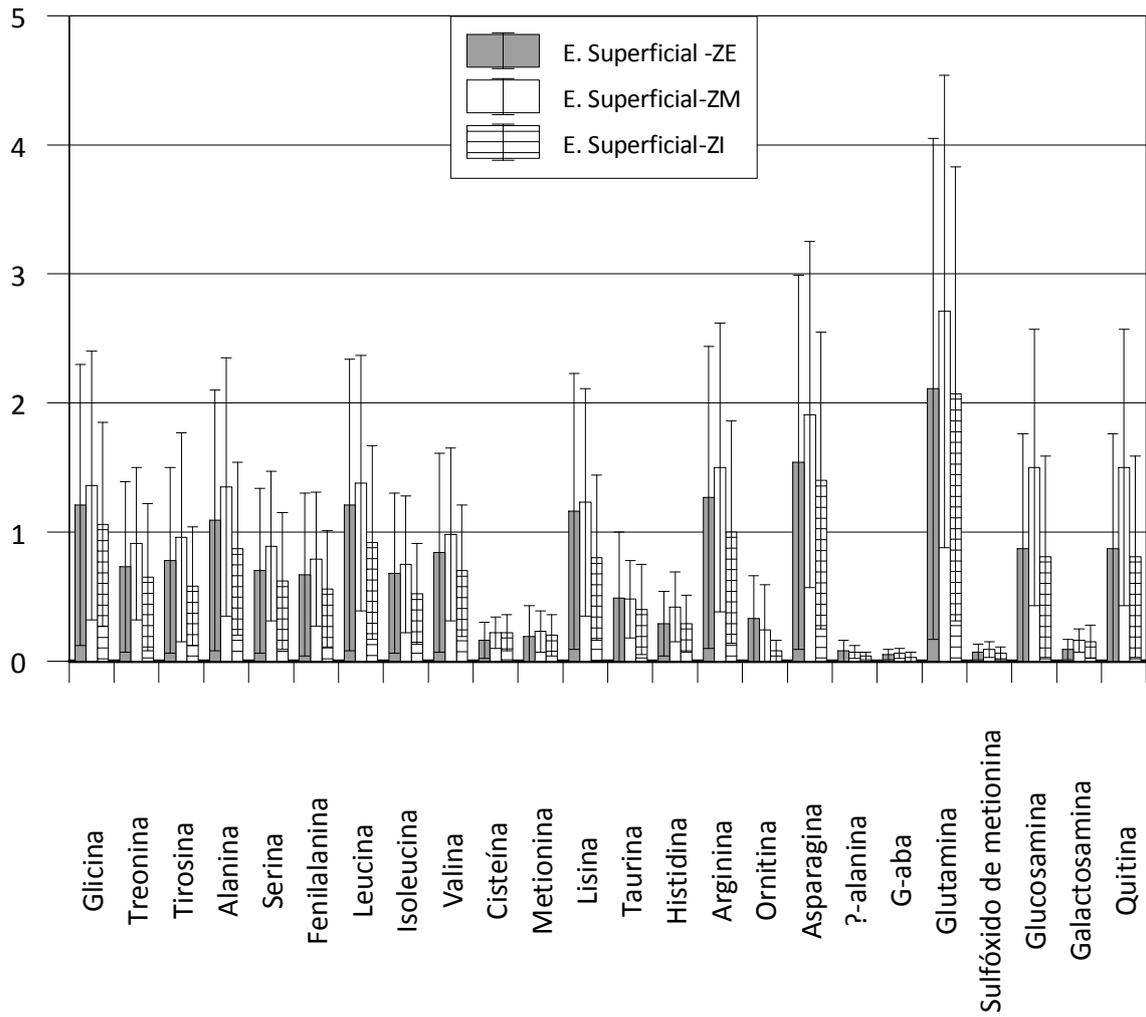


Figura 4.14. Valores medios \pm D.E de la concentración de aminoácidos, aminoazúcares y quitina ($\mu\text{g/L}$) medidos en las estaciones de primavera en mesozooplankton de fracción mayor ($\geq 1,5$ mm), en las tres zonas de estudio de la Plataforma Continental Argentina: zona externa (ZE), zona media (ZM) y zona interna (ZI).

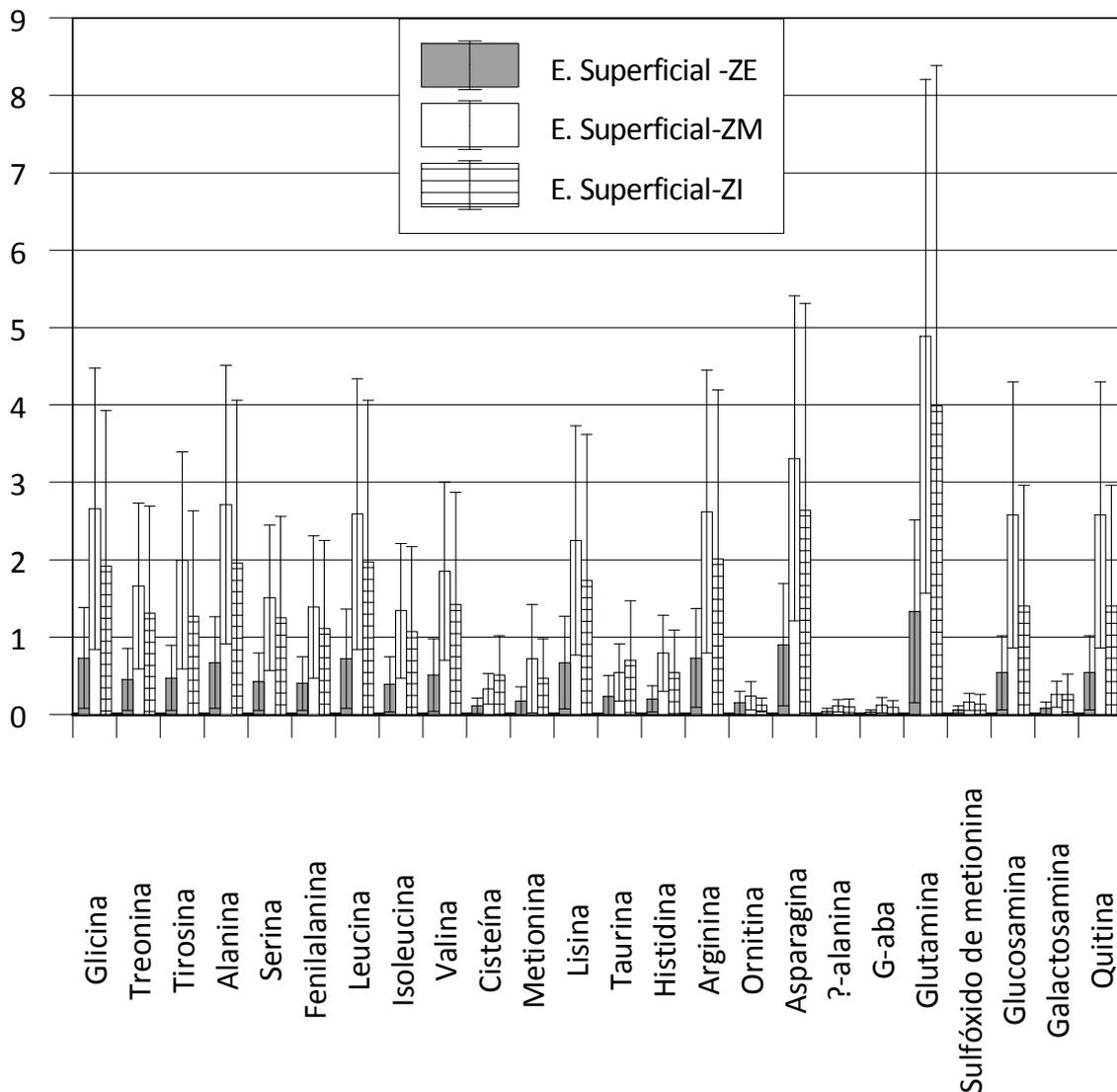


Figura 4.15. Valores medios \pm D.E de la concentración de aminoácidos, aminoazúcares y quitina ($\mu\text{g/L}$) medidos en las estaciones de primavera en mesozooplankton de fracción menor ($\geq 200 \mu\text{m}$), en las tres zonas de estudio de la Plataforma Continental Argentina: zona externa (ZE), zona media (ZM) y zona interna (ZI).

Es sabido según indican otros antecedentes que los niveles de aminoácidos libres son generalmente mayores en comunidades de verano que en invierno: las mayores modificaciones en el patrón de aminoácidos ocurren durante los cambios estacionales en la comunidad, en la primavera tardía y en invierno temprano (Jeffries, 1969). Así, por ejemplo, de los 18 aminoácidos libres analizados por Helland et al. (2003) en *Rhodomonas baltica* de primavera y verano, glutamato e histidina diferían entre las

estaciones. La glutamina es el aminoácido no esencial mayoritario en la primavera, en tanto que la histidina es un aminoácido esencial y en primavera se la encontró en pequeñas cantidades (2%), mientras que en otoño en un 13% (Helland et al., 2003). Así vemos que distintos aminoácidos con funciones y orígenes diferentes dentro de los organismos que son objeto de estudio reaccionan de manera distinta ante los cambios estacionales del medio donde se desarrollan pudiendo indicar como las comunidades van cambiando en el tiempo.

Otro ejemplo de variabilidad en el comportamiento de aminoácidos frente a situaciones medioambientales se observan con prolina, glicina, y arginina que son aminoácidos muy variables, mientras que histidina es comparativamente constante. Los componentes del zooplancton boreal se establecen plenamente en enero y febrero (invierno del hemisferio norte) y las concentraciones de glicina y prolina cambian drásticamente en este tiempo, junto a alanina y taurina (Jeffries, 1969). También, durante el incremento de salinidad óptima determinada por Jeffries y Alzara (1970), la proporción de glicina, prolina y taurina tendían a incrementarse, mientras que alanina, arginina y licina decrecían. En su estudio, la histidina, otro aminoácido básico esencial, también decreció al igual que la ornitina.

En nuestro trabajo pudimos observar que los valores de histidina fueron más altos en la zona central de la plataforma en ambas fracciones al igual que la mayoría de los aminoácidos reflejando diferentes estados de activación biológica de la comunidad plantónica más que una respuesta fisiológica para compensar cambios de salinidad. Dentro de cada zona se observó una tendencia al incremento desde la superficie hacia la profundidad en ambas fracciones del mesozooplancton coincidiendo con los otros aminoácidos analizados.

Por su parte el aminoácido arginina acompañó la tendencia de los otros aminoácidos con concentraciones más altas en la ZC de la plataforma en ambas fracciones, disminuyendo hacia ambos lados de la misma. Asimismo, en la zona del talud la mayor concentración se registró en la fracción A en tanto que en la zona costera en la fracción b. Se sabe que la

ocurrencia regular de especies de copépodos pequeños es distintivo de varios sistemas costeros y la implementación de diferentes estrategias para maximizar la reproducción y supervivencia y la habilidad para alimentarse de partículas diferentes al fitoplancton, contribuye a aumentar la abundancia de copépodos de menor talla en estos sistemas (Cepeda et al., 2012). Según plantean estos autores es importante diferenciar entre los dos tipos hidrográficos, primero un sistema costero (ZI) somero con una columna de agua verticalmente homogénea a lo largo del año y segundo un sistema de plataforma profundo (ZC y ZE) que exhibe una estratificación vertical desde la primavera hasta el otoño. El aumento de este aminoácido podría estar reflejando un aumento de actividades migratorias en la columna de agua así como la búsqueda de ambientes estables para la permanencia de poblaciones zooplanctónicas.

En estudios realizados por Lindley et al. (2011) se determinó que en nauplios de *Acartia tonsa* la arginina era el aminoácido esencial más abundante seguida por lisina, leucina, valina e isoleucina. Se sabe también que en copépodos marinos el alto contenido de ciertos aminoácidos como la arginina e histidina coincide con los encontrados en los copépodos de agua dulce, tal vez influenciados por procesos osmorregulatorios, sin embargo la concentración de los aminoácidos libres tiende a aumentar junto con el gradiente de salinidad, desde las especies de agua dulce a través de especies estuarinas hasta las especies marinas (Dabrowski y Rusiecki, 1983). La arginina, que se encuentra bien representada en especies zooplanctónicas en su forma libre, aparentemente no juega ningún rol en la regulación osmótica, pero sirve como un depósito de energía rápida presente sobre todo en forma de fosfato de arginina que podría ser de particular importancia en el gasto de energía en las migraciones verticales del zooplancton (Srinivasagam et al., 1971). Según Cepeda et al. (2012) en la Plataforma Continental Argentina, los copépodos presentes en sistemas de aguas estratificadas (plataforma media y talud) son de talla media a grande y pueden migrar a aguas profundas por la diapausa debido a las grandes cantidades de lípidos acumulados. Según Lee (1988) la arginina junto con otros aminoácidos (tirosina, fenilalanina, lisina e histidina) todos

aminoácidos básicos y aromáticos varían mucho en sus valores medios del plancton, alrededor del 20 y 30%.

El aminoácido no esencial serina (Lindley et al., 2011) en general se observó con una tendencia a aumentar en sectores más medios e internos de la plataforma con aguas de menor profundidad lo que pudiera deberse a la presencia de fragmentos de frústulos de diatomeas (Emerson y Hedges, 2008) que se incorporarían al zooplancton que las consumen (Caniupan et al., 2009). Ello puede estar reflejando la dieta de los consumidores en base al recurso alimenticio existente en cada región y a distintas profundidades de la columna de agua así como una mayor presencia de diatomeas en las regiones más someras e internas de la plataforma.

Mediante las determinaciones de los valores medios de serina se observaron comportamientos similares de las dos tallas de mesozooplancton de superficie, con escasos cambios en la fracción A entre las tres zonas mientras que la fracción b mostró un aumento en la ZC, seguida de la ZI y un valor considerablemente menor en el talud. En estudios realizados por Ovie y Ovie (2006) se determinaron valores más altos de serina en especies marinas en comparación a las especies dulceacuícolas aunque es más probable que en nuestro estudio se deba a un estado de desarrollo diferencial de las comunidades y permanencia de especies de menor tamaño en el centro y costa de la plataforma.

Las diferencias en las concentraciones de las dos fracciones del mesozooplancton podrían estar indicando una adaptación diferencial a los ambientes marinos, con mayor dependencia del fitoplancton por parte de la fracción b. La serina determinada en la fracción mayor se concentra principalmente en la zona norte del talud y al sur de la Península Valdés hacia el frente de marea (Figura 4.16). Circunscripto a este frente también se observa un incremento mayor de la concentración de serina en la fracción menor lo que sugiere dominancia de especies más pequeñas en ese frente.

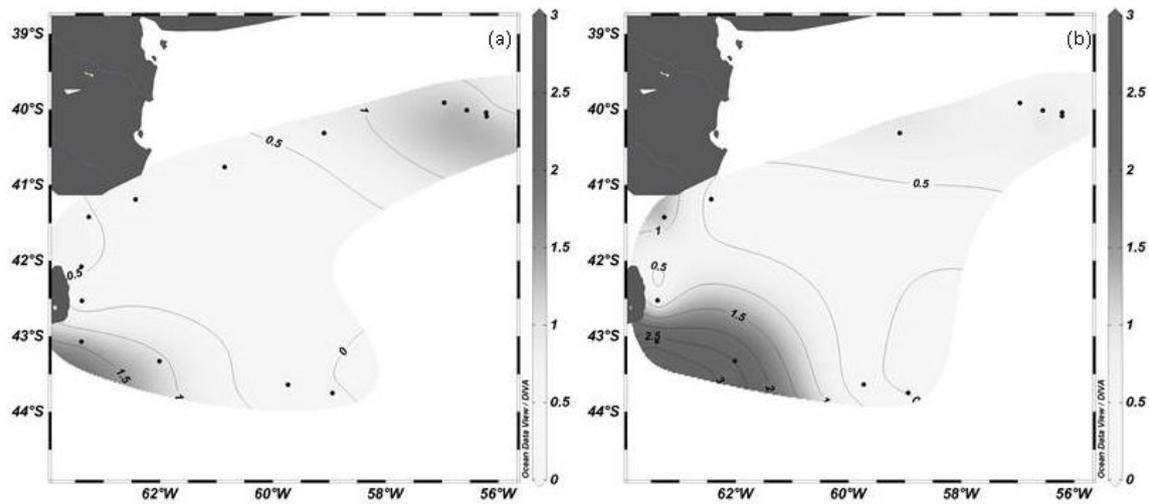


Figura 4.16. Distribución de serina en mesozooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción ≥ 200 μm (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

Por otra parte se observó una tendencia al incremento de la concentración de serina a mayores profundidades tal como se observó para otros aminoácidos, siendo en la zona media más marcada que en la zona del talud en el mes de noviembre. Vale destacar los comentarios realizados por Lee (1988) referidos a que la serina así como otros aminoácidos como la asparagina junto a treonina, alanina, valina y leucina medidos en muestras de plancton pueden variar en el 10% en sus concentraciones medias.

Según la bibliografía consultada (Emerson y Hedges, 2008), los aumentos de asparagina se deben a la presencia de altas cantidades de cocolitofóridos con conchas de carbonatos de calcio o carbonatos biogénicos (sintetizados por estos organismos para formar sus caparazones, conchas o esqueletos). Así, los valores elevados de asparagina podrían estar indicando relaciones ecológicas, de composición y presencia de organismos en la comunidad biológica como los mencionados anteriormente.

El patrón de distribución de asparagina en ambas fracciones en el estrato superficial fue coincidente con la de aminoácidos con mayor concentración en la zona central de la plataforma. Hacia ambos lados, los valores medios disminuyeron con escasa diferencia para la fracción A. La fracción b mostró concentraciones menores en el talud apoyando la idea de que es en la zona

costera donde comienzan a los procesos biológicos en la primavera. Dentro de cada zona se cumplió la tendencia general de aumento a mayor profundidad en la capa eufótica.

La isoleucina, otro aminoácido esencial (Tacon y Cowey, 1985; Lidsey et al., 2011) y uno de los aminoácidos proteicos mayoritarios en zooplancton marino (Srinivasagam et al., 1971) coincidió en su distribución con los aminoácidos anteriormente analizados, posicionando los valores de concentración más altos en la zona central de la plataforma. La mayor diferencia de concentración entre zonas correspondió a la fracción b con valores más altos en la plataforma media. Los valores de concentración de la fracción b en la zona costera fueron sensiblemente más altos que en el talud. Dentro de cada zona también aumentó la concentración a mayor profundidad.

Por su parte, los valores de valina, leucina y treonina, los tres pertenecientes a la categoría de aminoácidos esenciales, no mostraron en la fracción A variaciones importantes entre zonas con apenas una diferencia mínima de concentración a favor de la ZC de la plataforma tal como se venía registrando en otros aminoácidos analizados, mientras que dicha tendencia sí se notó en la fracción b. En esta fracción también se determinaron mayores concentraciones en la zona interna que en el talud como los demás aminoácidos analizados. En cuanto a los cambios en la columna de agua, la tendencia fue de incremento de la concentración de los tres aminoácidos con el aumento de profundidad, con cambios más marcados en la zona media.

Vale comentar que en experimentos realizados por Lindsay et al. (2011), se expuso a nauplios de *Apocyclops panamensis* a modificaciones de salinidad en medios de cultivos y pudo observarse la falta de cambios en la concentración de treonina en estos organismos con el aumento paulatino de la salinidad. Ello puede dar una pauta de la escasa relación de este aminoácido con los procesos fisiológicos de regulación osmótica. Por lo tanto creemos que la falta de cambios en las concentraciones de estos aminoácidos (Tablas 4.1, 4.2, 4.3) como en la mayoría analizada podría

deberse más a un retardo de la activación biológica en los organismos de mayor tamaño.

Según lo publicado en trabajos de Kaiser y Benner (2009), la treonina presente en la materia orgánica particulada es un aminoácido aportado fundamentalmente por diatomeas lo que podría reflejar el tipo de dieta de ciertas especies del mesozooplankton. La ausencia de cambios en la fracción A y los cambios en la fracción b pueden deberse a la actividad de pastoreo por parte de los organismos más pequeños en ese momento sobre el fitoplanctónico que inicia su desarrollo en la zona costera.

Del estudio de aminoácidos y de la bibliografía consultada se intuye la implicancia que el grupo de aminoácidos no esenciales tiene en los procesos de osmoregulación. Los cambios observados en el conjunto de aminoácidos esenciales parecen ser más grandes que los observados en los no esenciales indicando que existe cierta heterogeneidad en las relaciones ecológicas del mesozooplankton que están condicionadas por el alimento presente en las tres zonas de estudio más que por los gradientes de cambios ambientales entre estas.

Los aminoácidos no-proteicos, β -alanina (BALA), γ -ácido aminobutírico (GABA) y la ornitina, son productos de descomposición y procesamiento bacteriano y se encuentran sólo en niveles traza en organismos vivos. Los cambios de concentración en la columna de agua dentro de la zona eufótica no evidenciaron cambios relevantes. Como se comentara en el capítulo anterior, los cambios en estos aminoácidos no-proteicos se dan a mayores profundidades.

En el estrato superficial vimos que la ornitina mostró una tendencia creciente en dirección al talud en la fracción A mientras que en la fracción b la tendencia fue a aumentar en la plataforma media respondiendo a la tendencia general de los aminoácidos proteicos. Los resultados en la fracción A podrían deberse a la existencia de especies de mayor tamaño en aguas abiertas estratificadas. Dentro de cada zona la fracción A no presentó diferencias entre estratos de profundidad mientras que la fracción menor aumentó su concentración desde la superficie a la profundidad al igual que

su precursor, la arginina, pudiendo entonces estar reflejando también un aumento de la población de organismos comprendidos en dicha fracción.

Los valores de β -alanina obtenidos en el estrato superficial en las tres zonas de estudio fueron muy bajos en ambas fracciones. El análisis del comportamiento de la asparagina resulta en este tipo de material más eficiente para determinar cambios en las comunidades de organismos como se analizó anteriormente.

Respecto a los valores de γ -ácido aminobutírico se observó el mismo resultado observado en β -alanina.

4.4 Análisis del contenido de aminoazúcares individuales en las fracciones mesozooplanctónicas

En cuanto a los resultados de amino azúcares, la glucosamina, el monómero constituyente de la molécula de quitina que forma las estructuras de los exoesqueletos de crustáceos, fue descrito por Benner y Kaiser, (2003) como particularmente abundante en muestras de copépodos marinos. En nuestro trabajo se determinó que los valores medios de glucosamina son más altos en la fracción b, llegando a ser casi el doble que la fracción A en la ZI. En la fracción A del estrato superficial se registró un aumento de la media en la ZC mientras que en las otras zonas los valores disminuyeron, lo que indicaría la mayor presencia de organismos en la región central en el mes de noviembre (Figura 4.17).

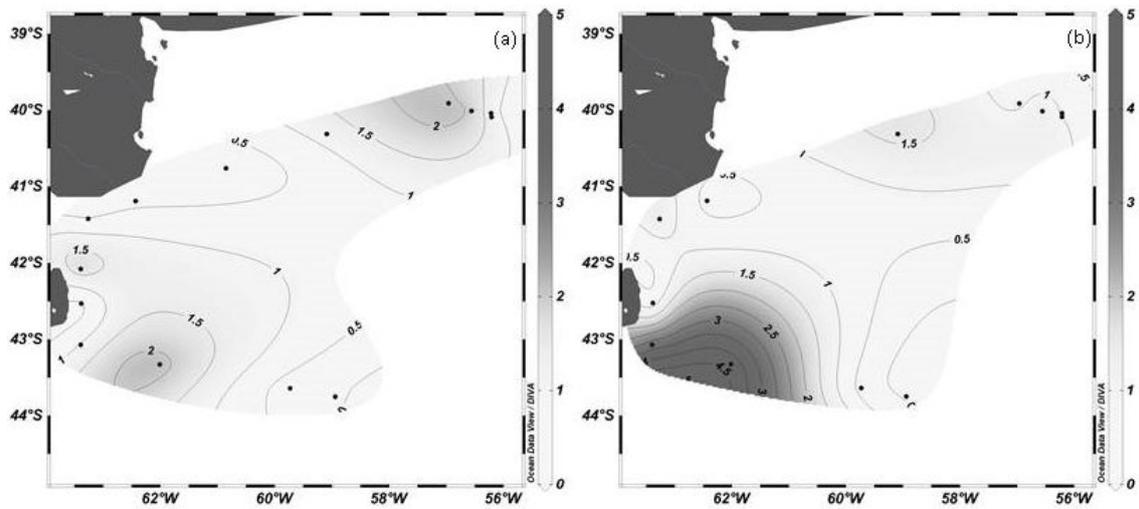


Figura 4.17. Distribución de glucosamina en mesozooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción $\geq 200 \mu\text{m}$ (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

Observando el conjunto de aminoácidos se puede especular sobre los motivos por los que los valores de la costa y talud son igualmente más bajos que los del centro de la plataforma. Por un lado en la zona costera las especies comprendidas en la fracción mayor no son tan abundantes en ese momento como en aguas con estratificación vertical y por el otro lado, la secuencia de activación biológica aparentemente no ha llegado a su máximo a lo largo del talud de la plataforma continental pudiendo hacerlo más adelante en la temporada estival. Claramente se puede observar una diferenciación entre el norte y el sur del talud que se refleja en una distribución heterogénea de los organismos mesozooplancónicos. La fracción b del estrato superficial se vio aumentada en la ZC, superando la concentración de la costa, lo que indicaría que ya lleva un tiempo el proceso de activación biológica luego del invierno que permite el desarrollo de las comunidades en dirección a aguas abiertas y más profundas. Hacia el norte de la zona central se observó un leve incremento en la concentración de la glucosamina en coincidencia con el aumento de la fracción mayor en tanto que al sur, también por influencia del frente de marea se pudo visualizar el aumento de la concentración del aminoazúcar glucosamina por debajo de la Península Valdés y hacia el centro de la plataforma. Por otra parte y dentro de cada zona de estudio se observó que la concentración de glucosamina aumentó en el estrato subsuperficial en ambas fracciones como lo hicieron

los aminoácidos. Cabe mencionar que las concentraciones más altas se encontraron en la fracción b de mesozooplancton aunque las diferencias no fueron de significación respecto al seston ni a la fracción A.

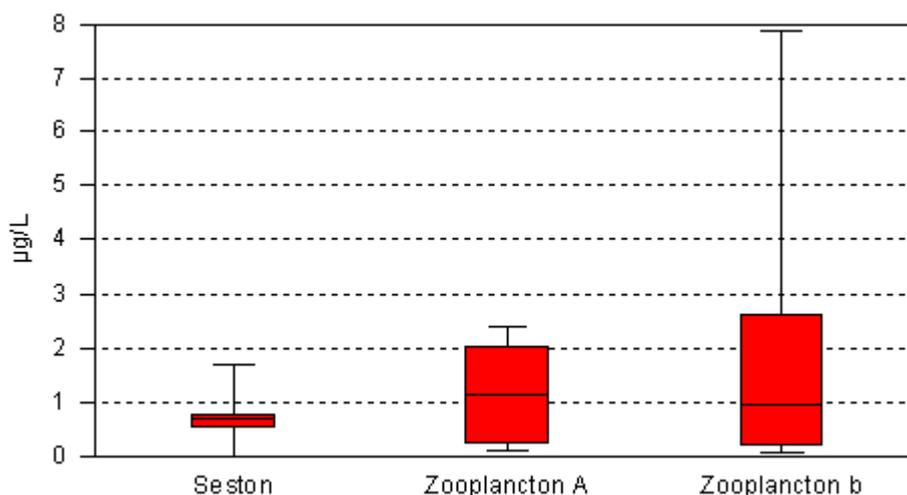


Figura 4.18. Concentración de glucosamina en seston, zooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (A) y de fracción ≥ 200 μm (b), de aguas superficiales en la región de estudio de la Campaña Concacen PD 2009.

El incremento de la galactosamina en el seston es reflejo del aumento de la biomasa bacteriana como consecuencia del consumo gradual de la materia orgánica. Por otra parte, en este estudio se observó en ambas fracciones un incremento en la concentración a mayor profundidad en la ZC en tanto que en la ZE no hubo cambios. La concentración del amino azúcar en el estrato superficial fue baja en la región sin diferencias claras entre zonas, probablemente como consecuencia de su origen (Figura 4.19). Por ello es que para este tipo de material biológico es preferible utilizar la glucosamina para estudiar patrones de distribución y cambio y no la galactosamina que brinda información de procesos diagenéticos y degradativos de la materia a mayores profundidades en la columna de agua.

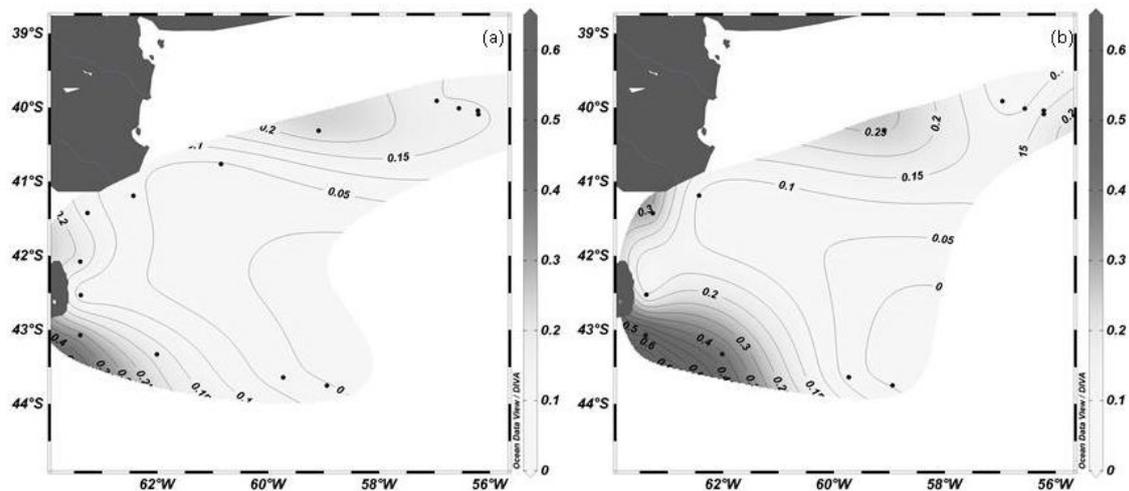


Figura 4.19. Distribución de galactosmina en mesozooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción $\geq 200 \mu\text{m}$ (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

Por su parte, las determinaciones de quitina realizadas en forma indirecta en base a las mediciones de la glucosamina, mostraron el mismo patrón de distribución que el monómero. La metodología utilizada para la determinación de la quitina en las muestras del mesozooplancton, tal como se describe en la sección de materiales y métodos, tiene gran afinidad por la N-acetilglucosamina (NAG). La cantidad de fluorescencia medida en cada muestra se relaciona inversamente con la cantidad de quitina en las mismas. Cuando hay exceso de WGA- FITC se observa cierta sensibilidad en la técnica al exceso de quitina en las muestras y por ello posible pérdida de la relación de proporcionalidad entre la cantidad de quitina y lo reflejado por la fluorescencia obtenida. Dicho problema se soluciona según el autor (Montgomery et al., 1990) con la dilución de la muestra y así se evita el uso de cantidades excesivas de WGA. Precisamente en nuestro trabajo se mantuvo la cantidad del reactivo en los valores sugeridos variando sólo la cantidad de la muestra. Una característica a tener presente es que la quitina es un sólido que no se diluye en el Buffer por lo que la preparación de muestras de material zooplanctónico en un volumen excesivo o inadecuado podría haber impedido una correcta lectura de la cantidad real de quitina. La imposibilidad de diluir los residuos quitinosos en el Buffer y permanecer así suspendidos, junto con la dificultad del WGA para interactuar más que

con partículas superficiales podría generar además una subestimación mayor de la quitina en la muestra. Otro inconveniente según señala Montgomery et al. (1990) es la tendencia a unirse de forma no específica del reactivo WGA con los filtros GF/F lo que podría haber interferido en los resultados obtenidos mediante esta metodología. Sin embargo, se midió en nuestro laboratorio el efecto del filtro resultando esta interacción no significativa. Por último, es factible considerar como posible causa de la falta de correlación de los resultados de quitina con los valores de glucosamina determinados por HPLC, al hecho de que hubiera habido interferencias en la técnica de WGA utilizada, producida por la presencia de emulsiones excesivas de ácidos grasos unidos a los exoesqueletos de las muestras de mesozooplankton (Ferguson y Raymont, 1974).

Dada la importancia biológica de la quitina, junto con los aminoácidos y aminoazúcares se complementa la información que cada uno provee para poder determinar la dinámica del sistema biológico. Hay evidencias de que existen variaciones en la presencia y la importancia de los diferentes aminoácidos entre las especies de los organismos zooplanctónicos pero también se observa que los aminoácidos mayoritarios predominan en todos ellos. Por ejemplo, el patrón de aminoácidos libres o huella dactilar, representa una pintura de las actividades metabólicas de los organismos - un balance entre formación y utilización- posiblemente una adaptación al medio ambiente marino mucho más allá de la regulación osmótica (Jeffries, 1969).

La presencia y variaciones también pueden ser estudiadas a nivel de comunidades bióticas reflejando composiciones diferenciales en función del ambiente donde éstas se desarrollan. Ello queda en cierta forma establecido al observar las diferencias encontradas en el pool de aminoácidos en cada una de las tres zonas de la plataforma estudiada pero también en los dos estratos de la capa eufótica. Es evidente que las tres zonas poseen características particulares más allá de la temperatura y salinidad (por ejemplo concentración de nutrientes e hidrografía) que determinan comunidades diferentes reflejado ello en la composición química de las muestras de cada lugar. Algo similar puede observarse en la zona eufótica

de la columna de agua donde por medio de la interpretación de datos puede explicarse que los organismos presentan preferencias por determinados ambientes.

Así, queda planteada la idea de que la importancia relativa de cada aminoácido parece ser más una función de la especie en sí y no meramente una respuesta generalizada de todos los aminoácidos al medio ambiente (Jeffries y Alzara, 1970). Así también lo pudieron observar en su trabajo Helland et al. (2003) en el que se determinó que las hembras de *Calanus finmarchicus* presentaban mayor contenido de aminoácidos libres, y aminoácidos esenciales en otoño que en primavera mostrando así variaciones temporales como respuesta a cambios estacionales y capacidades intrínsecas de las especies de adaptarse a los cambios que se presentan mediante la modificación de los patrones de aminoácidos.

La importancia relativa de los aminoácidos involucrados en la regulación osmótica es un tanto variable, aun entre especies de crustáceos; los mayores contribuyentes son glicina, prolina, glutamina y alanina, todos pertenecientes a la categoría de aminoácidos no esenciales. Coincidentemente, Armitage y Morris (1982) publicaron que la glicina y en menor medida alanina y prolina mostrarían los mayores cambios en concentración, incrementando los porcentajes de estos aminoácidos con el incremento de la salinidad. En especies dulceacuícolas estudiadas por Ovie y Ovie (2006) los aminoácidos no esenciales dominantes fueron glutamina y asparagina mientras que metionina fue el que presentó la menor concentración, estos resultados según los autores mostraron una cercana relación con especímenes de otras regiones geográficas. El aminoácido taurina también contribuye a la regulación osmótica según lo publicado por Srinivasagam et al. (1971). Lee (1988) por su parte describió a cinco aminoácidos presentes en el plancton que varían entre un 10-20% en su media: glicina, glutamina, prolina isoleucina y metionina, en tanto que la similitud de la composición de los aminoácidos en el fitoplancton y zooplancton sugiere la ocurrencia de pequeños cambios en la composición de las proteínas durante este escalón. La composición de aminoácidos del zooplancton y sus pellets fecales son esencialmente las mismas que las del

fitoplancton, no mostrando pérdidas preferenciales de la mayoría de los aminoácidos durante el metabolismo.

Así es que por ejemplo la capacidad de *E. affinis* de tolerar altas salinidades a bajas temperaturas conduciría a una expansión de su rango durante el frío invierno y los meses de primavera como describieron Kimmel y Bradley (2001). Se sabe que la temperatura, afecta el éxito reproductivo, tanto la inhinación como niveles reducidos de alimentación resultan en una producción reducida de huevos, y la limitación nutricional se relaciona con deficiencia en aminoácidos (Helland et al., 2003). Es evidente que entre nuestras zonas de estudio no ha sido ni la temperatura ni la salinidad por sí solos los factores determinantes de las diferencias entre ellas sino la conjunción de estos con las características intrínsecas de cada zona y el aporte de nutrientes provenientes de otras regiones que son transportadas por las corrientes marinas lo que se refleja en la heterogeneidad de especies constituyentes de las comunidades biológicas.

El fitoplancton y el microzooplancton, consistentes principalmente de diatomeas, ciliados, dinoflagelados y larvas de crustáceos en proporciones variables, tienen una mayor consistencia de cambios cuantitativos (un aminoácido en relación a todos los demás) que el zooplancton maduro (Jeffries, 1969). Por lo observado en nuestros datos podemos notar una correspondencia en las zonas de mayor producción fitoplanctónica con la producción secundaria con cierto corrimiento temporal, es decir que seguido al desarrollo fitoplanctónico surgirá el zooplancton que lo consume con una cierta demora (Williams y Poulet, 1986). Duarte y Cebrián (1996) calcularon que el pastoreo remueve en promedio, 56,9% de la producción primaria oceánica y 40,6% de la producción primaria de costas marinas (Agawin et al., 2000). En el Mar Argentino el máximo de producción de fitoplancton ocurre en primavera, con el inicio –en el norte de la plataforma- de un explosivo crecimiento en los meses de octubre y noviembre, en las aguas costeras de baja profundidad caracterizadas por un ambiente típicamente homogéneo, con una leve estratificación térmica en profundidad, que marca el comienzo de la termoclina estacional (Santos y Ramírez, 1991). En primavera la densidad zooplanctónica es mayor (por encima de 1300

mm³/m³) en la zona norte de su área de estudio y luego aumenta más al sur (por encima de 1,013.74 mm³/m³) en verano en tanto que la menor producción de zooplancton corresponde a la época de otoño e invierno (Ciechomski y Sanchez, 1983). Nuestros resultados obtenidos del análisis de concentraciones de aminoácidos esenciales y no esenciales muestran procesos de activación biológica en la plataforma conectados entre eslabones de la cadena alimenticia. La onda de producción se expande gradualmente hacia el sur y se aleja de la costa a medida que se ingresa en el periodo estival. Un máximo secundario de producción primaria se observa en los primeros meses de otoño (Campagna et al., 2005). Garcia et al. (2008) propuso que uno de los factores que explicaban el fuerte florecimiento de diatomeas, encontrado en primavera de 2004 en el talud patagónico, sería el aporte de nutrientes por surgencia de la Corriente de Malvinas hacia las aguas estables de la plataforma (Lutz et al., 2009).

4.5 Análisis multivariado

A continuación se realizó un análisis multivariado con el fin de analizar conjuntamente todos los aminoácidos y aminoazúcares presentes en cada estrato y fracción y así poder establecer diferencias entre las tres zonas de estudio en base a la composición química del mesozooplancton. Según Ciechomski y Sanchez (1983) es bien conocido que las características cuantitativas y la abundancia del zooplancton dependen estrechamente de las condiciones hidrográficas resultantes de la circulación oceánica lo que justifica encontrar situaciones diferentes entre las zonas de estudio en la vasta plataforma continental. Las aguas de origen subantárticas pueden de acuerdo a ciertas particularidades, clasificarse en varios tipos: a) aguas costeras, b) aguas de plataforma y c) aguas subantárticas puras transportadas por la Corriente de Malvinas (Santos y Ramírez, 1991). En el Mar Argentino el ciclo de producción del zooplancton adopta patrones típicos de mares templado-fríos, con una variación estacional de su biomasa asociada al explosivo crecimiento primaveral de fitoplancton, dependiente

también de la abundancia de nutrientes y la estabilización de la columna de agua (Campagna et al., 2005).

El estudio de conglomerado realizado sobre los mismos elementos anteriormente analizados mostró cierta cercanía en el gráfico de los organismos de la fracción A presentes en toda la columna de agua de la ZE de la plataforma y de los organismos de la misma fracción ubicados en el estrato superficial de la ZC como puede apreciarse en el gráfico (Figura 4.20) por encontrarse a poca distancia en el gráfico dendrograma. Sin embargo, la ZC se diferencia de la ZE coincidiendo parcialmente también con la composición de la comunidad de la ZI. Se puede observar mayor cercanía en la ZI y la ZE en la fracción mayor en tanto que el solapamiento de la ZI y la ZC se da por compartir características en la fracción b. Esto podría interpretarse como una adaptación de los organismos a diferentes ambientes en función de su tamaño. De nuestros resultados interpretamos que los organismos de mayor tamaño tienen mayores posibilidades de migrar y adaptarse a ambientes distintos en tanto que los organismos más pequeños se ven circunscriptos a aguas menos profundas y cercanas a la costa.

Cabe recordar que la temperatura de la superficie del mar en la plataforma disminuye levemente en dirección a alta mar y a mayor profundidad. En estudios realizados por Santos y Ramirez (1991) en la plataforma continental y a la altura de la costa bonaerense, se diferenciaron dos grupos de especies en la plataforma, uno compuesto por especies de tamaño mediano a grande, *Calanus propinquus*, *Clausocalanus brevipes* y *Oithona atlantica* distribuidas preferentemente en la zona de transición entre la zona más costera y la externa en verano con corrimiento hacia la costa en invierno, siendo sus condiciones óptimas de 33,63 y 33,68 ‰ de salinidad y 6,3 y 11,8°C. El segundo grupo con cierta continuidad temporal fue la asociación de especies de mediano a gran tamaño *Calanus australis*, *Calanoides carinatus* y *Centropages brachiatus* con preferencias por los ambientes costeros con salinidades de 33,54 y 33,77 ‰, temperaturas de 11,8 a 19,79°C y profundidades menores a los 30 metros.

Las variaciones latitudinales en Patagonia Norte, relativas a vientos y mareas llevan a diferentes patrones de composición y distribución del plancton. Cerca de los 42° por ejemplo, la conspicua presencia de *Oithona helgolandica*, cladoceros y apendicularios, y las bajas fecundidades de copépodos calanoideos que registraron Sabbattini y Martos, (2002), sugieren que allí una alta proporción de la producción primaria podría estar siendo canalizada a través de procesos microheterotróficos. Estudios de laboratorio han demostrado en este sentido que la influencia de diatomeas y el gradiente de salinidad sobre la distribución vertical del zooplancton son determinantes (Williams y Poulet, 1986). Así es que estos ambientes han sido poblados por determinadas especies de organismos con características adecuadas y particulares.

Un ejemplo de adaptación a estos ambientes lo demuestra el caso de *Paracalanus parvus* y *Euterpina acutifrons* que tienen tiempos de desarrollo muy cortos lo que puede favorecer la supervivencia en un ambiente muy dinámico como el frente oceánico de la Península Valdés. Por el contrario, *Oithona helgolandica* es una especie cosmopolita que de acuerdo a la estrategia que exhiben los ciclopoideos, sería un colonizador lento de reducida demanda metabólica y que consume una amplia variedad de alimentos (Santos y Ramirez, 1995). En aguas costeras bien mezcladas (costas de la Península Valdés), la abundancia de todos los estadios de desarrollo es baja con dominancia de especies calanoideas (80%) sobre el ciclopoideo *Oithona spp.* *Paracalanus parvus*, *Drepanopus forcipatus*, *Calanoides c. f. carinatus*, y *Ctenocalanus vanus* fueron los calanoideos más abundantes (Sabbattini y Martos, 2002). En otros estudios también realizados cerca de Península Valdés se observó que ni en primavera ni en verano hubo una asociación particular de especies en las estaciones del frente. En éstas fueron abundantes *Calanoides carinatus*, *Paracalanus parvus*, *Euterpina acutifrons* y *Oithona helgolandica* (Santos y Ramirez, 1995).

Cabe también mencionar que en los estudios realizados por Cepeda et al. (2012) se describen los grupos faunísticos presentes en el norte de nuestra zona costera cercanos a Mar del Plata diferenciándose en grupos presentes

en aguas con profundidades menores a 50 metros y mayores de 50 metros de profundidad. En ciertos tiempos del año, las especies de zooplancton y sus estadios de desarrollo se conocen por agregarse en horizontes estrechos de profundidad menores a 10 metros. La causa de la agregación puede ser considerada como respuesta a las condiciones ambientales y biológicas como temperatura, luz, alimento, predadores y reproducción (Williams y Poulet, 1986). En las aguas costeras más someras se encontraron *Oithona nana*, *Oithona similis* (syn. *Oithona helgolandica*), *Pseudoevadne tergestina*, *Evadne nordmanni*, *Podon intermedius* y *Pleopis polyphemoides* en tanto que en aguas un poco más profundas se encontraron *Calanoides carinatus*, *Drepanopus forcipatus*, *Centropages brachiatus* y *Calanus australis*. En base a la bibliografía consultada y expuesta, y contrastados con estos estudios realizados sobre los elementos que nosotros analizamos, resulta evidente que las diferencias en la composición química de los organismos muestreados en las distintas zonas de estudio está reflejando una heterogeneidad ecológica de la región estudiada que diferenciamos en una zona costera, otra zona de plataforma media y otra externa más allá de los parámetros ambientales, salinidad y temperatura.

Según reproducen Ciechowski y Sanchez (1983), los taxa y el tamaño del zooplancton cambian conforme a las características latitudinales y del agua. En algunas zonas más del sur, en la plataforma patagónica y el talud grandes organismos como los eufausidos (ej., *Euphysia lucens*, *Euphysia similis*), anfípodos (especialmente *Parathemisto gaudichaudi*), copepodos de gran tamaño (por ej., *Calanus australis*, *Calanus propinquus*, *Calanoides carinatus*, *Rhinocalanus gigas*, etc.), *Munida gregaria*, chaetognathos, polychaetoes etc. fueron predominantes. En la parte norte prevalecieron pequeñas formas de copépodos (como *Paracalanus parvus*, *Centropages brachiatus*, *Oithona nana*, *Eutherpina acutifrons*, etc), eufáusidos y anfípodos juntos con larvas de muchos grupos de invertebrados, etc.

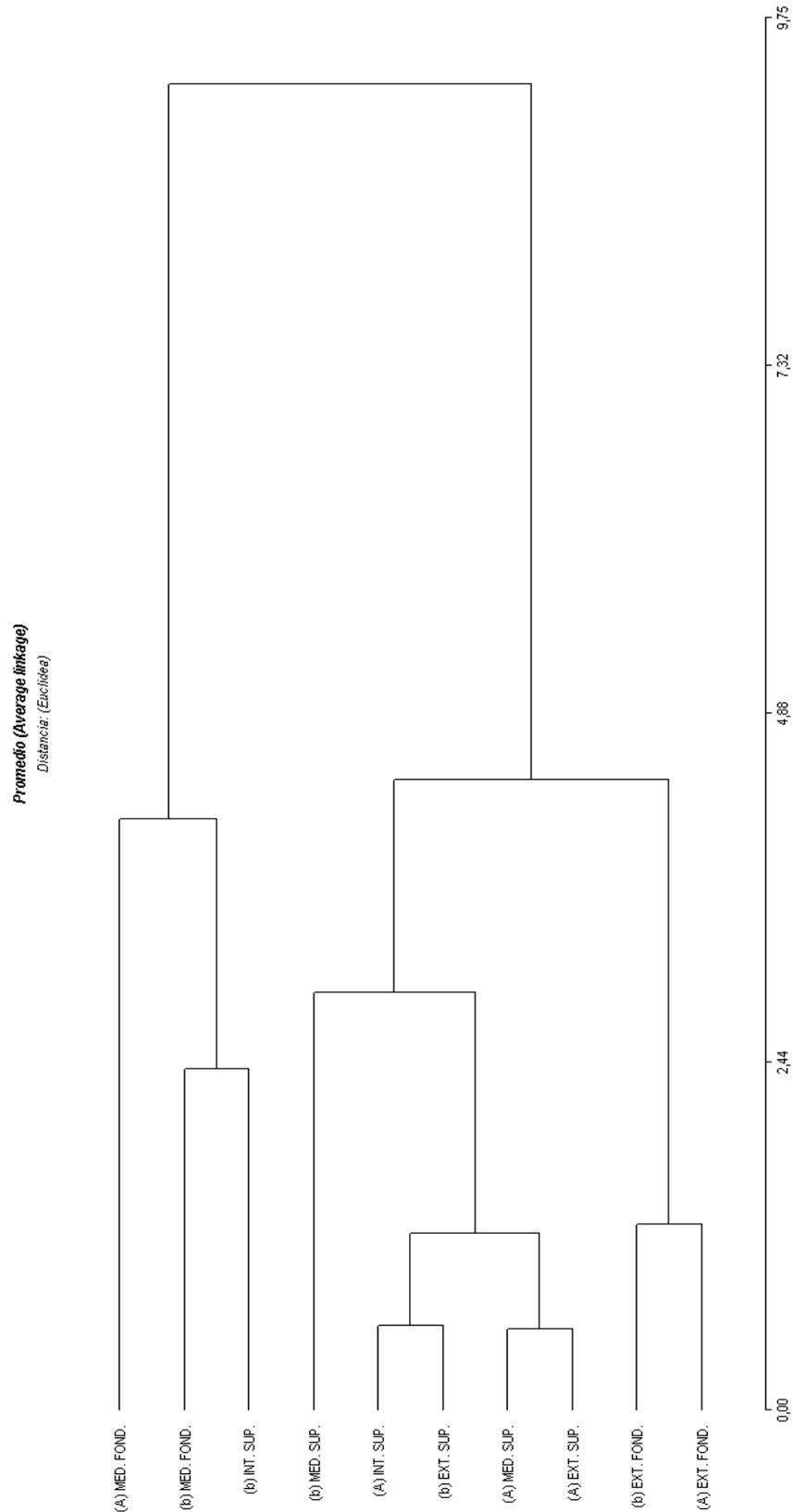


Figura 4.20. Análisis multivariado de conglomerados realizado sobre las poblaciones de organismos mesozooplanktónicos de las fracciones A y b colectados en ambos estratos de la columna de agua en las tres zonas de estudio de la Plataforma Continental Argentina.

4.6 Conclusión

La vasta región que abarca la transecta realizada durante la Campaña Oceanográfica Concacen 2009 a bordo del Buque Oceanográfico Puerto Deseado en la región norpatagónica de la Plataforma Continental Argentina y los diferentes ambientes oceánicos con características propias y diferenciales de la misma, nos permiten identificar una zonificación en la región norpatagónica. Las características intrínsecas de cada zona de estudio fueron determinadas para definir un conjunto de cualidades que pudieran ayudarnos a diferenciarlas y para ello se partió del análisis de las variables como temperatura y salinidad medias de cada zona como se observó en la primera sección de los resultados.

Allí se pudo establecer claramente que existía un gradiente de las temperaturas medias a lo ancho de la plataforma, con un incremento en dirección a la costa, tanto en el estrato superficial como en el estrato subsuperficial mientras que para la salinidad pudo determinarse un gradiente más leve entre las tres zonas de estudio siendo en la zona externa y media casi la misma y en la zona interna algo más bajas aun con el aporte de las aguas provenientes del Golfo San Matías caracterizado por presentar valores de salinidad altos.

Mientras que el $C_{org.}$, la glucosamina y la quitina no mostraron una relación clara con la temperatura, pudo observarse un valor bien marcado de salinidad de aproximadamente 33,5 por encima del cual las poblaciones mesozooplancónicas no se desarrollan posiblemente debido a restricciones fisiológicas-metabólicas. No observamos en nuestros resultados que la salinidad y la temperatura, analizadas en forma separada estén determinando el comportamiento de las comunidades mesozooplancónicas, sino que podrían hacerlo en forma conjunta como se plantea en el trabajo de Kimmel y Bradley (2001).

A la influencia conjunta de los factores ambientales se suma la estrecha relación que existe entre el fitoplancton y el zooplancton, cuyas dinámicas de cambio trascienden los gradientes individuales de estos factores y son a la vez influenciados por la producción y movilización por parte de las corrientes oceánicas y los vientos superficiales. Dicha relación quedó también manifestada en las distribuciones de seston en la plataforma, coincidiendo con lo observado en las imágenes de clorofila.

El análisis de aminoácidos diferenciados en esenciales y no esenciales y su relación con los cocientes de C/N reflejó la heterogeneidad intrínseca del proceso de producción biológica ya que las concentraciones de aminoácidos en las estaciones del norte del talud fueron mayores a las del sur y que dicho proceso se desarrollaría paulatinamente en función del avance de la primavera hacia latitudes mayores, con cambios biológicos que van

activándose de norte a sur dependiendo de la heterogeneidad intrínseca de la plataforma que hace que haya sectores con mayores niveles de productividad que otros. A su vez quedó de manifiesto el dinamismo con que se dan los cambios biológicos en la superficie de la plataforma mediante la observación de las fotografías satelitales de concentración de clorofila *a* en la que se vieron rápidas movilizaciones de los florecimientos algales producidos en la zona de alta producción biológica del talud como consecuencia del aporte y surgencia de nutrientes por parte de la Corriente de Malvinas lo que determina el movimiento también de los organismos de la cadena alimenticia. Dichos comportamientos son propios de cada sector de la plataforma y responden a las características intrínsecas de cada zona. Entre la zona interna y central se pudo determinar un gradiente positivo a favor de la segunda con dominancia de la fracción menor del mesozooplancton lo que se debería a una mayor velocidad de desarrollo y estrecha dependencia del fitoplancton por parte de esa fracción.

Valores más elevados del cociente C/N en la fracción menor del mesozooplancton, reflejaría una mayor actividad de pastoreo lo que le permitiría una mayor acumulación de sustancias de reserva. En cuanto a la comparación entre zonas de estudio se pudo determinar que en la zona central los valores del cociente eran los más altos lo que interpretamos como un estado de actividad biológica mayor y un tiempo de pastoreo más largo coincidente con la zona que presentaba florecimientos fitoplanctónicos más continuos en la época de estudio.

El patrón de concentración de las medias de los aminoácidos individuales (glicina, glutamina, alanina, histidina, arginina, serina, isoleucina) se caracterizó por tener las mayores concentraciones generales en la zona central de la plataforma y en ambas fracciones del mesozooplancton disminuyendo hacia ambos lados de la plataforma y presentando los valores medios más bajos en la zona interna de la misma (glicina, glutamina, alanina, histidina, arginina, serina) en concordancia con los antecedentes consultados. Estos resultados responden a una heterogeneidad biológica en la plataforma que debida a interacciones entre los organismos constituyentes de la red trófica en el que se observan alternancias en la época de mayor producción en las distintas zonas así como picos máximos de producción dependientes de las condiciones ambientales intrínsecas de cada sector. Hay que agregar además que se pudo observar que dentro de cada zona existe una heterogeneidad en la distribución de aminoácidos y que de norte a sur en cada zona se presentan variaciones. A su vez, los diferentes resultados en la zona eufótica nos muestran las preferencias de los organismos mesozooplanctónicos para su permanencia siendo elegido el estrato subsuperficial por ser un ambiente más estable y calmo.

Los aminoácidos no proteicos no mostraron patrones claros ya que los valores encontrados en las muestras de material mesozooplancónicas fueron muy bajos. Por el contrario, los valores de aminoazúcares fueron muy útiles para nuestro análisis dada la importancia que ellos tienen como es el caso de la glucosamina, monómero constituyente de la quitina en la formación de los exoesqueletos de los crustáceos. Del análisis de este aminoazúcar se observó, que en concordancia a lo que sucedía con los aminoácidos, las concentraciones más altas de la región en estudio se dieron en la zona central de la plataforma demostrando que es en esa zona y en ese momento cuando, a raíz de las altas concentraciones de clorofila *a* (observadas en la bibliografía consultada y en las fotografías satelitales), cuando están dadas las condiciones para que se dé el desarrollo de las poblaciones de mesozooplancoton en general. Para hacer un análisis del comportamiento de ambas fracciones fue necesario apoyarse en los resultados de los aminoácidos analizados anteriormente y así poder concluir que las poblaciones de organismos de la fracción *b* no reflejan en su comportamiento la misma dinámica en toda la región.

En el caso del mesozooplancoton de fracción mayor se observan concentraciones medias casi iguales en la costa y en el talud presumiblemente por distintas causas. En la costa, esta fracción es menos abundante y como se vio en el análisis de otros elementos el proceso de activación y desarrollo se encontraría en un estado de mayor actividad en la ZC y se continuaría posteriormente en dirección al talud. Para la fracción menor, que según la bibliografía consultada predomina en zonas más someras como es la ZI, los valores fueron más bajos en ésta que en la zona central y en la zona del talud lo que interpretamos como consecuencia de la temporalidad que tienen los procesos de activación biológica y movilización de un sector a otro.

Por su parte, los niveles generales bajos de galactosamina, como era de esperar, crecieron levemente en profundidad según se observó en la ZC como reflejo del aumento de la comunidad bacteriana que incrementa su proceso de descomposición de la materia orgánica a medida que ésta desciende en la columna de agua.

Luego del análisis individual de los aminoácidos, aminoazúcares y quitina las variaciones de éstos en los contenidos corporales podrían indicar diferencias en las capacidades adaptativas de estos organismos a los ambientes que cambian de forma dinámica.

El análisis de conglomerados en base a la composición química mostró que hay prácticamente una continuidad en la distribución de organismos entre la ZC y la ZE mientras que hay un solapamiento parcial con la ZI debido sobre todo a la fracción de menor tamaño. Estos resultados se pueden interpretar

también como una mayor afinidad de la fracción menor por ambientes más someros.

Así, podemos concluir que existe heterogeneidad en la composición de las poblaciones mesozooplancónicas que se ha visto reflejada en los resultados de nuestro estudio en la región de Patagonia Norte de la Plataforma Continental Argentina en relación a las interacciones ambientales y ecológicas propias de las zonas de estudio.

Capítulo 5. Resultados y Discusión: Análisis del seston en el sistema costero El Rincón

5.1 Descripción de los parámetros ambientales en la zona de estudio

Se determinaron los parámetros ambientales de temperatura y salinidad en todas las estaciones muestreadas en la zona de El Rincón, calculándose valores medios de 11,2°C de temperatura media en el estrato superficial del mar y 33,7 para la salinidad.

La distribución superficial de temperatura y salinidad se observa en la figura 5.1. Puede observarse un incremento en la temperatura superficial del agua en las estaciones más cercanas al estuario de Bahía Blanca donde la profundidad de la columna de agua es también menor. Según estudios batimétricos la profundidad de El Rincón ronda un máximo de cincuenta metros de profundidad.

Por otra parte, la distribución de la salinidad en el estrato superficial se ve influenciada por la desembocadura de los ríos norpatagónicos disminuyendo este parámetro junto a la costa sur bonaerense mientras que en dirección a la zona central de El Rincón, e influenciado por las aguas que salen del Golfo San Matías se produce un incremento.

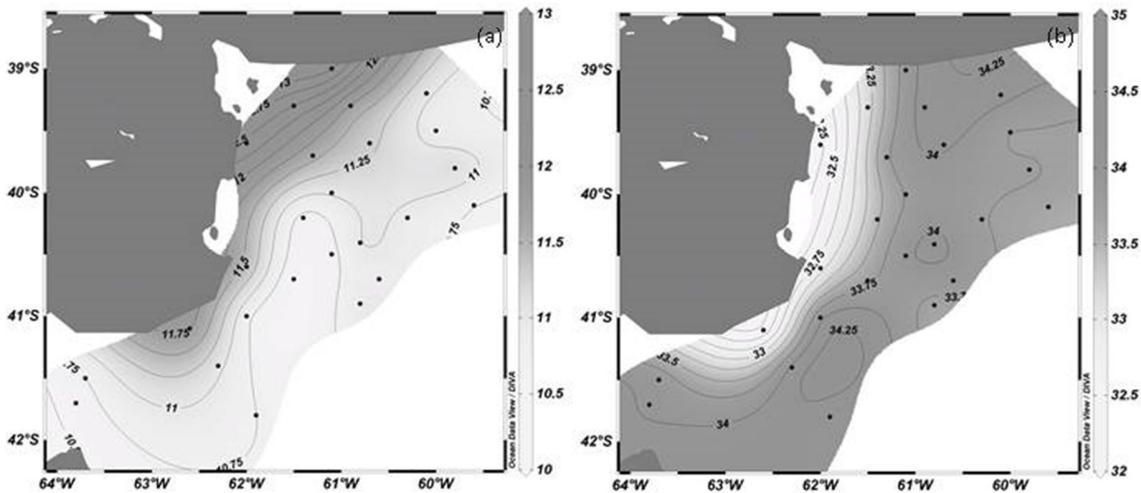


Figura 5.1. Distribución de temperatura (°C) (a) y (b) salinidad (PSA) en la zona de estudio El rincón durante la Campaña Oceanográfica Puerto Deseado 2010.

Estos factores ambientales se correlacionaron con las concentraciones de aminoácidos totales así como con los aminoácidos mayoritarios y otros que son bioindicadores tróficos así también como con la glucosamina y galactosamina

presentes en las muestras de seston. De dichas correlaciones se pudo determinar una escasa influencia de estos factores ambientales por si solos sobre el conjunto total de aminoácidos, siendo estadísticamente significativo solo en el caso de la salinidad. Luego se analizó la influencia de estos factores ambientales sobre cada aminoácido en forma individual, primero con los aminoácidos mayoritarios (glicina, alanina y serina) y luego otros como asparagina y glutamina, ambos buenos bioindicadores tróficos. En ninguna de las correlaciones se encontró una incidencia importante o que fuera decisiva por parte de la temperatura o la salinidad por si solas. Los gradientes de cambio de estos factores no fueron suficientemente pronunciados y la escasa variabilidad de estos en el estrato superficial no se reflejaron en los cambios de los parámetros químicos en las muestras de seston. Por otra parte se efectuaron los análisis de regresión entre los mismos factores ambientales y la glucosamina (monomero constituyente de la quitina de crustáceos), encontrándose alta incidencia de la salinidad sobre esta ($r=0,71$) (Figura 5.2). Coincidentemente también fue alta la incidencia de la salinidad sobre la galactosamina ($r=0,79$) (Figura 5.3), probablemente como un efecto asociado al desarrollo de la cadena trófica y organismos zooplanctónicos proveedores de materia orgánica como sustrato de desarrollo.

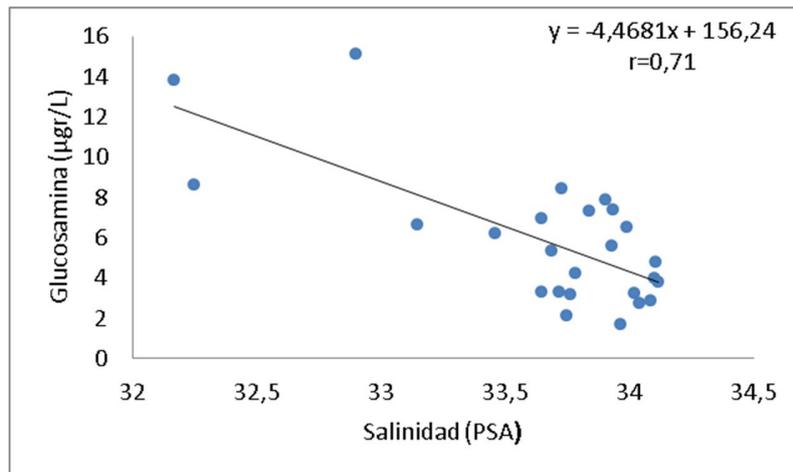


Figura 5.2. Correlación entre bioindicador glucosamina con el parámetro ambiental salinidad en la región de estudio.

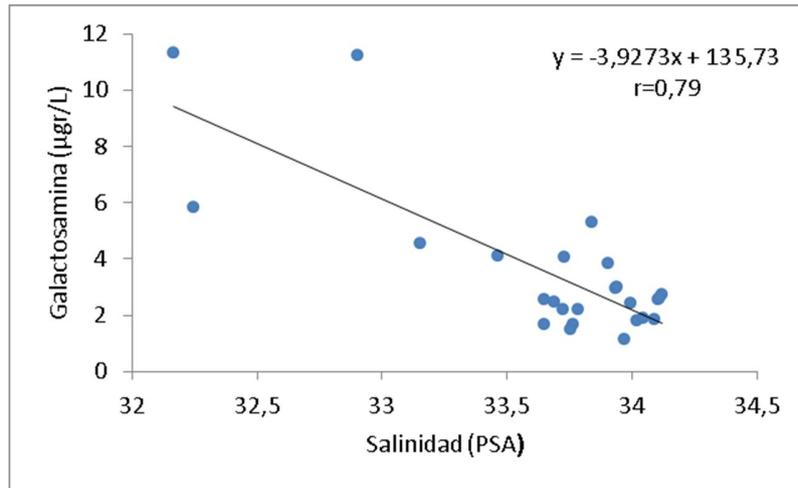


Figura 5.3. Correlación entre bioindicador galactosamina ($\mu\text{g/L}$) con el parámetro ambiental salinidad en la región de estudio.

Interpretamos la regresión entre salinidad y glucosamina como la incidencia de este factor ambiental que a pesar de mostrar un pequeño gradiente de cambio en aguas superficiales de la zona de estudio, incide diferencialmente en la cadena trófica siendo un factor importante para los organismos quitinosos como el grupo de crustaceos pero no así en la distribución del fitoplancton.

5.2 Distribución de la clorofila en el sistema El Rincón y la relación con el seston

Las imágenes satelitales compuestas de clorofila a (Figura 5.4) en el estrato superficial de la zona de El Rincón obtenidas a través del programa Ocean Color Web mostraron como se distribuye la misma en la estación de primavera, cuando se realizó la campaña oceanográfica. Se pudo determinar así que en el centro de El Rincón la concentración es menor que hacia la plataforma media donde como vimos en el capítulo anterior, el fitoplancton se observa posicionado de forma más constante en el tiempo.

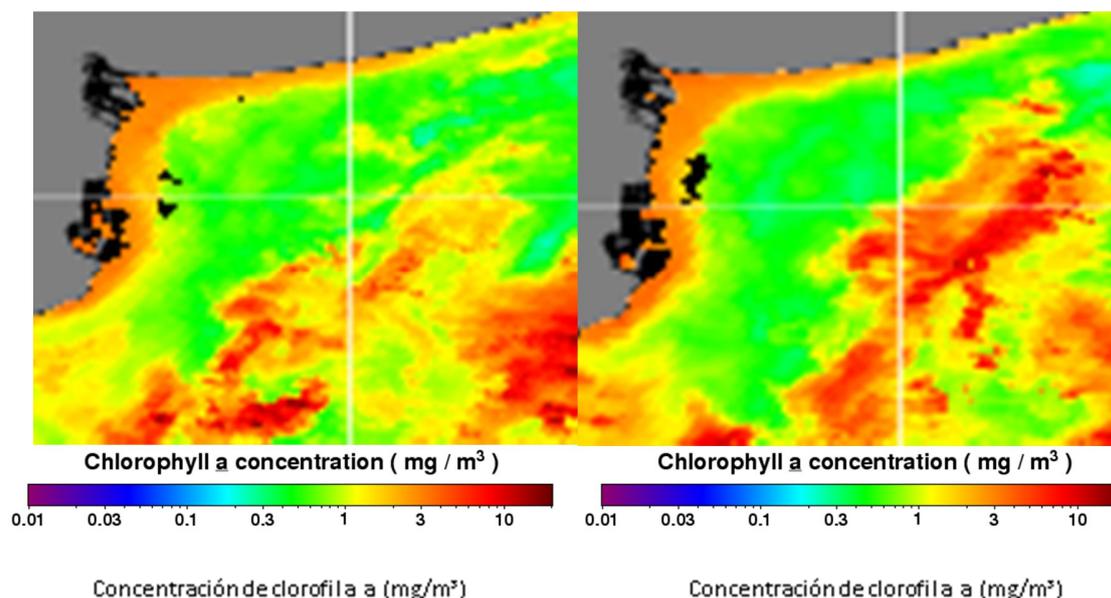


Figura 5.4. Concentración de clorofila a ($\text{mg}/\text{m}^3 = \mu\text{g}/\text{L}$) en la región de estudio de El Rincón derivada de una imagen satelital compuesta de 8 días (a) entre el 30 de setiembre al 7 de octubre y (b) imagen satelital compuesta entre el 8 al 15 de octubre del año 2010 (Ocean Color Web).

El análisis de distribución de la clorofila en El Rincón, realizado por Cardona (2016) sobre datos extraídos en la misma campaña oceanográfica en que se extrajeron nuestros datos, demuestra también un patrón de distribución de clorofila con cierta independencia de los factores ambientales, temperatura y salinidad (Figura 5.1), como puede observarse en la Figura 5.5 de distribución de la clorofila a en El Rincón. Es notoria la formación de un sector central con concentraciones menores de clorofila en la misma zona donde las fotografías satelitales compuestas mostraban también una disminución de la misma. También se distingue en la Figura 5.5 de distribución de clorofila un incremento de la concentración de ésta cerca de la costa del sur bonaerense, probablemente relacionado con la desembocadura de los ríos patagónicos Negro y Colorado y hacia la plataforma externa.

Sobre los valores de clorofila se determinaron las correlaciones entre éstos y los aminoácidos en el seston que consideramos más importantes. Se observó una relación positiva mayor con los aminoácidos constituyentes de las estructuras de algas diatomeas (glicina $r=0,59$, serina $r=0,63$, treonina $r=0,6$ y asparagina $r=0,62$) y algo menores con los aminoácidos característicos de estructuras bacterianas (alanina $r=0,53$) y de origen bacteriano o animal (glutamina $r=0,58$). En tanto que con la taurina (de origen animal) el nivel de

correlación con clorofila tuvo un valor de $r=0,19$. Por su parte, los aminoazúcares determinados en este trabajo mostraron valores de correlación con clorofila de 0,57 la glucosamina de origen animal y $r=0,38$ la galactosamina de origen bacteriano.

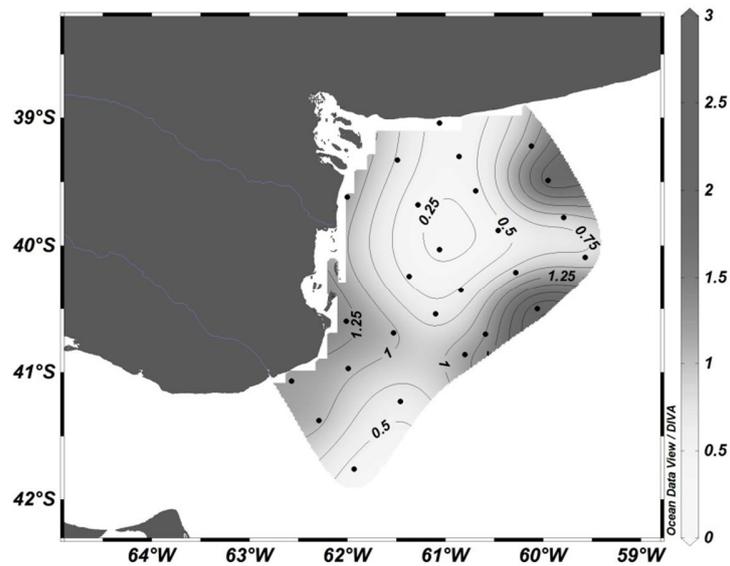


Figura 5.5. Distribución de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) en aguas superficiales en El Rincón determinado en noviembre de 2010 durante la campaña oceanográfica Puerto Deseado.

Por otra parte, se determinó la distribución de los aminoácidos totales en El Rincón, que mostró un patrón de distribución concordante con lo señalado en el trabajo de Palma et al. (2008) en el que expresa la existencia de un sistema de circulación anticiclónico (Figura 5.6) en su zona central, formado como consecuencia de la influencia de la corriente de Malvinas y sus variaciones estacionales sobre la plataforma continental. Según Auad y Martos, (2012), un fenómeno que no se da de forma constante todos los años.

En la costa sur bonaerense también se observó el incremento de la concentración de aminoácidos totales en relación a las desembocaduras de los ríos norpatagónicos. Hacia la plataforma central también hubo aumento de la concentración de aminoácidos, probablemente como consecuencia del asentamiento del fitoplancton en el denominado frente de plataforma media y de las comunidades zooplanctónicas que allí pastorean y que tienen mayor permanencia como se describiera en el capítulo anterior.

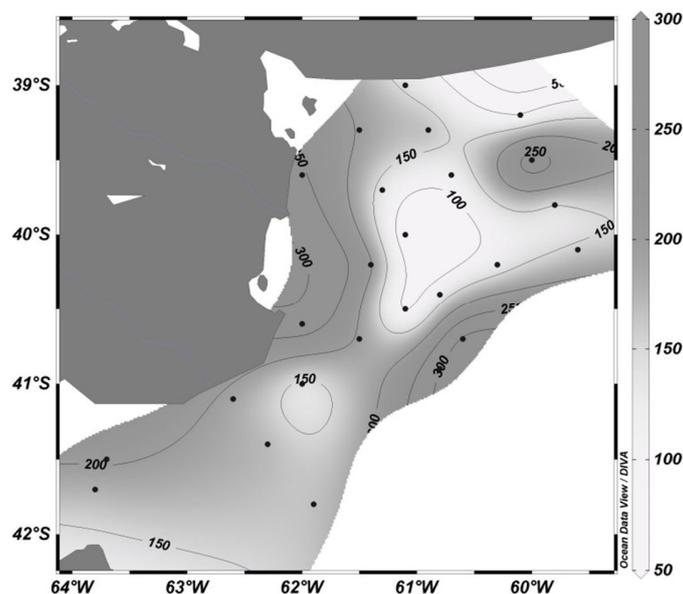


Figura 5.6. Distribución de aminoácidos totales ($\mu\text{g/L}$) en aguas superficiales en la zona de estudio El Rincón durante la Campaña Oceanográfica Puerto Deseado 2010.

Los aminoácidos mayoritarios (glicina, alanina y serina) (Keil et al., 2000) y sus distribuciones fueron determinadas y graficadas en el seston de la región de El Rincón. El aminoácido alanina, como se mencionó anteriormente, es un constituyente de estructuras bacterianas (McCarthy et al., 2004) formando parte de la estructura de la pared celular (Avers, 1991). La glicina estaría inserta en la estructura proteica como molécula separador en las estructuras proteicas de diatomeas (Hecky et al., 1973; Swift and Wheeler, 1992). Por su parte, la serina se encuentra enriquecida en la estructura de frústulos de algas diatomeas.

El análisis de gráficos de distribución individual de aminoácidos mostró para alanina un aumento de su concentración en la zona costera al sur de la provincia de Buenos Aires en la desembocadura del Golfo San Matías y entre las desembocaduras de los ríos Colorado y Negro (Figura 5.9). Otro incremento en la zona costera se observó en la parte sur de la entrada al estuario de Bahía Blanca. En toda la costa sur de la provincia de Buenos Aires donde se presentan mayores niveles de este aminoácido se observa coincidencia con los valores más bajos de salinidad, probablemente como consecuencia de la entrada al mar de aguas dulces procedentes de los ríos patagónicos junto con el aporte de nutrientes continentales alóctonos que promueven el desarrollo de organismos bacterianos. Frente al estuario de Bahía Blanca se observan

incrementos leves de alanina que siguen el mismo patrón de distribución de la clorofila (Cardona, 2016), donde se puede observar un sector central de El Rincón con valores más bajos y un incremento en dirección al centro de la plataforma continental frente a la Península Valdés, coincidentemente con la distribución de clorofila en la zona central de plataforma observadas en el capítulo anterior (Figura 4.5).

Coincidentemente, los patrones de glicina y serina, ambos indicadores de desarrollo fitoplanctónicos, también mostraron un patrón de distribución similar al de alanina en El Rincón, con un sector central formando un embudo con concentraciones menores en su centro en tanto que hacia la costa y hacia la plataforma central las concentraciones aumentaron (Figura 5.9). Estas observaciones dan por un lado la idea de un desarrollo fitoplanctónico mayor propiciado por la existencia de nutrientes en el sistema costero desde la salida del Golfo San Matías, la descarga de los ríos patagónicos Colorado y Negro y el estuario de Bahía Blanca que se mantienen en suspensión a profundidades de la columna de agua menor a diez metros, en tanto que hacia el centro de El Rincón se da una disminución del fitoplancton que pudiera explicarse por los fenómenos físicos que movilizan las masas de aguas superficiales o por la mayor tasa de pastoreo. Esta segunda opción referida al pastoreo, creemos que es menos probable por la época del año en que se realizó la campaña, cuando aun el desarrollo biológico de los consumidores primarios no llegan a su máximo desarrollo así como se amplía más adelante en el análisis de los resultados de aminoazúcares (glucosamina y galactosamina).

5.3 Distribución de nutrientes en el sistema El Rincón y la relación con el seston

Los patrones de distribución de nutrientes disueltos determinados en la misma campaña oceanográfica no mostraron una clara covariación con la distribución de la mayoría de los elementos analizados por nosotros en todo el sector en el material particulado salvo con la clorofila.

Esto es consistente con una distribución de zooplancton en parte dependiente de la distribución del fitoplancton que es movilizado por factores físicos (vientos y corrientes marinas superficiales, flujos de calor y cambios de salinidad) (Auaud y Martos, 2012).

Esta área se caracteriza por ser pobre en nitrato, con moderadas y relativamente constantes concentraciones de fosfato durante el año, con predominancia de procesos regenerativos de la materia orgánica, y donde el nitrato en la zona eufótica de la plataforma media disminuye fuertemente su

concentración en primavera debido al consumo fitoplanctónico (Carreto et al., 1995; Cepeda et al., 2012).

Por lo tanto queda planteada la posibilidad de que los valores más altos de nitrato en el sector Este de El Rincón sea consecuencia del transporte desde el frente de plataforma media o se deba a la generación in situ, para ser consumida posteriormente por las poblaciones fitoplanctónicas y generar así los máximos de clorofila que se observan en el límite entre el sistema costero y el sistema de plataforma (Figura 5.7). A los datos de nitratos se suma la distribución del nitrito que coincide en los picos de concentración, lo que puede interpretarse como materia que inició su proceso de transformación desde material ya existente en el lugar y no que fue exportado desde la plataforma media (Figura 5.7).

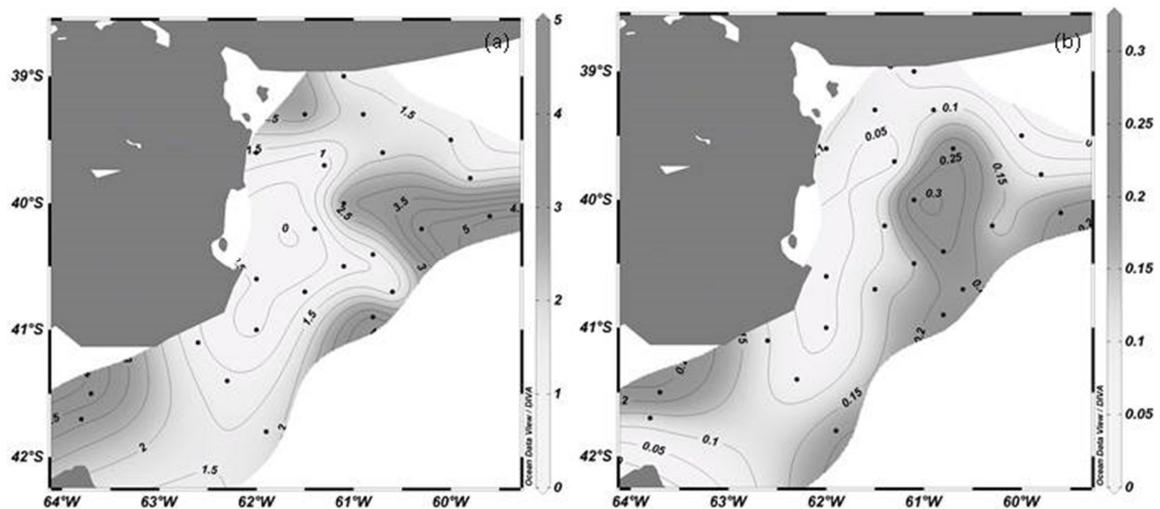


Figura 5.7. Distribución de concentración ($\mu\text{M/L}$) de nitratos (a) y nitritos (b) en aguas superficiales en el sistema de El Rincón.

Según pudo compararse con los valores que registró Kopprio (datos no publicados) en su estudio sobre los ríos patagónicos (Negro y Colorado), puede constatarse que el Rio Negro aporta amonio pero en cantidades bajas que solo afectan puntualmente a la zona de su desembocadura y se detecta en aguas superficiales donde la profundidad ronda hasta los quince metros. Con los silicatos sucede algo similar, una escasa incidencia por parte de los ríos patagónicos en el sistema de El Rincón que a demás son superados por el aporte del estuario de Bahía Blanca donde las profundidades no superan los diez metros de profundidad (Figura 5.8). En cuanto a las concentraciones de nitratos aportados al sistema de El Rincón, también fue escaso el aporte de

origen continental por parte de los dos ríos patagónicos, encontrándose que en aguas superficiales del sistema las concentraciones eran mayores a lo registrado en las propias desembocaduras de estos dos ríos.

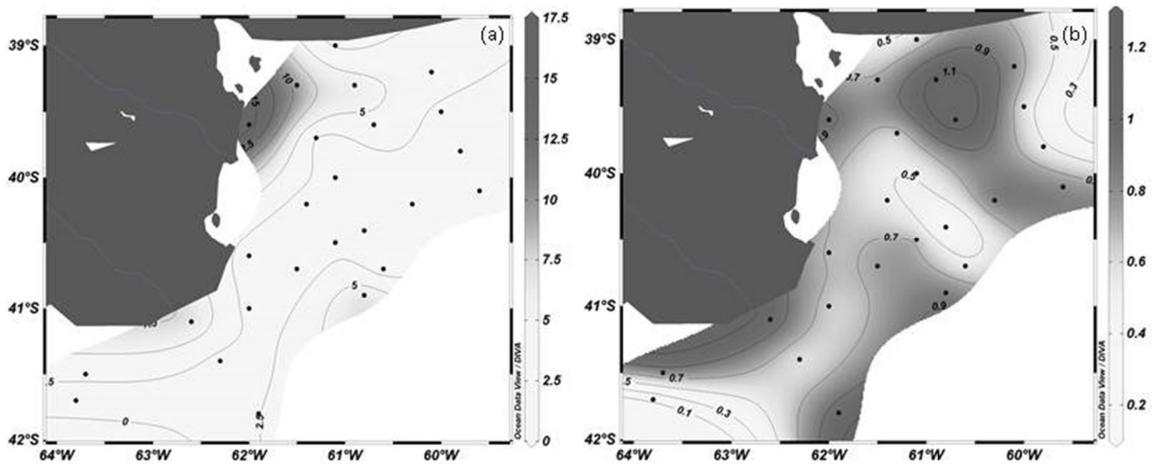


Figura 5.8. Distribución de concentración ($\mu\text{m/L}$) de silicatos (a) y fosfatos (b) en aguas superficiales del sistema de El Rincón.

El ión fosfato (Figura 5.8), compuesto imprescindible en la síntesis de la materia orgánica en el mar y muy utilizado por el fitoplancton, durante el período de florecimiento disminuye su concentración en el mar como consecuencia de su consumo. Los aportes de los ríos patagónicos determinados por Kopprio (datos no publicados) fueron bajos pero podrían verse aumentados en la zona costera de desembocadura de estos como consecuencia de procesos químicos de desorción de las partículas en suspensión en el momento en que se mezclan las aguas de río con las aguas de mar (House et al., 1998). Estudios llevados a cabo por Fanning et al. (1982), sugieren que la resuspensión de los sedimentos en las márgenes continentales es importante en aguas costeras cercanas a las fuentes de fertilización (como son las desembocaduras de los ríos). Ellos a demás hacen hincapié en que la resuspensión es el mejor mecanismo para el reciclado de nutrientes entre la columna de agua y el lecho marino. Este proceso podría ser la causa de por qué la productividad en la plataforma marina es mayor a lo esperado por los aportes de los ríos norpatagónicos. Según Tengberg et al. (2003), los flujos de nitrato - nitrito y silicato aumentan después de lo procesos de resuspensión mientras que el flujo de fosfato disminuye, probablemente debido que el fosfato se adsorbe a las partículas. Los flujos de amonio no mostraron ningún cambio significativo en su estudio. De estos resultados se desprende la idea de la existencia de una multiplicidad de factores, fuentes y situaciones en El Rincón que generan los patrones de

distribución de las comunidades biológicas más allá de la existencia en el sector de nutrientes.

Hacia la zona central de la plataforma continental se produce un aumento fitoplanctónico de carácter estable dentro del periodo investigado, que como se explicó en el capítulo anterior, que puede generarse como un sector de mayor permanencia del fitoplancton durante la primavera que se denomina frente de plataforma media (Acha et al., 2004). Este sector, que se puede caracterizar por salinidades y temperaturas características, es propiciado por la existencia de vientos superficiales desde la zona generativa del talud hacia la plataforma media (Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia, 2008).

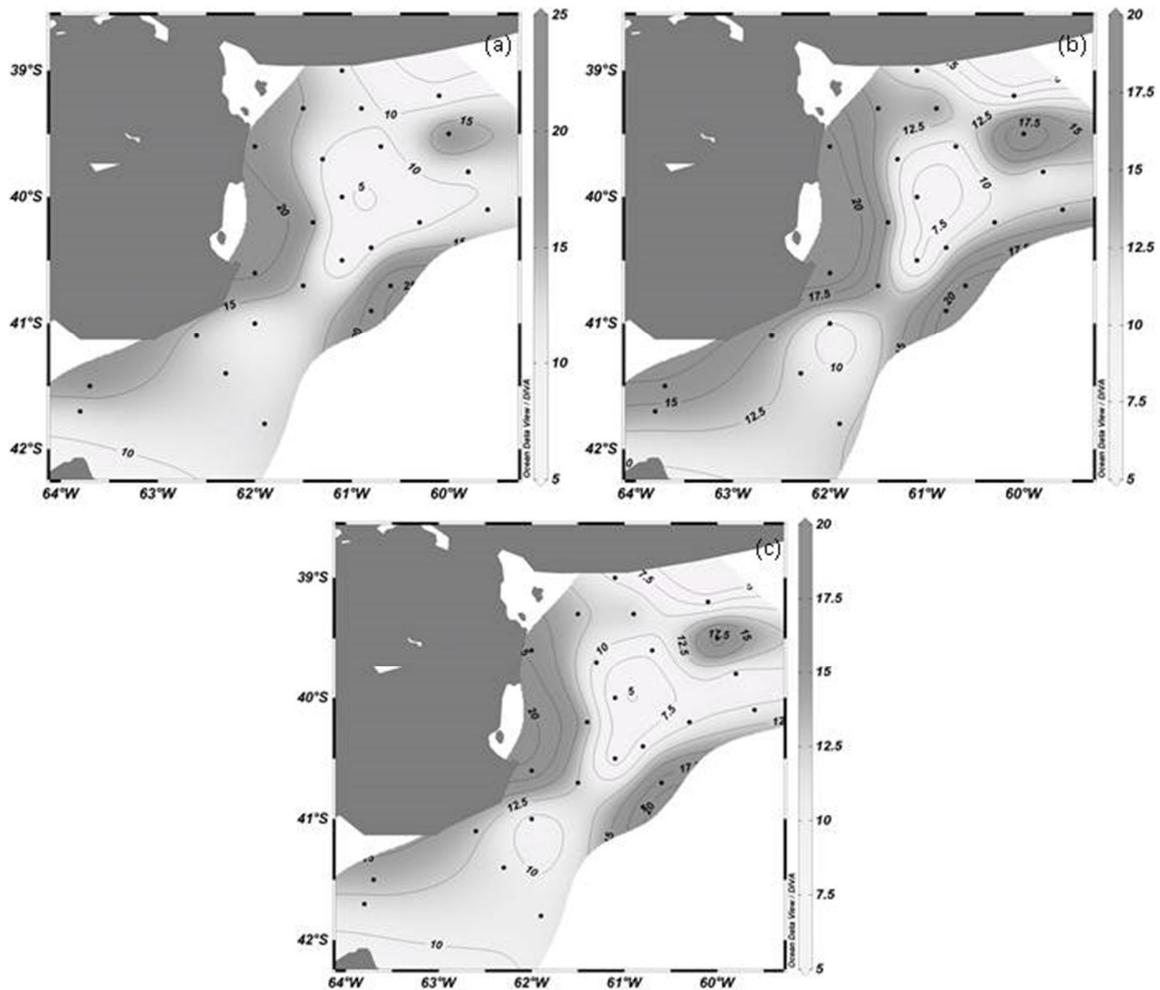


Figura 5.9. Distribución de la concentración de aminoácidos particulares en el seston ($\mu\text{g/L}$) en aguas superficiales de El Rincón. (a) Alanina, (b) glicina y (c) serina.

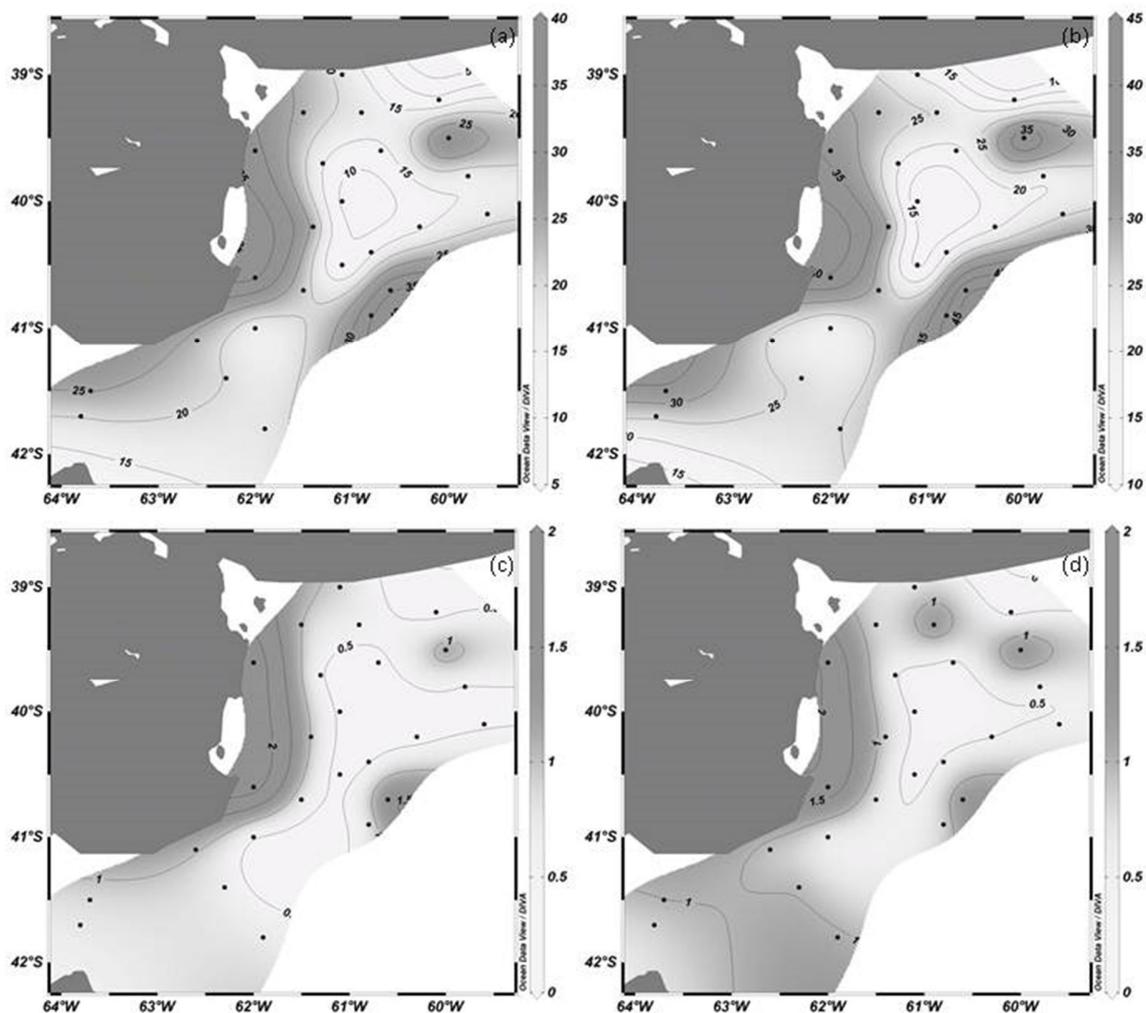
5.4 La generación y distribución de aminoácidos no proteicos en el sistema El Rincón

El porcentaje molar combinado de los dos aminoácidos no proteicos β -ala y γ -aba, es un indicador de frescura relativa del POM (Gupta y Kawahata, 2003). Estas moléculas son el resultado de la descomposición de asparagina y glutamina respectivamente (Müller et al., 1986; Haake et al., 1992) como se mencionara anteriormente. La asparagina, es uno de los aminoácidos más abundantes del océano e indica la presencia de materiales calcáreos y carbonatos biogénicos (sintetizados por los organismos para formar sus caparazones, conchas o esqueletos) (Müller et al., 1986). El patrón de distribución de la asparagina fue muy parecido al de los otros indicadores mayoritarios, también de origen fitoplanctónico, lo que es consistente con la comunidad fitoplanctónica de El Rincón la presencia y distribución de comunidades de diatomeas (Figura 5.10).

Por su parte, la glutamina forma conjuntamente con alanina y el peptidoglicano (heteropolímero alternante de poli-N-acetilglucosamina y ácido N-acetilmurámico) la estructura de la pared celular (Avers, 1991). Según Henrichs y Farrington (1979), la glutamina es predominantemente fitoplanctónica o bacteriana. Como puede observarse en la Figura 5.10 el sistema costero del sur de la Provincia de Buenos Aires es influido a nivel más local por los ríos patagónicos junto con la desembocadura del Golfo de San Matías, mostrando un ambiente propicio para el desarrollo bacteriano y fitoplanctónico mientras que en la región central de El Rincón se produce una disminución en la concentración, lo que sigue la tendencia anteriormente descrita. El aporte de nutrientes que realiza la corriente de Malvinas según se describió anteriormente, sería determinante de productividad a gran escala a lo ancho de la plataforma, más aun que los aportes continentales de la región patagónica que juegan un papel más localizado. Es posible concluir que el patrón de distribución tan similar de los parámetros químicos fitoplanctónicos y bacterianos demuestran la estrecha relación entre la producción y el consumo del fitoplancton por parte de la comunidad bacteriana en la zona.

Se sabe, como se mencionara en el primer capítulo, que los elevados porcentajes molares (>1%) de aminoácidos no proteicos en sedimentos son indicativos de procesos diagenéticos. Aminoácidos como la β -alanina, γ y α -ácido amino butírico y ornitina se producen durante la degradación del ácido aspártico, ácido glutámico, treonina y arginina respectivamente (Keil et al., 1998). Adicionalmente, una fuente de β -alanina es la descomposición anaeróbica de uracilo. Cuando se expresan como % molar, estos aminoácidos pueden aumentar hasta valores tan altos como 40% después de largos periodos diagenéticos (Keil et al., 1998).

En las imágenes de distribución de β -alanina y ácido γ -aminobutírico se puede observar un patrón general similar a los aminoácidos de los cuales derivan pero con las concentraciones máximas ubicadas en la costa bonaerense cercanas a la desembocadura de los ríos norpatagónicos (Figura 5.10). Ello da indicios de que la materia terrígena aportada por los ríos es volcada al océano con cierto grado de procesamiento bacteriano, siendo según lo observado el material costero más envejecido que en el resto de El Rincón, tanto en el centro del mismo como en dirección a la plataforma central. Queda abierta el interrogante si los niveles de aminoácidos proteicos se deben predominantemente al aporte de material ya procesado por bacterias en los ríos antes de ser volcados al océano o los valores más altos se deben a la resuspensión del material sedimentario del fondo marino hasta la superficie oceánica o es probablemente una sumatoria de ambas.



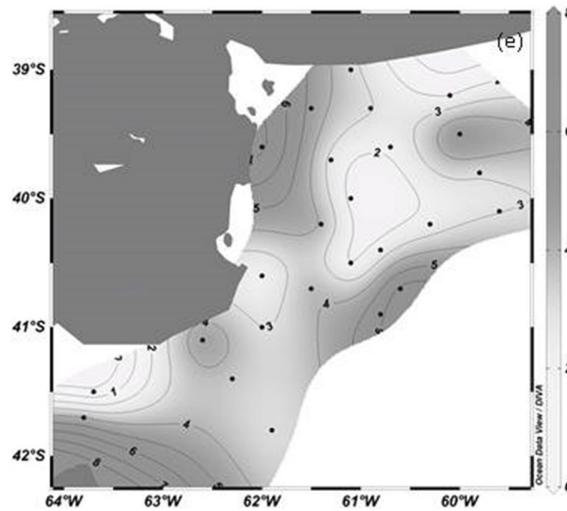


Figura 5.10. Distribución de concentración de aminoácidos proteicos ($\mu\text{g/L}$) y no proteicos en aguas superficiales de El Rincón. (a) Asparagina, (b) glutamina, (c) β -alanina, (d) ácido γ -aminobutírico y (e) ornitina.

5.5 Distribución aminoazúcares en el sistema El Rincón

Por otra parte, la glucosamina, el monómero constituyente de la molécula de quitina que forma las estructuras de los exoesqueletos, fue descrito por Benner y Kaiser, (2003) como particularmente abundante en muestras de copépodos marinos. El cociente entre glucosamina y galactosamina (GLUAM/GALAM) se utiliza como indicador para diferenciar zooplancton quitinoso de la biomasa microbiana. Un cociente es relativamente alto (>8) en la materia orgánica enriquecida en quitina y decrece durante la biodegradación en tanto que valores menores a 4 indicarían la presencia de biomasa microbiana y procesos biodegradativos de la materia orgánica avanzados (Gupta y Kawahata, 2003). Valores relativamente bajos de GLUAM/GALAM (<2) son indicativos de alteraciones diagenéticas y de fuentes bacterianas según Davis et al. (2009). Los valores de los cocientes registrados en El Rincón fueron de alrededor de 2 en tanto que el promedio del cociente de glucosamina y galactosamina fue de 1,77 indicando procesos de degradación bacteriana. Según puede observarse en las Figura 5.11 los procesos productivos y degradativos de la materia se estarían dando en mayor medida cerca de la costa con influencias como se describió anteriormente del Golfo San Matias, los ríos patagónicos Colorado y Negro y el estuario de Bahía Blanca (Guerrero y Piola, 1997; Sabatini et al., 2004). Por un lado, la producción zooplanctónica estaría siendo favorecida en la costa bonaerense y hacia la zona central, relacionándose así con la producción y distribución fitoplanctónica ya descrita,

en tanto que la producción bacteriana toma mayor énfasis cercana a la costa, especialmente en la zona de desembocadura de ríos norpatagónicos como se expresó en el caso de la distribución de los aminoácidos no proteicos.

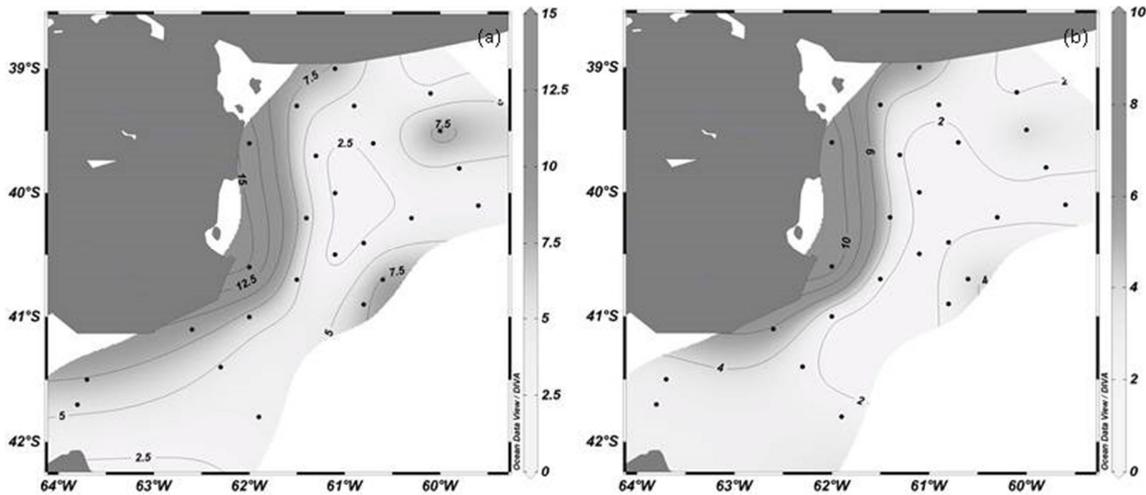


Figura 5.11. Distribución de concentración de aminoazúcares ($\mu\text{g/L}$), de origen zooplanctónico (glucosamina) y bacteriano (galactosamina), en las aguas superficiales de El Rincón. (a) glucosamina y (b) galactosamina.

Si bien los procesos diagenéticos de degradación bacteriana se dan predominantemente durante el descenso vertical de la materia orgánica en la columna de agua como se describió en el capítulo primero, en sentido horizontal pueden observarse gradientes de distribución que en aguas someras y revueltas como las de El Rincón, probablemente por las características propias del sector junto a la materia aportada por los sistemas fluviales patagónicos y las condiciones particulares de salinidad más bajas de esas aguas, los procesos bacterianos se vean intensificados (Garzón et al., 2011). Por otro lado, hacia el sector central de El Rincón los procesos degradativos se hicieron menos aparentes en aguas de superficie, así también como la concentración total de aminoácidos y aminoazúcares, probablemente como consecuencia de la menor influencia en aguas superficiales de las descargas de los ríos patagónicos y la existencia de menores cantidades de materia orgánica. Se sabe además que El Rincón, a diferencia de lo que ocurre en la plataforma externa, es un área que se caracteriza por la presencia de corrientes más débiles asociada a un sistema de giro anticiclónico (Auaud y Martos, 2012) que se desarrolla predominantemente en invierno (Palma et al., 2008). Según describe Acha et al. (2015) estos sistemas anticiclónicos sumergirían agua junto con nutrientes lo que generaría una disminución en la productividad. Dicho proceso de transporte de nutrientes no fue claramente

observado en este estudio en tanto que en el material particulado de seston sí se observó un sector central de El Rincón que presentaba una disminución general en los valores de aminoácidos y aminoazúcares en aguas superficiales. Este fenómeno de giro anticiclónico junto a la distribución de la salinidad superficial registrada (incrementadas desde el Golfo San Matías hacia plataforma) y la baja concentración de nutrientes nitrogenados propios del sector, aparentemente generan un patrón de distribución con bajos valores del material particulado derivado de organismos algales y quitinosos en la zona central del sistema. Esta presunción que involucra a los consumidores primarios se apoya en las buenas correlaciones entre glucosamina (monómero de la quitina) y salinidad ($r=0,71$) y el patrón de distribución observado en la glucosamina.

A demás es interesante poner de manifiesto que este fenómeno de giro anticiclónico que se creía que es estacional y propio de la estación de invierno (Palma et al., 2008), se pone de manifiesto aun en plena primavera (Hoffmeyer et al., 2009) cuando las temperaturas empiezan a subir determinando el aumento de la productividad del sistema.

5.6 Análisis multivariado

A continuación se realizó el análisis de componentes principales (CPA) como se observa en la Figura 5.12 con el objeto de tener una idea más global del funcionamiento del sistema de El Rincón en base a los parámetros químicos medidos.

De la observación del CPA se deduce una mayor actividad bacteriana en aguas superficiales más costeras implicadas en los procesos degradativos de la materia. Probablemente las escasas profundidades y falta de estratificación de la columna de agua en estas estaciones junto con la materia de origen terrígeno en aguas menos salinas aportada por los ríos norpatagónicos propicien las actividades degradativas observadas. Por otra parte, en las estaciones centrales de El Rincón, donde se habían encontrado menores concentraciones de aminoácidos totales en los gráficos de distribución realizados con el programa OVD, se observó una débil relación con indicadores fitoplanctónicos, algo mayores como con la serina y glicina en tanto que con otros como la tirosina y treonina fue más débil. De los indicadores zooplanctónicos no se pudo determinar a través de esta herramienta un patrón claro de relación con la distribución geográfica en el área.

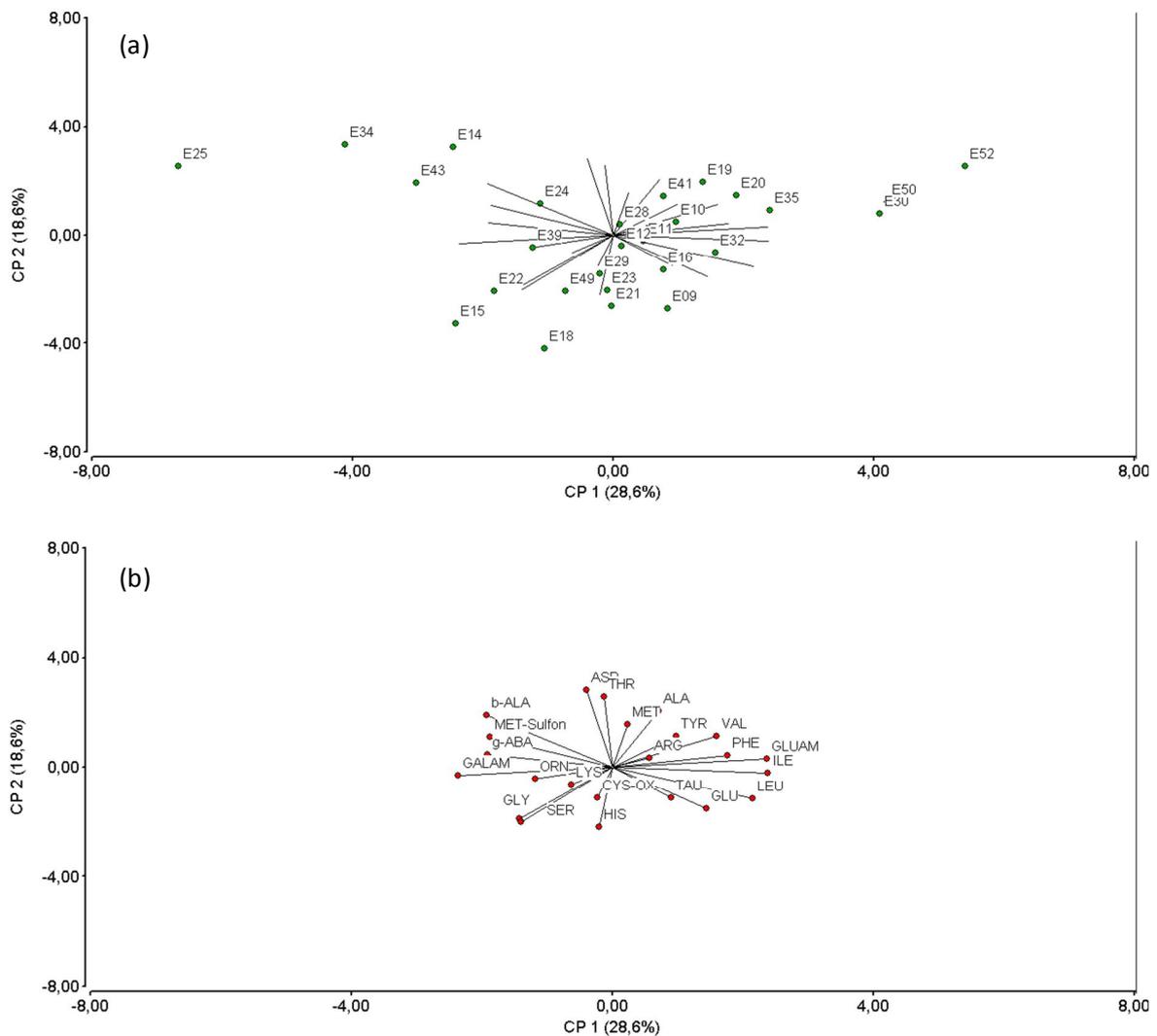


Figura 5.12. Análisis de componentes principales en la zona de estudio de El Rincón, (a) estaciones de muestreo y (b) concentración de aminoácidos y amino azúcares ($\mu\text{g/L}$) determinados en aguas superficiales.

5.7 Análisis del índice de degradación de la materia

Seguidamente se calculó el índice de degradación (ID) de la materia orgánica mediante la utilización de los porcentajes molares de aminoácidos y aminoazúcares calculados para cada estación de muestreo. Pudo determinarse que la zona costera de salinidades más bajas, cercana a la desembocadura de los ríos norpatagónicos y al estuario de Bahía Blanca, presentaban los índices más negativos demostrando así el aporte por parte de estos de materiales más refractarios de origen terrígeno. En dirección a la plataforma media donde se encuentra el frente de plataforma del mismo nombre, el índice de degradación

aumentó mostrando la presencia de materia orgánica más fresca generada in situ en la zona donde se da la mayor proliferación fitoplanctónica descrita anteriormente. Puede observarse que la boca del Golfo San Matías muestra valores positivos altos lo que supone procesos de producción de la materia orgánica en el lugar (Figura 5.13).

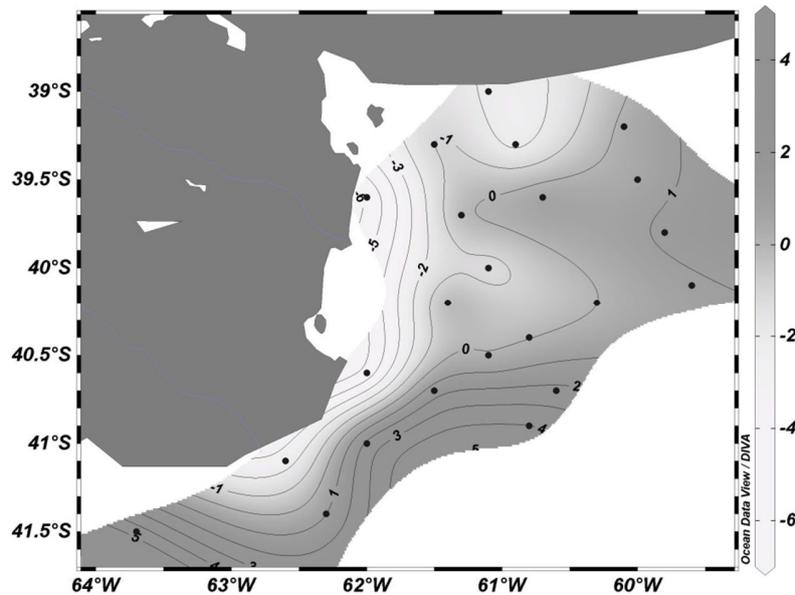


Figura 5.13. Distribución del índice de degradación de la materia orgánica determinado en aguas superficiales en la zona de estudio de El Rincón. Los valores más negativos indican la presencia de materiales refractarios y los valores positivos indicarían la presencia de materiales más frescos.

5.8 Conclusión

La región de El Rincón comprendida en el sur de la Plataforma Continental Bonaerense, ha sido caracterizada como una zona de aguas de bajas profundidades y alta productividad biológica. Estudios previos sobre los movimientos de masas de agua y circulación de las corrientes oceánicas así como el posicionamiento de los frentes oceánicos en la región ha permitido determinar que en la época de primavera sus aguas se conforman gracias a la confluencia de las corrientes oceánicas provenientes de Malvinas, las corrientes de plataforma junto con los aportes de aguas continentales de ríos patagónicos y las aguas del Golfo San Matías. La comprensión de la dinámica de movimiento de las aguas del sistema en estudio nos ha permitido interpretar los parámetros medidos en nuestro trabajo. Se midieron salinidad y temperatura como parámetros ambientales en aguas superficiales pudiendo observarse que las temperaturas más elevadas se localizaban en aguas más someras y la salinidad era influenciada localmente por las aguas de los ríos norpatagónicos disminuyendo junto a la desembocadura de los mismos y aumentando en dirección a la plataforma media. Estos parámetros ambientales no mostraron por sí solos ser únicos determinantes en la distribución de los parámetros químicos medidos en nuestro trabajo, salvo en el caso de la glucosamina que sí mostró cierta relación con la salinidad. Ello sugiere la incidencia de la salinidad y que llega a ser un factor regulador, probablemente indirecto; para el desarrollo de organismos quitinosos por encima de ciertos valores. Esta relación no se mantuvo con los indicadores de desarrollo fitoplanctónico cuya concentración fue claramente menor en la zona central de El Rincón. Por otro lado, se identificó un leve incremento de la clorofila en la costa bonaerense cercana a la desembocadura de los ríos Negro y Colorado lo cual se debería a la utilización de nutrientes generados por procesos de desorción de partículas como consecuencia de cambios bruscos de condiciones ambientales y mezcla de distintas masas de agua. Adicionalmente, la distribución de aminoácidos totales y particulares concuerda con las observaciones publicadas por Palma et al. (2008) acerca de la formación de un sistema de circulación anticiclónico en la zona central de El Rincón dependiente de las variaciones estacionales de la Corriente de Malvinas así como de la influencia de aguas costeras de baja salinidad proveniente de los ríos patagónicos así como de las aguas más saladas del Golfo San Matías.

Pudo determinarse que los ríos patagónicos ingresan nutrientes disueltos al sistema en concentraciones muy bajas (aun más bajas que los valores encontrados en aguas marinas superficiales de la zona de estudio) lo que implicaría escasos aportes de nitrógeno de origen terrígeno a la producción biológica del sistema de El Rincón. Sí se observó la entrada desde estas fuentes de aporte continental de materia orgánica refractarios que se

reflejaron en los índices de degradación calculados. A demás cabe destacar que el patrón de distribución de los nutrientes en aguas superficiales muestra una relación parcial (en el límite entre la zona costera y la de plataforma media) con la del material particulado medido en nuestro trabajo así como con la clorofila observándose que en el sector este del sistema de El Rincón tienen lugar procesos más marcados de regeneración in situ de la materia y utilización de la misma por productores primarios.

También se comprobó que la materia orgánica no se distribuye homogéneamente en las aguas superficiales de esta región y ello depende también de la influencia de los sistemas fluviales patagónicos y de los procesos de regeneración de la materia orgánica que es aprovechada por los productores primarios. Queda de manifiesto el papel decisivo en la formación de patrones de distribución de algas y seston por parte del movimiento y circulación de aguas de plataforma que movilizan y distribuyen la materia particulada según lo observado en nuestro trabajo. Cabe mencionar que este patrón de circulación anticiclónica descrita por Palma et al. (2008) dependiente de la influencia estacional de la corriente de Malvinas seguiría manifestándose más allá de la época del año en que fue descrita, y a mitad de la estación de primavera incidiría en la distribución de las comunidades de organismos como probable consecuencia del efecto de Coriolis (Hoffmeyer et al., 2009), transportando materia orgánica desde el frente de plataforma media hacia el interior del sistema de El Rincón.

Capítulo 6. Resultados y Discusión: Análisis del mesozooplancton en el sistema costero El Rincón

6.1 Análisis de la influencia de los parámetros ambientales sobre la composición y distribución del mesozooplancton en la zona de estudio

Durante la campaña oceanográfica realizada en la zona de El Rincón, descrita en el capítulo anterior, se realizaron también muestreos de mesozooplancton siguiendo la metodología descrita en la sección de Materiales y Métodos. Se realizaron regresiones entre los parámetros químicos medidos en el mesozooplancton (aminoácidos y aminoazúcares) y los factores ambientales temperatura y salinidad con el fin de determinar la incidencia de estos últimos en la distribución de los consumidores primarios en la zona de estudio. En ningún caso se observó una influencia decisiva por parte de estos factores sobre la distribución del mesozooplancton en la zona de estudio cuando se los relacionó en forma individual con las concentraciones de aminoácidos y aminoazúcares encontradas. Cabe mencionar que la zona de El Rincón es definida como una área faunística única que presenta asociaciones zooplanctónicas con especies típicas según el trabajo de Cepeda et al. (2012). Es de destacar que la zona de El Rincón está caracterizada por la existencia de corrientes débiles (mucho más débiles que las aguas de la plataforma que fluyen al NNE en las zonas más profundas de la plataforma), debido a la geomorfología local (Aquad y Martos, 2012). Esta zona de reposo se ha asociado a un patrón local de circulación en sentido antihorario (Lucas et al, 2005; Palma et al., 2008; Aquad y Martos, 2012) en tanto que los procesos de recirculación dentro del sistema podrían estar también asociados a los vientos y las corrientes periféricas en el contexto de la batimetría local y litoral. El Rincón, presenta un sector de aguas más diluidas y mezcladas, separado de otro exterior con estratificación por un frente salino superficial de comportamiento estacional. En el sistema con influencia de agua del Golfo San Matías, las aguas costeras de altas salinidades y escasas fluctuaciones prevalecen durante la mayor parte del año con valores entre 33,45 y 34,10 (Carreto et al., 1995).

A diferencia del mismo, en el sector costero no se forma la termoclina en primavera (Carreto et al., 1995).

6.2 Distribución del fitoplancton y su relación con el mesozooplancton

Se relacionaron, los parámetros químicos en las muestras de mesozooplancton del estrato superficial con los valores de clorofila publicados por Cardona (2016). En ningún caso las correlaciones reflejaron que la clorofila fuera principal determinante en la distribución de las comunidades del mesozooplancton circunscriptas en el área de estudio. Es interesante mencionar que según Carreto et al., (1995), la producción fitoplanctónica de aguas superficiales observada en el talud tiene fuerte relación con la pendiente del sector. Dichas condiciones batimétricas están ausentes en el sector de El Rincón donde las profundidades son bajas, la termoclina prácticamente está ausente y las aguas bien mezcladas durante todo el año como consecuencia de la existencia de vientos y mareas (Aquad and Martos, 2012).

Es sabido que el máximo de producción fitoplanctónica en el Mar Argentino ocurre en primavera, con el inicio de un explosivo crecimiento en los meses de octubre y noviembre, en aguas costeras de baja profundidad (Campagna et al., 2005). En el sistema costero, la mezcla producida por vientos y mareas origina aguas homogéneas durante todo el año. La variación estacional de clorofila es relativamente pequeña, aunque las más altas concentraciones son registradas en primavera y otoño (Carreto, 1992).

En el estuario de Bahía Blanca, en el norte del sistema costero El Rincón (Garibotti et al., 2011), se encuentran comunidades fitoplanctónicas y de ciliados lorizados bien determinados que presentan comportamientos dinámicos de cambios estacionales (Popovich et al., 2008) y estrechamente relacionados con las poblaciones zooplanctónicas del sector. Según estos autores el género fitoplanctónico más conspicuo del estuario de Bahía Blanca es *Thalassiosira* entre los que encontramos las especies *Thalassiosira curviseriata* Takano, *T. angustelineata* Fryxell et Hasle, *T. pacifica* Gran et Angst, *T. rotula* Meunier, *T. eccentrica* (Ehrenberg) Cleve, *T. hibernalis* Gayoso,

T. hendeyi Hasle et Fryxell, y *T. minima* Gaarder, siendo *T. curviseriata* claramente la especie más abundante durante el ciclo anual de fitoplancton en el estuario de Bahía Blanca. *Thalassiosira mínima* suele ser más abundantes durante la primavera y el verano y *T. hendeyi* aparece casi todo el año, pero no genera blooms y *Chaetoceros Ehrenberg*, es el segundo género más importantes en el ciclo anual en términos de densidad celular y número de especies. *Thalassiosira hendeyi*, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve y *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann y Lewin están presentes la mayor parte del año. Los dinoflagelados *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich III, *Prorocentrum sp.* y *Protoberidinium punctulatum* (Pauls) Balech, son importantes a finales de primavera y principios de verano. La especie fitoplanctónica xantofísea *Ophiocytium sp.* es importante en el estuario durante la primavera alcanzando densidades de hasta 10^5 células/L.

Otro sector comprendido dentro del sistema costero de El Rincón es Bahía Anegada donde según Garibotti et al. (2011), existe una fuerte estacionalidad en cuanto a las comunidades fitoplanctónicas existentes a lo largo del año con un periodo de transición durante la primavera. Según describieron estos autores la comunidad fitoplanctónica de primavera se caracteriza por especies presentes también en las otras estaciones del año destacándose *Thalassiosira Cleve* (*T. curviseriata* y *T. anguste-lineata*).

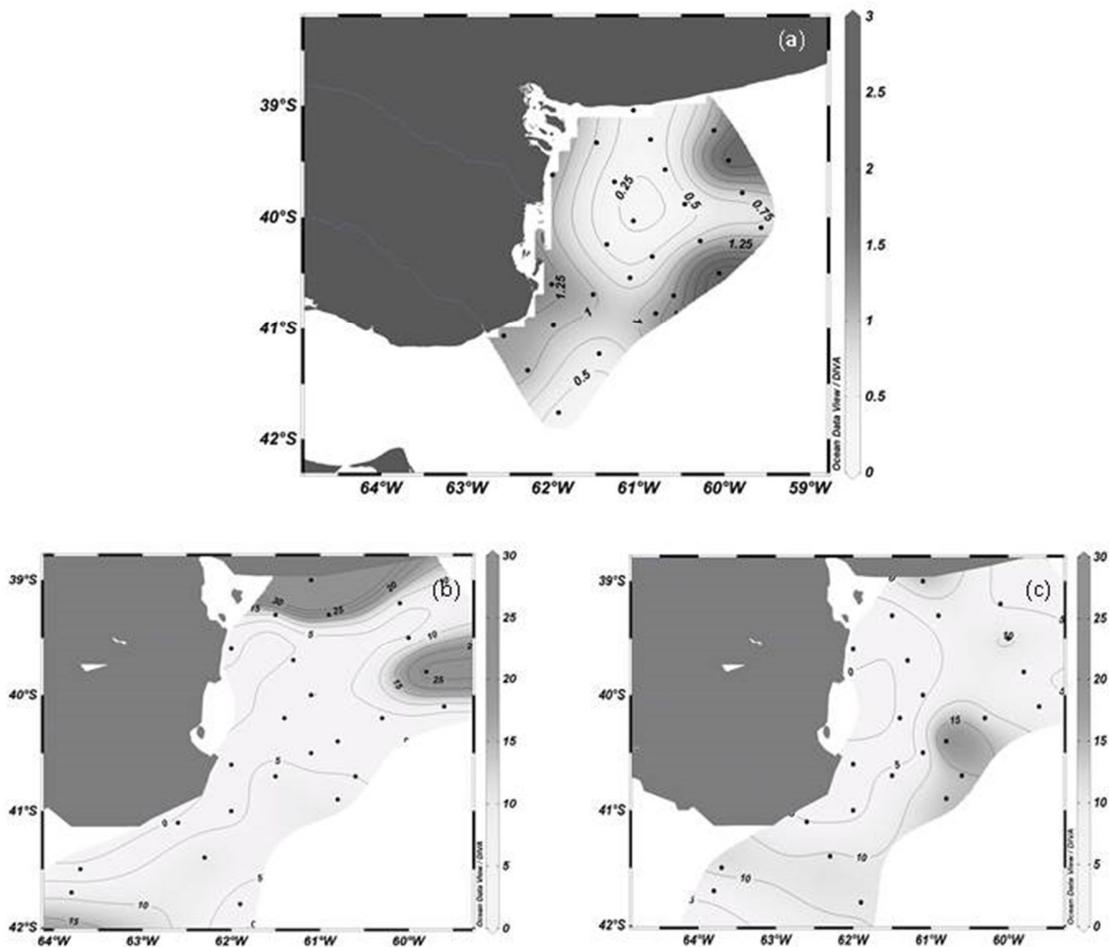
En aguas abiertas del sistema de El Rincón (límite entre el sistema costero y el sistema de plataforma), se determinó fitoplancton constituido principalmente por diatomeas y dinoflagelados. Las especies principales de diatomeas registradas fueron *Guinardia delicatula*, *Leptocylindrus danicus*, *Corethron criophilum* y *Hemiaulus hauckii*, así como especies del género *Chaetoceros* y *Thalassiosira*. Los dinoflagelados fotosintetizadores, siendo *Torodinium robustum*, *Alexandrium tamarense* y *Scripsiella sp.* las especies de mayor relevancia, presentan las mayores concentraciones conjuntamente con las diatomeas (Perrotta et al., 2003).

La observación de las imágenes de concentración de aminoácidos totales generadas a través del programa Ocean Data View (ODV) mostró ciertos

sectores del sistema con mayor concentración de clorofila que se relacionaron con los aminoácidos y la biomasa de alguna de las dos fracciones del mesozooplancton (Figura 6.1). Dicha observación podría estar indicando diferentes relaciones ecológicas entre poblaciones de organismos fitoplanctónicos y zooplanctónicos. Vale tener en cuenta que el fitoplancton no es la única fuente de alimento que el zooplancton consume (Agawin et al., 2000) y que el tipo y cantidad de alimento en la dieta afectará la producción de copépodos (Kleppel, 1993). Las mayores concentraciones de clorofila se detectan en primavera (2-4 mg/m³) y en otoño (1-2 mg/m³). En este sistema turbulento, donde la capa de mezcla está limitada por la profundidad, las diatomeas prevalecen durante todo el año (Carreto et al., 1995). Según Cepeda et al. (2012), el sistema estuarino de El Rincón entre los 39°S y 41°S se caracteriza por la homogeneidad vertical debido a las forzantes de marea. Según puede observarse en la Figura 6.1 (b y c), uno de los máximos de clorofila Figura 6.1 (a) ubicados en el sector este del sistema, coincide con el máximo de la fracción mayor mientras que el otro máximo de clorofila coincide con el máximo de la fracción menor. Curiosamente, en la zona costera cercana a Pehuen-co y Monte Hermoso los indicadores químicos de las poblaciones de zooplancton no coincidieron espacialmente con la distribución de clorofila. Posiblemente, en ese sector más cercano a la costa suceda lo expresado en el trabajo de Popovich et al. (2008), donde manifiesta que el pastoreo como mecanismo de regulación es incierto, pero que podría ser de importancia teniendo en cuenta la situación en que se encuentre la producción secundaria en el sistema.

Es interesante mencionar también que los valores más altos de aminoácidos totales en el mesozooplancton coincidieron también con los valores más altos de seston descriptos en el capítulo anterior. Si bien las correlaciones entre los aminoácidos medidos en seston y en ambas fracciones del mesozooplancton no fueron significativas, la distribución espacial en superficie mostró asociaciones en sectores particulares. Al igual que como ocurrió con la clorofila, las coincidencias fueron parciales y el valor más alto de la fracción mayor coincidió con el valor más alto de seston ubicado al norte del sistema en tanto que la

fracción menor coincidió con el máximo ubicado más al sur del sistema de El Rincón. Esto plantea cierta diferenciación en la ubicación de las comunidades de organismos zooplanctónicos de la zona en estudio que se observan diferencialmente distribuidos. Según explica Cepeda et al. (2012), la ocurrencia regular de pequeñas especies de copépodos y cladóceros es distintivo de varios sistemas costeros. La implementación de diferentes estrategias para maximizar la reproducción y supervivencia y la habilidad para alimentarse de otras partículas que no sean fitoplancton (por ejemplo detritus), contribuye a la abundancia de copépodos de menor tamaño en estos sistemas. Hay amplia evidencia que la dieta de los copépodos es frecuentemente diversa, compuesta por una gran variedad de tipos de alimentos (Kleppel, 1993).



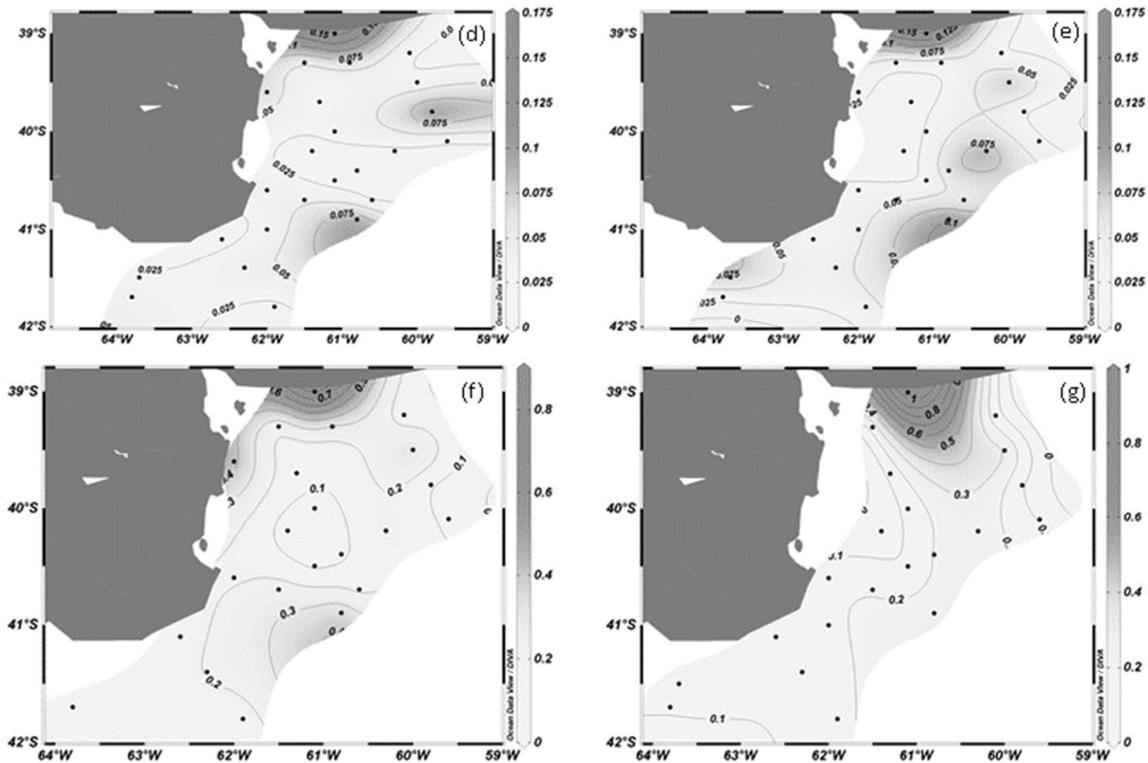


Figura 6.1. Distribución de concentración de clorofila medidos en $\mu\text{g/L}$ (a) (Cardona, 2016); de concentración de aminoácidos totales ($\mu\text{g/L}$) en la fracción A (b) y en la fracción b (c); biomasa (mg/L) en la fracción A (d) y en la fracción b (e); distribución de la concentración de quitina (mg/L) en la fracción A (f) y en la fracción b (g).

Según se observó en el capítulo anterior referido a seston en El Rincón, las imágenes compuestas de los mismos días en que se realizó la campaña oceanográfica, obtenidas de Ocean Color Web (Figura 5.4), la clorofila presentaba concentraciones homogéneas en toda la zona central de El Rincón de alrededor de $0,5 \text{ mg/m}^3$. Junto a la costa y estuario de Bahía Blanca la concentración aumentaba a $2,5 \text{ mg/m}^3$ en tanto que hacia el frente medio de plataforma las concentraciones de clorofila podían ascender a más de 10 mg/m^3 . Hacia dicho sector de la plataforma se determinaron las mayores concentraciones de aminoácidos totales en el mesozooplancton, al norte la fracción mayor y hacia el sur la fracción menor. Se ha descrito que en el área faunística costera que comprende el sistema de El Rincón, el 77% del

promedio de similitud lo caracterizan *Oithona nana*, *Oithona similis* (syn. *O. helgolandica*), *Pseudoevadge tergestina*, *Evadne nordmanni*, *Podon intermedius*, *Pleopis polyphemoides* encontrándose también presentes *Centropages brachiatus*, *Ctenocalanus vanus*, *Paracalanus parvus*, *Parvocalanus crassirostris*, *Calanides carinatus*, *Calanus australis*, *Calanus simillinus*, *Acartia tonsa*, *Drepanopus forcipatus*, *Clausocalanus brevipes*, *Oithona atlántica*, *Euterpina acutifrons*, *Microsetella norvegica* (Cepeda et al., 2012). Estos antecedentes sobre la composición de especies de mesozooplancton presentes en el sistema bajo estudio estarían determinando entonces la distribución en el sistema de los componentes químicos que nosotros medimos. La situación observada por nosotros junto con otros antecedentes (Aua y Martos, 2012) nos lleva a pensar que El Rincón es una zona física y biológicamente única en el litoral argentino (Pájaro et al, 2008; Lucas et al., 2005) debido a su dinámica, que a menudo crea un área potencial de retención (Bakun y Parrish, 1991) utilizada por ejemplo para el desove de ciertas especies de peses.

6.3 Análisis del contenido de aminoácidos en el mesozooplancton en la región de estudio y su relación con el cociente C/N

Se analizaron las diferencias entre las fracciones de mesozooplancton (A y b) considerando cada aminoácido y aminoazúcar por separado. Para ninguno de los componentes analizados se encontró una diferencia significativa distinguiendo a las fracciones estudiadas. A pesar de la existencia de cierta diversidad de especies en el mesozooplancton de la región como quedó anteriormente establecido, las diferencias en la constitución del conjunto de organismos presentes en cada fracción no fueron reflejadas en los resultados de los análisis estadísticos aplicados. Incluso en el análisis realizado entre las dos fracciones muestreadas, cuando se tomó como elemento de observación el cociente de carbono/nitrógeno, tampoco pudo determinarse que hubiera alguna diferencia de significación entre éstas. Aunque la química de los seres vivos está limitada por la necesidad de tener una cierta representación de las

principales biomoléculas como el ADN, ARN, proteínas, lípidos, etc., hay suficiente flexibilidad en estas asignaciones que tienen las diferentes especies lo que las hace no ser idénticas en su contenido químico. El nicho de un animal se define por numerosos factores ecológicos, incluyendo el clima, la estructura física del hábitat, la presencia o ausencia de depredadores, etc. Algunas dimensiones de nicho son importantes estequiométricamente, probablemente estas dimensiones estequiométricas son más significativas para los detritívoros, que consumen alimentos no vivos que pueden tener un contenido muy bajo en nutrientes, mientras que son a menudo muy importantes para los herbívoros, debido a las diferencias mencionadas en C: P y C: N entre biomasa vegetal y animal (Sterner y Elser, 2002). Los cambios estacionales en contenido de C y N están bien documentados en los copépodos marinos de zonas templadas y boreales donde realizan una acumulación de lípidos para sobrevivir la temporada de invierno (Andersen y Hessen, 1991), pero no para el Mar Argentino. Dado que el sector de estudio presenta escasas variaciones de temperatura en la superficie del mar en el momento en que se realizaron los muestreos, podría pensarse que los organismos constituyentes de ambas fracciones encontradas en ese momento estaban en una situación fisiológica similar, habiendo perdido durante el invierno las reservas y en vías de alimentarse para recuperarlas para poder reproducirse y pasar el siguiente periodo invernal. Según los estudios de Andersen y Hessen (1991) sobre procesos de reciclado de nutrientes, la limitación por nitrógeno en el fitoplancton se da en comunidades planctónicas constituidas predominantemente por especies de pequeño tamaño en tanto que las que son dominadas por especies grandes están limitadas por el fósforo. Según lo observado en la Figura 5.8 del capítulo referido al seston en el sistema de El Rincón, el ión fosfato se encontró en la mayor parte del sistema en concentraciones no limitantes, tal como ha sido descrito por otros autores para este sector (Carreto et al., 1995).

Si bien se podría esperar que la distribución de los nutrientes condicione la distribución de los organismos en estudio, es factible especular que dicho fenómeno no llega a observarse claramente en primavera a raíz de la

abundancia de los primeros; en tanto que en el verano, cuando los nutrientes ya fueron consumidos, se notarían las limitaciones del sistema y podrían diferenciarse las fracciones en el mesozooplancton. Según Negri et al. (2013), en verano se observa una heterogeneidad fitoplanctónica en el sistema, que pensamos que podría condicionar el desarrollo de las especies del mesozooplancton según el tipo de organismo que prede. Vale mencionar por otra parte que los copépodos son capaces de seleccionar alimentos en particular de acuerdo a su calidad y pueden discriminar partículas después de recolectarlas ya sea para su ingestión o rechazarlas. Así es que en experimentos de incubación, la alimentación de copépodos sobre el fitoplancton de origen natural tiende a ser preferencialmente sobre la clase de tamaño dominante (pico de biomasa) independientemente del tamaño (Perissinotto, 1992).

Para dimensionar la relación de contenidos de carbono y nitrógeno en las fracciones estudiadas en comparación con los del seston, se graficaron los valores medios en gráficos box plot (Figuras 6.2 y 6.3). En los gráficos puede observarse la escasa diferencia de contenido de nitrógeno y carbono entre las fracciones de mesozooplancton en tanto que en el seston el contenido de estos elementos es hasta un par de órdenes de magnitud mayor. Puede deducirse que el aporte a la materia particulada en suspensión de estos elementos es mínima por parte del mesozooplancton, en tanto que el resto del contenido en el material particulado se debe a otras fuentes como el fitoplancton, microzooplancton y bacterias presentes en el sistema.

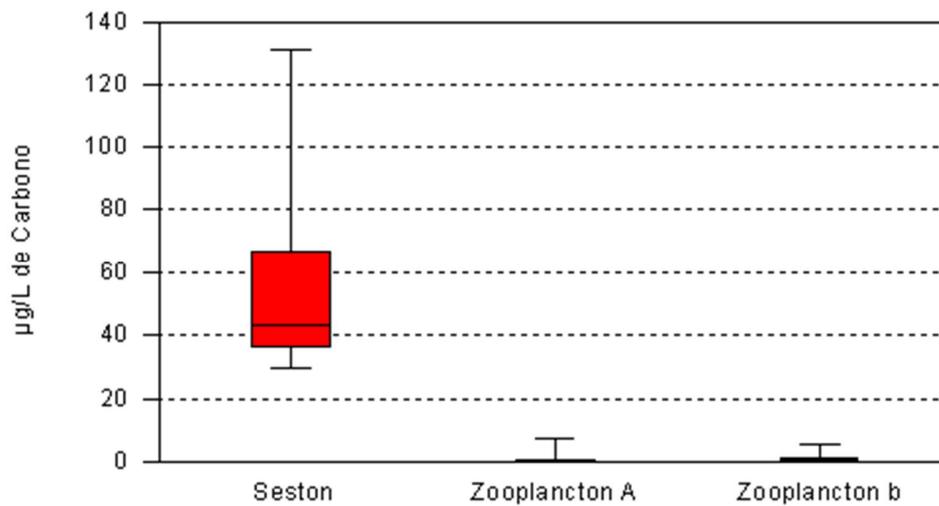


Figura 6.2. Concentración de carbono orgánico en seston, zooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (A) y de fracción ≥ 200 μm (B), de aguas superficiales en la región de estudio de El Rincón.

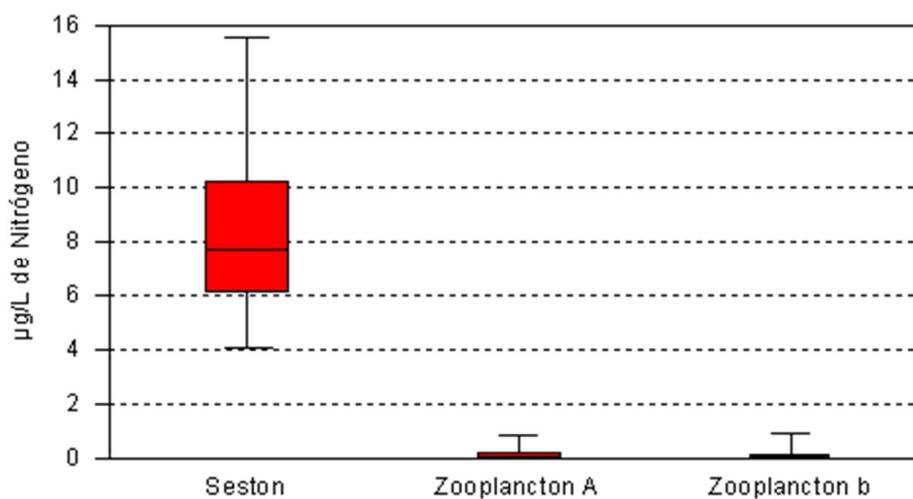


Figura 6.3. Concentración de nitrógeno orgánico en seston, zooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (A) y de fracción ≥ 200 μm (B), de aguas superficiales en la región de estudio de El Rincón.

Se calculó el cociente carbono/nitrógeno con el objetivo de comparar las fracciones de diferente tamaño de zooplancton con el de seston en el sistema bajo estudio. Se observa que los rangos de valores son similares para las tres fracciones siendo la fracción de tamaño más pequeña del zooplancton la que presenta valores medios algo mayores, como puede observarse en la figura 6.4. Entre fracciones de zooplancton se podría explicar que la leve diferencia entre estas se debe a velocidades de crecimiento desiguales que se inician con la primavera para recuperar energías para la reproducción y el desarrollo. Según Walve y Larson (1999), es característico de organismos adultos contener altas concentraciones de carbono y bajas de nitrógeno. Esta relación determinaría cocientes altos de C/N en organismos que llegan a la adultez. Según nuestros resultados que se muestran en la Figura 6.4 podría pensarse que el zooplancton b, de menor tamaño, tenía un mayor grado de desarrollo en el momento en que se realizó el estudio en el mes de octubre. También, estos autores relacionan positivamente el contenido de carbono, el cociente C/N y el tamaño de los individuos, determinando que especies más grandes contendrían mayor capacidad de almacenamiento de lípidos, proceso fisiológico que aprovechan a realizar durante el periodo de primavera y verano. Esta condición se alcanzaría al final del periodo de desarrollo, ya en el verano. Dado que nuestro muestreo se realizó en primavera, probablemente las especies de desarrollo más rápido fueron las que pudieron acumular hasta ese momento algo más de lípidos (fracción b).

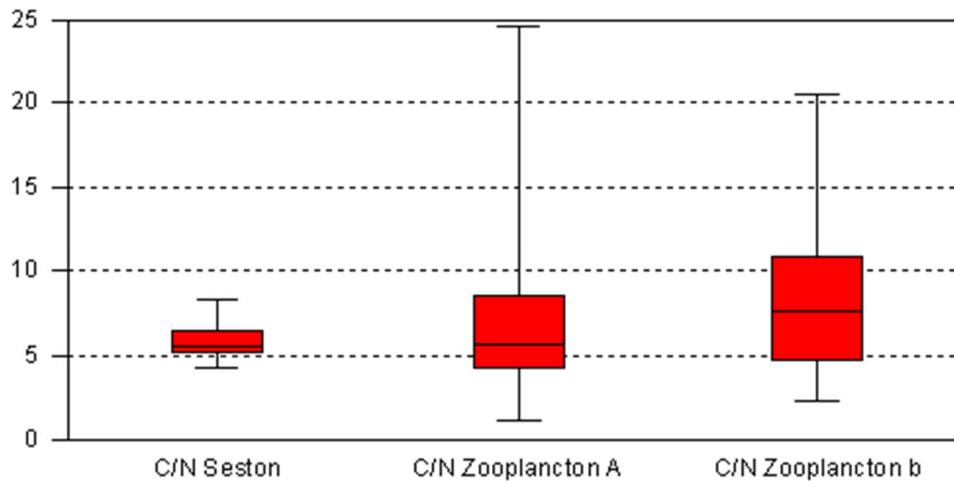


Figura 6.4. Cociente de carbono-nitrógeno en seston, zooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (A) y de fracción $\geq 200 \mu\text{m}$ (b), de aguas superficiales en la región de estudio de El Rincón.

En cuanto al seston, los autores anteriormente citados determinaron en su estudio realizado en el Mar Báltico que el patrón de cambio de carbono y nitrógeno es similar a lo largo del año por lo que el cociente C/N se mantiene relativamente constante con un valor medio de $7,2 \pm 0,6$. En nuestro trabajo los resultados que obtuvimos fueron similares a dicho valor como puede observarse en la Figura 6.4. Según describió Tengberg et al. (2003) un sedimento superficial con C/N de 12,4 estaba envejecido y refractario en tanto que el material fresco tenía un C/N de 6,7 similar al nuestro.

Es interesante comparar lo que ocurría en el seston recolectado de aguas superficiales en la zona del talud continental durante la primavera en la Campaña Oceanográfica Concacen PD 2009 tratada en el capítulo correspondiente al seston de dicha campaña. El valor promedio del POC de la zona del talud fue de $52 \mu\text{g/L}$, un valor similar al registrado en el sistema de El Rincón, en tanto que el cociente C/N fue de 5,29. Por su parte, el valor promedio del cociente C/N en El Rincón fue de 5,95. Hay que destacar que en el sector se observó cierta diferencia entre el sector norte y sur del talud a favor del primero que mostró los niveles más altos tanto de POC como de C/N.

En el trabajo realizado por Frigstad et al. (2011), la proporción estimada de carbono: nutrientes de los organismos fitoplanctónicos vivos autotróficos fue, en general, menor a la relación de Redfield, mientras que el cociente carbono: nutrientes de los organismos no autotróficos fue mayor que el cociente de los autótrofos y fue mayor o similar al cociente de Redfield. Esto es debido a la mineralización preferencial de nutrientes. En su trabajo, se observó que las características de las masas de agua y la dinámica de la floración fitoplanctónica fueron los motores más importantes que afectaron a la relación C:N. Según estos autores los valores más bajos se registraron en primavera, aumentando desde el periodo de pre a postfloración. Así es que los valores de C/N de seston obtenidos en nuestro trabajo podrían incrementarse algo más a medida que se desarrolla la estación de verano.

Es importante además analizar la contribución al seston en el estrato superficial del material inorgánico en suspensión en un sector de baja profundidad como es el sistema de El Rincón.

Los tipos más comunes de partículas encontradas en sedimentos de los márgenes continentales son materiales silicocláticos producidos por erosión de materiales terrígenos que incluye materiales arcillosos (cuarzo, feldespato y mica) y los tamaños de partícula en los sedimentos costeros van desde arenas a arcillas limosas (Liebes, 2009).

En algunos sistemas estuarinos, existe un frente de turbidez bien desarrollado debido a la floculación de la materia suspendida en el borde de la intrusión de sal, y a la resuspensión de sedimentos debido a la agitación de las mareas. En algunas situaciones, las aguas, ya sea de un río o de un estuario difunden sobre la plataforma continental pudiendo tener un fuerte impacto en la distribución de las propiedades del agua, de los sedimentos y la biota (Acha et al., 2015). Los procesos de resuspensión se producen dependiendo de varios factores tales como la erosionabilidad del sedimento y la velocidad de cizallamiento (Tengberg et al., 2003). Además, estos autores explican que la resuspensión puede ser causada por eventos naturales, tales como fuertes vientos, las corrientes de marea y las actividades biológicas (Graf y Rosenberg,

1997), o por perturbaciones antropogénicas, tales como la pesca de arrastre y el dragado. Hasta la fecha, las forzantes ambientales de la composición de la materia orgánica particulada en estuarios han sido poco investigadas. Sin embargo, se ha destacado el forzamiento de los parámetros físicos (descarga de agua y la velocidad y dirección del viento) en los procesos de resuspensión de SPM y la composición de POM (Savoye et al., 2012).

El estuario de Bahía Blanca, es un estuario mesomareal, de alta turbidez, y se caracteriza por una zona interna eutroficada. El material particulado en suspensión varía en respuesta a la temporada, con concentraciones máximas en el verano y los niveles mínimos durante los meses de invierno (Menendez et al., 2015). Una fuente importante de material particulado en suspensión es generada por la actividad de construcción de galerías por parte del cangrejo *Neohelice granulata* (el bioturbador más importante en el estuario), que es alta en los meses de verano, sumado a la actividad de desagregación de la superficie de la marisma por *Spartina alterniflora* en verano cuando su actividad es máxima. Por otra parte los fuertes vientos sureste y Noroeste, típicos de la primavera y el verano, afectarían la circulación estuarina de las olas, las mareas de tormentas, y las variaciones del nivel del mar (Menéndez et al., 2015). Estudios llevados a cabo por Guinder et al. (2009), sugieren que las precipitaciones locales podrían ser uno de los factores que favorecen la turbidez del agua en el estuario de Bahía Blanca probablemente por removilización de sedimentos desde los fondos y las islas circundantes.

Las variaciones de altura entre el continente y el mar son mínimas y el aporte de sedimento al estuario por parte de los ríos y del viento es prácticamente nulo. La distribución genérica de los materiales sedimentarios es una consecuencia directa de la dinámica del ambiente. Los sedimentos más finos (limos y arcillas) que conforman los materiales cohesivos se transportan en suspensión dentro de la totalidad de la columna de agua, de allí el alto grado de turbidez del agua del estuario y solo pueden depositarse bajo condiciones de muy baja o nula energía ambiental (Cuadrado y Pizani, 2007).

En la mayoría de los sedimentos ubicados en la zona de interfase agua-sedimento, la materia orgánica forma una pequeña fracción (<10% P/P) del material presente (Mayer, 1993). Según publicó en el mismo trabajo el contenido de carbono orgánico en sedimentos con partículas de áreas de $1-40 \times 10^{13} \mu\text{m}^2/\text{g}$ es de 1-40 mg/g de carbono orgánico. Se cree que los minerales unidos a la materia orgánica que sirven de lastre durante el descenso en la columna de agua también servirían para proteger físicamente la materia orgánica de la degradación en la columna de agua, ya sea a través de la adsorción de la materia orgánica en granos minerales o por encapsulación (Thunell et al., 2007).

Guinder et al. (2009) reportaron que en Puerto Cuatrerros dentro de la zona interna del estuario de Bahía Blanca la concentración de material particulado en suspensión en primavera es de 277 mg/L en tanto que el promedio anual es de 77,6 mg/L. A demás encontraron una correlación positiva entre la materia orgánica particulada y la biomasa fitoplanctónica pero la proporción de ésta en la cantidad de materia orgánica particulada fue baja. Por su parte, Menéndez et al. (2015), registraron un valor medio de material particulado en suspensión de 97,3 mg/L y un POM de 1539 $\mu\text{g}/\text{L}$ de carbóno en su trabajo realizado en la misma zona interna del estuario de Bahía blanca.

En el trabajo publicado por Savoye et al. (2012) realizado en el estuario del río Gironne en Francia, que se caracteriza por tener alta turbidez, la materia particulada en suspensión promedio era de 200 mg/L aproximadamente y el contenido de carbono orgánico del SPM estaba entre 1,5% a 2%.

En nuestro trabajo realizado en El Rincón, el valor promedio de materia particulada en suspensión en mar abierto fue de 27,83 mg/L, una décima parte de los valores del Estuario de Bahía Blanca, en tanto que el valor más alto (36,7 mg/L) se registró en la estación costera 34 de la grilla de muestreo mientras que el valor más bajo (8,58 mg/L) junto a la desembocadura del Rio Negro. Según las estimaciones que realizamos (estimación indirecta a través del cálculo de la recta de regresión de la materia total en suspensión y la materia orgánica en el seston), cerca de 23 mg/L correspondería a materia

inorgánica en suspensión. En estuarios como el caso del Estuario de Bahía Blanca, la materia orgánica particulada y el SPM está compuesta por una mezcla de ambas materia orgánica particulada autóctona y alóctona procedente de los ambientes acuáticos, terrestres y / o antropogénicos y las bacterias también pueden aportar una fuente importante de POC (Savoye et al., 2012).

Por su parte, la relación entre la concentración de aminoácidos totales y el carbono orgánico en las muestras de mesozooplankton en el sistema de El Rincón obtenidas del estrato superficial mostró diferencias en la relación de estas variables en las dos fracciones analizadas. Por un lado para la fracción mayor el valor de correlación fue alto ($r=0,97$, $n=20$, $p<1,13\times 10^{-12}$) en tanto que para la fracción menor fue solo de ($r=0,44$, $n=22$, $p<0,04$). Esto deja de manifiesto ciertas diferencias entre los organismos que componen las comunidades planctónicas.

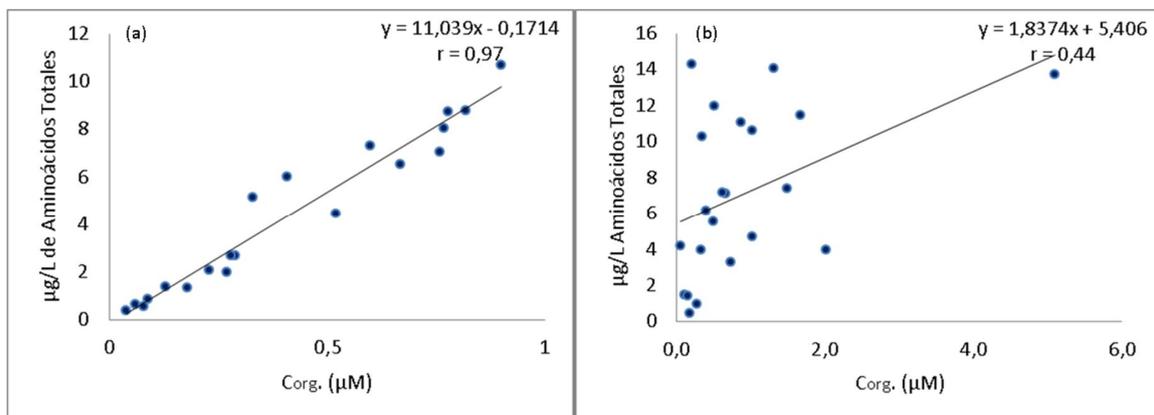


Figura 6.5. Curva de regresión entre la concentración de aminoácidos totales ($\mu\text{g/L}$) y el $C_{\text{org.}}$ (μM) en la fracción A (a) y en la fracción b (b) del zooplankton de aguas superficiales en la región de estudio de El Rincón.

El excelente nivel de ajuste de la recta que obtuvimos en el caso de la fracción mayor posibilitaría la aplicación de la ecuación para calcular a partir del

contenido de carbono orgánico de una muestra de mesozooplancton la cantidad de aminoácidos totales que esta contendrá:

$$Y=11,039X - 0,1714$$

La distribución del POC que se observa en la Figura 6.6 (b) plantea la incógnita de si el patrón de distribución en el sistema de El Rincón tiene relación con el sistema de circulación anticiclónico discutido en el capítulo anterior.

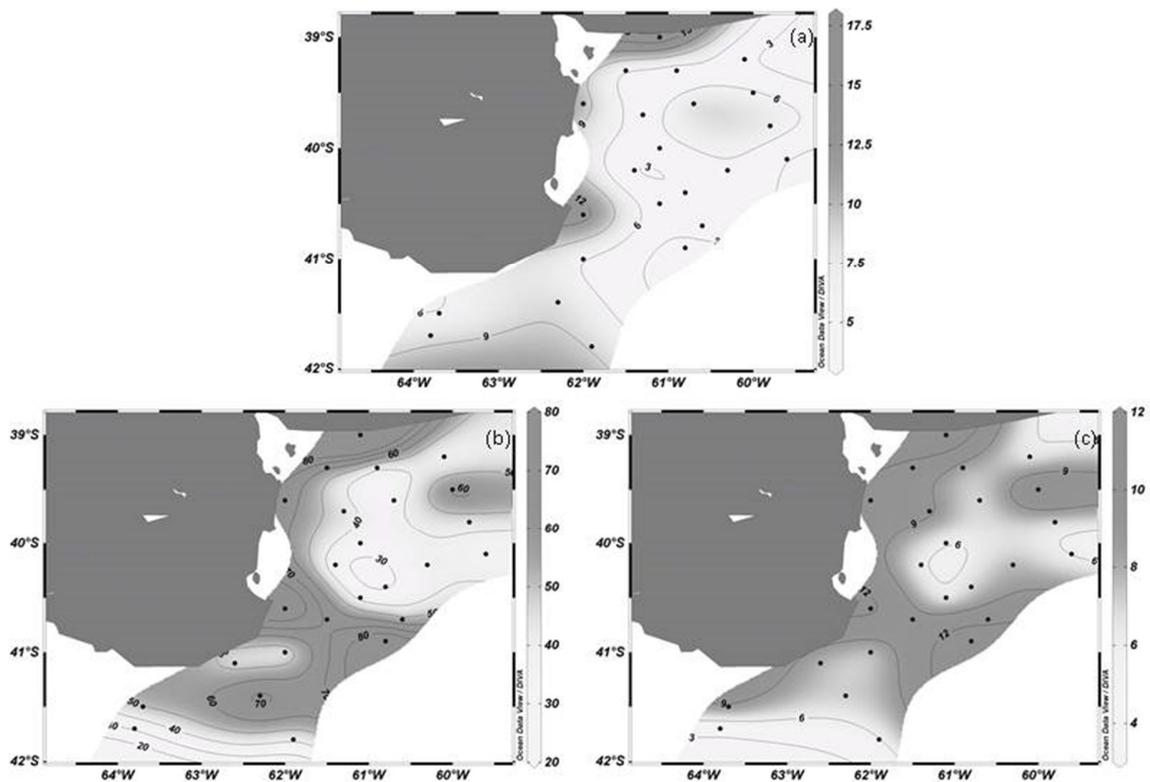


Figura 6.6. Distribución de seston en términos de biomasa (mg/L) (a), POC (μM) (b) y PON (μM) (c) en aguas superficiales de El Rincón.

6.4 Análisis de contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales en el mesozooplancton

Se analizaron también mediante estudios de regresión los aminoácidos diferenciados en esenciales y no esenciales, según la categorización descrita en capítulos anteriores, en las dos fracciones del mesozooplancton, la fracción A y la fracción b. Para ambas categorías de aminoácidos se observó la existencia de una relación directa y positiva de aumento de sus concentraciones a medida que aumentaba la biomasa de los organismos en ambas fracciones teniendo una mayor pendiente de cambio la fracción de mayor tamaño.

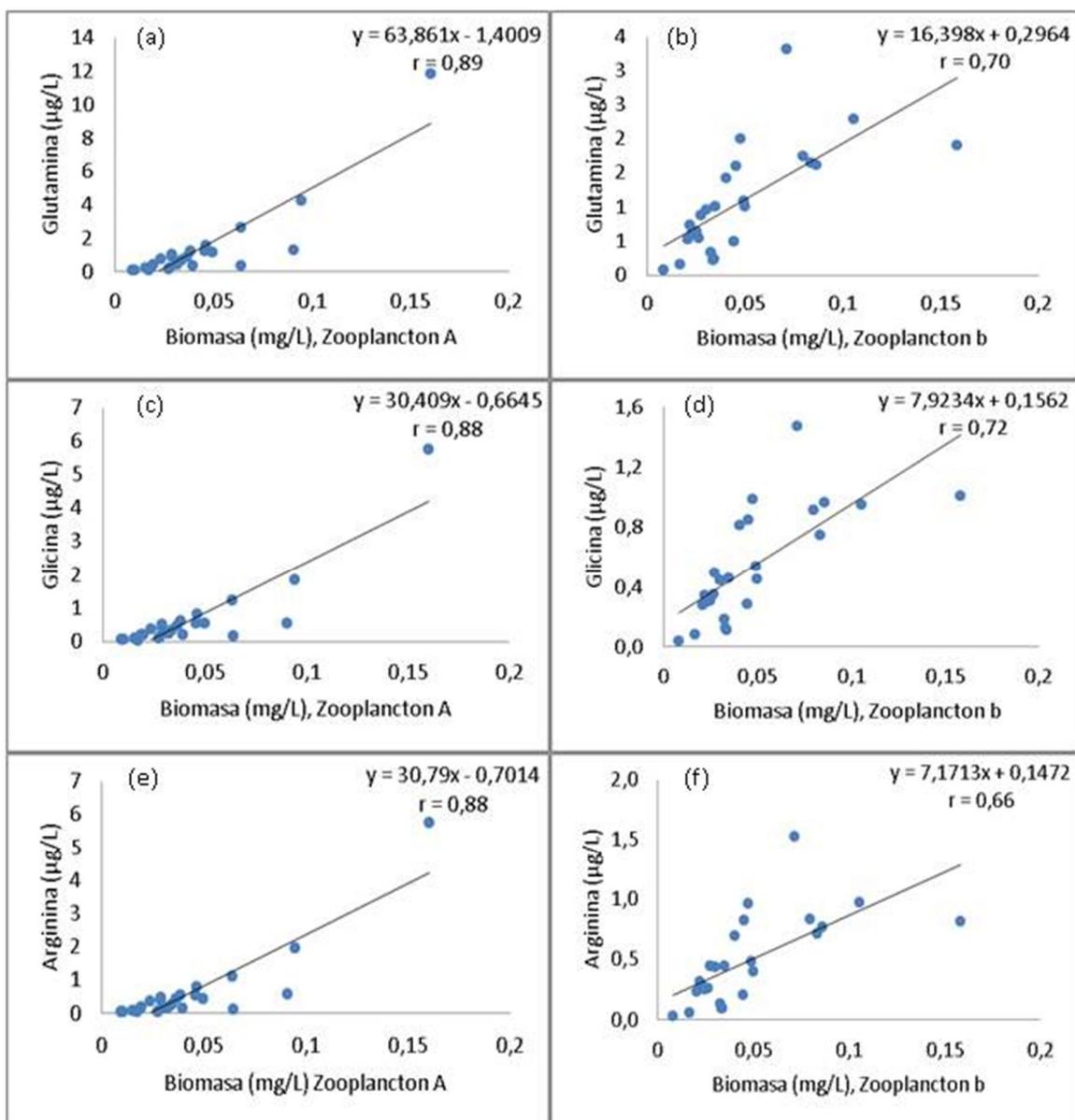


Figura 6.7. Curva de regresión entre la biomasa zooplanctónica de la fracción A y b, y la concentración de aminoácidos particulares en aguas superficiales en la región de estudio de El Rincón. Gráficos (a y b) glutamina, (c y d) glicina, (e y f) arginina, (g y h) leucina, (i y j) licina, (k y l) arginina. Fracción A n=24, p<0,00, fracción b n=25, p<0,00.

Por otra parte, las diferencias entre categorías de las medias de aminoácidos esenciales y no esenciales fueron significativas en ambas fracciones siendo en

la fracción A más marcada la diferencia a favor de los no esenciales. Ello, como se puntualizó en el capítulo tres, podría deberse a los requerimientos fisiológicos durante el proceso de desarrollo y crecimiento que se da durante la primavera en la comunidad zooplanctónica.

El análisis de regresión múltiple para biomasa, que se realizó teniendo en cuenta los aminoácidos mayoritarios así como la glucosamina y la clorofila, dejaron de manifiesto que la serina y glucosamina se modifican significativamente cuando se producen cambios en la biomasa del mesozooplancton de mayor tamaño en tanto que los otros aminoácidos no lo hacen en forma significativa. Por otro lado la glicina es el único aminoácido que se ve afectado significativamente por los cambios que se dan en la biomasa del mesozooplancton de la fracción menor. Además se determinó la influencia que pudiera tener sobre los valores de biomasa las variaciones en la clorofila y se pudo determinar que ésta no influye significativamente sobre la biomasa de la fracción mayor del zooplancton en tanto que si lo hace sobre la biomasa de la fracción menor. Esto deja de manifiesto posibles relaciones ecológicas e interacciones tróficas particulares entre organismos fito y zooplanctónicos en el sector. En este sentido Santos y Ramirez (1995), expresaron en su trabajo realizado en el frente térmico de Península de Valdés, que existe una mayor complejidad en las relaciones interespecíficas que determinan el comportamiento de las comunidades biológicas. En su trabajo describen el desacople entre el fito y el zooplancton como consecuencia de la exclusión de este último por la presencia de dinoflagelados y no descarta tampoco la predación de copépodos por parte de ctenoforos. La existencia de fuentes alternativas de alimento (por ejemplo protozoos) también representar un componente importante de la dieta del mesozooplancton en ecosistemas poco productivos (Agawin et al., 2000). Esta habilidad de comer diferentes tipos de alimentos (omnivoría) y la tendencia a incluir una variedad de alimentos en la ración diaria tal vez aumente la probabilidad de obtener una completa ración nutricionalmente completa (Kleppel, 1993).

Las concentraciones de aminoácidos totales en seston discutidas en el capítulo anterior fueron mayores que las concentraciones obtenidas en los dos tamaños del mesozooplancton estudiados con una diferencia a favor del primero de hasta un orden de magnitud en tanto que entre las fracciones del mesozooplancton las concentraciones estuvieron comprendidas en los mismos rangos. Esto vuelve a poner de manifiesto el escaso aporte de las fracciones mesozooplanctónicas estudiada al material particulado en suspensión presente en el sistema.

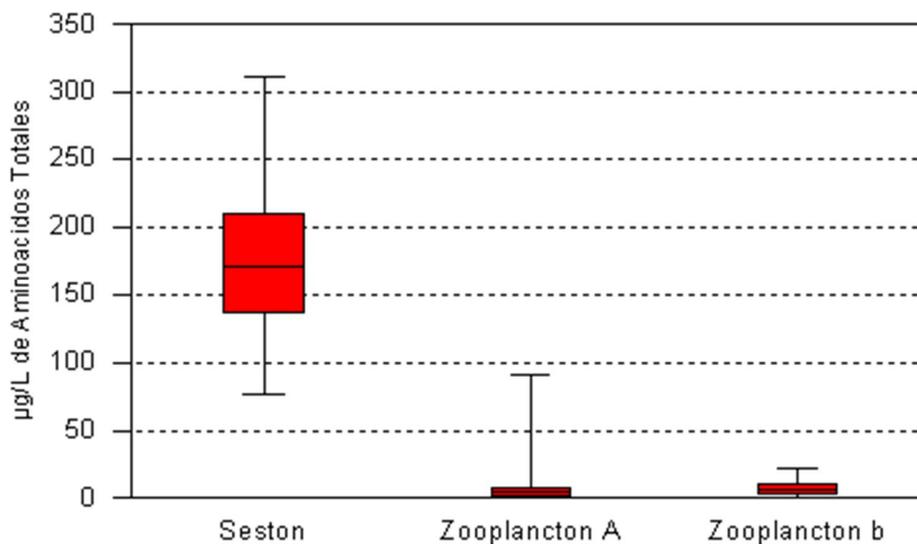


Figura 6.8. Concentración de aminoácidos totales en seston, zooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (A) y de fracción ≥ 200 μm (b), de aguas superficiales en la región de estudio de El Rincón.

6.5 Análisis del contenido de aminoácidos individuales

Los valores medios de cada uno de los aminoácidos mayoritarios y aminoazúcares determinados en las fracciones del mesozooplancton, se analizaron con el fin de profundizar sobre las condiciones existentes en la época de primavera (mes de octubre) en la zona de estudio de El Rincón y cuyos resultados se expresan en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Concentraciones medias de aminoácidos, aminoazúcares ($\mu\text{g/L}$) \pm D.E determinadas durante la estación de primavera en la zona interna de la Plataforma Continental Argentina. Los arrastres de red se realizaron de 20 a 0 metros de profundidad para el estrato superficial y desde el fondo hasta los 20 metros de profundidad en el caso del estrato subsuperficial.

| | Mesozooplancton $\geq 1,5$ mm | | Mesozooplancton ≥ 200 μm | |
|------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| | Estrato Superficial | Estrato Subsuperficial | Estrato Superficial | Estrato Subsuperficial |
| Aminoácidos | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ | $\mu\text{g/L}$ |
| Cis-Ox | $0,09 \pm 0,15$ | $0,04 \pm 0,04$ | $0,09 \pm 0,08$ | $0,04 \pm 0,03$ |
| Taurina | $0,27 \pm 0,63$ | $0,09 \pm 0,11$ | $0,14 \pm 0,22$ | $0,07 \pm 0,09$ |
| Sulfóxido de | | | | |
| Metionina | $0,01 \pm 0,05$ | $0,00 \pm 0,00$ | $0,01 \pm 0,01$ | $0,00 \pm 0,01$ |
| Asparagina | $0,86 \pm 1,53$ | $0,38 \pm 0,39$ | $0,82 \pm 0,91$ | $0,46 \pm 0,35$ |
| Treonina | $0,40 \pm 0,74$ | $0,17 \pm 0,18$ | $0,39 \pm 0,45$ | $0,22 \pm 0,17$ |
| Serina | $0,41 \pm 0,74$ | $0,18 \pm 0,19$ | $0,39 \pm 0,43$ | $0,23 \pm 0,17$ |
| Glutamina | $1,28 \pm 2,31$ | $0,55 \pm 0,57$ | $1,24 \pm 1,43$ | $0,69 \pm 0,52$ |
| Glicina | $0,61 \pm 1,11$ | $0,27 \pm 0,28$ | $0,63 \pm 0,79$ | $0,35 \pm 0,28$ |
| Alanina | $0,65 \pm 1,19$ | $0,27 \pm 0,30$ | $0,66 \pm 0,74$ | $0,38 \pm 0,29$ |
| Valina | $0,43 \pm 0,80$ | $0,18 \pm 0,18$ | $0,44 \pm 0,50$ | $0,24 \pm 0,18$ |
| Metionina | $0,12 \pm 0,25$ | $0,05 \pm 0,08$ | $0,12 \pm 0,16$ | $0,08 \pm 0,08$ |
| Isoleucina | $0,33 \pm 0,64$ | $0,13 \pm 0,13$ | $0,31 \pm 0,36$ | $0,17 \pm 0,13$ |
| Leucina | $0,65 \pm 1,19$ | $0,28 \pm 0,29$ | $0,64 \pm 0,73$ | $0,36 \pm 0,27$ |
| Tirosina | $0,37 \pm 0,65$ | $0,17 \pm 0,20$ | $0,42 \pm 0,49$ | $0,24 \pm 0,19$ |
| Fenilalanina | $0,37 \pm 0,69$ | $0,16 \pm 0,16$ | $0,34 \pm 0,36$ | $0,19 \pm 0,14$ |
| Glucosamina | $0,78 \pm 1,86$ | $0,35 \pm 0,44$ | $0,59 \pm 0,62$ | $0,34 \pm 0,27$ |
| Galactosamina | $0,04 \pm 0,11$ | $0,02 \pm 0,02$ | $0,03 \pm 0,03$ | $0,02 \pm 0,02$ |
| β -alanina | $0,02 \pm 0,04$ | $0,01 \pm 0,01$ | $0,02 \pm 0,02$ | $0,01 \pm 0,01$ |
| G-aba | $0,02 \pm 0,04$ | $0,01 \pm 0,00$ | $0,01 \pm 0,02$ | $0,01 \pm 0,01$ |
| Histidina | $0,18 \pm 0,35$ | $0,07 \pm 0,08$ | $0,16 \pm 0,18$ | $0,10 \pm 0,07$ |
| Ornitina | $0,04 \pm 0,09$ | $0,02 \pm 0,03$ | $0,02 \pm 0,03$ | $0,03 \pm 0,05$ |
| Lisina | $0,52 \pm 1,03$ | $0,21 \pm 0,21$ | $0,47 \pm 0,48$ | $0,27 \pm 0,21$ |
| Arginina | $0,60 \pm 1,12$ | $0,25 \pm 0,27$ | $0,58 \pm 0,73$ | $0,32 \pm 0,26$ |

Los valores de concentración medios obtenidos de las determinaciones de glicina en muestras de diferentes fracciones y profundidades nos permitieron observar que la distribución en la columna de agua de los organismos mesozooplanctónicos reflejados a través de este aminoácido parece no ser la

misma entre las muestras de la superficie y a mayor profundidad de la columna de agua. Sin embargo, estadísticamente no se comprobaron diferencias entre los valores de glicina de los organismos de la misma fracción en diferentes profundidades ni entre diferentes fracciones ubicadas en el mismo nivel de la columna de agua. Esto nos lleva a pensar que El Rincón, una región caracterizada por tener aguas poco profundas y por ser de alta productividad, presenta cierta estabilidad ambiental y la presencia de corrientes débiles, por lo cual los organismos tenderían a ubicarse preferentemente en primavera en la superficie de la columna de agua. Además, las imágenes de distribución de glicina del estrato superficial para cada fracción por separado nos permitió observar que los picos de concentración no se encontraban necesariamente en el mismo lugar dentro de El Rincón sino que en general las fracciones mostraban diferencias de distribución como puede observarse en la Figura 6.9. Es interesante notar que los máximos observados en el Este del sistema coinciden uno con un máximo de clorofila y el otro con otro máximo. Ello también quedó de manifiesto anteriormente en las concentraciones de aminoácidos totales.

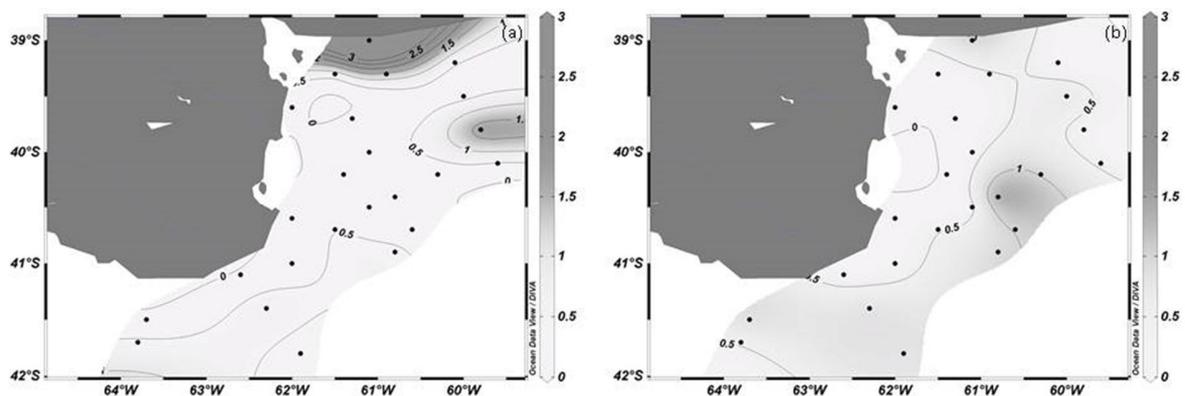


Figura 6.9. Distribución de glicina en mesozooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción ≥ 200 μm (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

La observación de concentraciones de otros aminoácidos mayoritarios como glutamina, alanina y serina permitió también reforzar el patrón de distribución de las comunidades zooplanctónicas que se desarrollan en este sistema costero descrito anteriormente con concentraciones de aminoácidos totales y con el

análisis de las concentraciones de glicina. A demás, el patrón de distribución de estos aminoácidos presenta cierta correspondencia con la distribución del PON la Figura 6.6 correspondiente la fracción mayor.

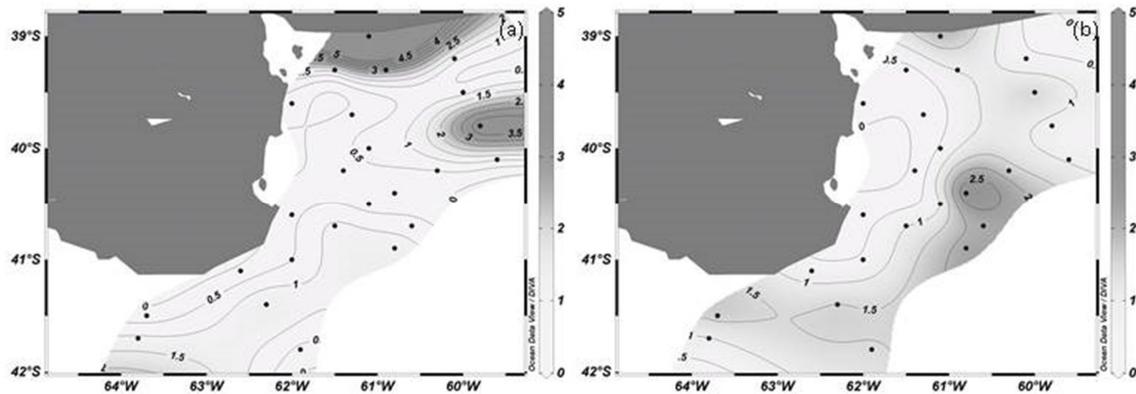


Figura 6.10. Distribución de glutamina en mesozooplankton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción ≥ 200 μm (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

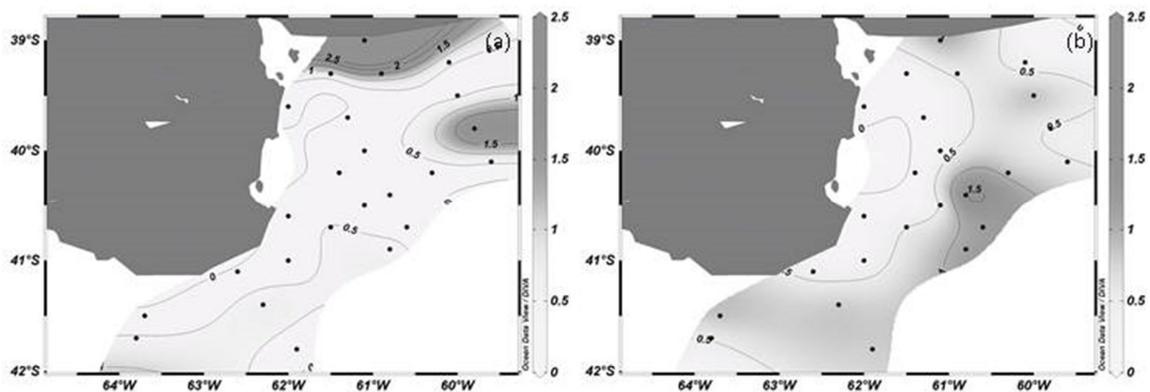


Figura 6.11. Distribución de alanina en mesozooplankton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción ≥ 200 μm (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

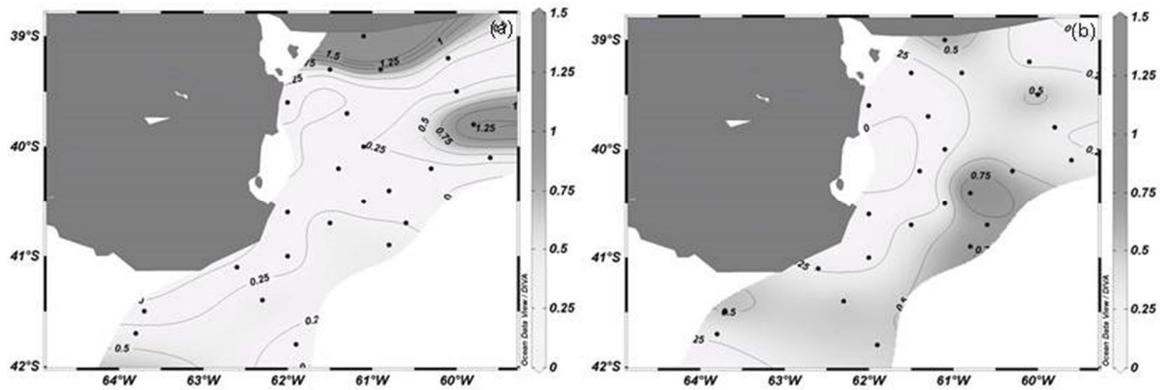


Figura 6.12. Distribución de serina en mesozooplankton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción ≥ 200 μm (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

La distribución de glucosamina (Figura 6.13) en organismos de aguas superficiales, que como se describió anteriormente constituye las estructuras de exoesqueletos de crustáceos, mostró también una distribución similar a la de los aminoácidos totales y particulares en las correspondientes fracciones. Ello deja el interrogante acerca de la constitución de la comunidad de organismos zooplanctónico y las relaciones ecológicas que pudieran tener lugar en la estación de primavera en el sistema de El Rincón.

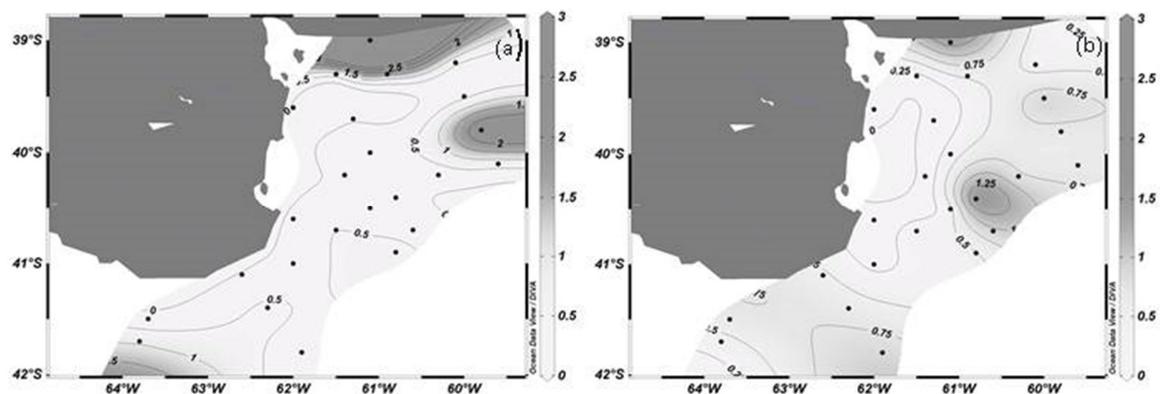


Figura 6.13. Distribución de glucosamina en mesozooplankton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción ≥ 200 μm (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

La distribución de galactosamina también mostró correspondencia con la de aminoácidos y la de glucosamina, relacionando los puntos de mayor consumo

primario con la proliferación bacteriana como puede observarse en la Figura 6.14. En este sentido, las variaciones de galactosamina estarían asociadas a la presencia de bacterias relacionadas a la actividad del zooplancton del estrato superficial y mostrando, tal como los otros componentes analizados anteriormente, variaciones en el patrón de distribución de la comunidad de organismos del sector y no a procesos de diagénesis detritica como los que se ven cuando la materia orgánica desciende a mayores profundidades en la columna de agua.

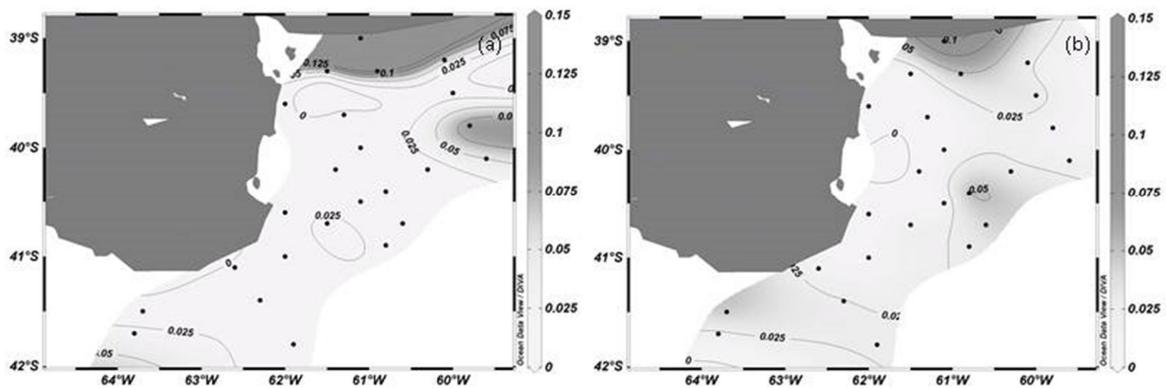


Figura 6.14. Distribución de galactosamina en mesozooplancton de fracción $\geq 1,5$ mm (a) y de fracción ≥ 200 μm (b) en aguas superficiales de la región de estudio.

6.6 Conclusión

Las distribuciones de temperatura y salinidad y clorofila no mostraron por sí solos ser los principales factores determinantes de la distribución de las comunidades zooplanctónicas en este sistema costero caracterizado por la presencia de corrientes débiles que tienen un patrón de circulación antihorario. Si bien la producción fitoplanctónica ocurre en forma explosiva en los meses de primavera de octubre y noviembre y ello moviliza los eslabones superiores de la cadena alimenticia, intervienen también otros factores muy importantes como los vientos y mareas que definen la existencia del frente de plataforma media que por su cercanía influye sobre la distribución de poblaciones biológicas del sistema.

A pesar de que la clorofila no mostró ser el único factor que determinó la distribución de los organismos zooplanctónicos en la totalidad de este sistema costero, sí se observó la coincidencia de sectores de altas concentraciones de clorofila con los de altas concentraciones de aminoácidos de alguna de las dos fracciones del mesozooplankton estudiadas. Así es que se constató que ciertos sectores del sistema son ocupados mayoritariamente por una de las dos fracciones del mesozooplankton y otros sectores son pastoreados mayoritariamente por la otra fracción.

Además se pudo determinar que es escaso el aporte de aminoácidos del mesozooplankton a la totalidad del material particulado en suspensión presente en la capa superficial. Ambas fracciones estuvieron un orden de magnitud por debajo de la concentración de aminoácidos del seston, donde la mayor parte probablemente, sea aportada por el fitoplancton, el bacterioplancton y el microzooplankton.

Pudimos también determinar que cierta proporción del seston es material inorgánico en suspensión y que puede ser de consideración cuando nos referimos a sistemas costeros o cercanos a estuarios. Las deposiciones en los deltas son comunes en las desembocaduras de los ríos con grandes flujos de partículas.

La sumatoria de diversos factores, aumentarían la turbidez hacia aguas abiertas del sistema costero El Rincón, entre ellos los fuertes vientos de primavera y verano, inducirían la erosión de las planicies de marea y marismas del sistema estuarial, las precipitaciones locales también aumentarían la turbidez del agua en el estuario de Bahía Blanca en dirección a aguas abiertas y los procesos de deshielo de los ríos patagónicos aportarían mayor volumen de agua dulce favoreciendo el arrastre de sedimentos hacia el mar.

El proceso de resuspensión también favorece al transporte de partículas a lo largo del fondo del mar por las corrientes y es causado por eventos naturales, tales como fuertes vientos, las corrientes de marea y las actividades biológicas o por perturbaciones antropogénicas. Todo ello determina la existencia de cierta concentración de material particulado en suspensión, en mayores cantidades dentro del estuario, siendo transportado hacia aguas abiertas y generando turbidez en los sistemas costeros. Es así que en el caso de El Rincón, existe un alto componente de la materia en suspensión de tipo inorgánica procedente de distintas fuentes, autoctonas y alóctonas, y que es movilizadas por estos fenómenos.

En la distribución espacial de superficie, los valores más elevados de aminoácidos totales en el mesozooplancton coincidieron también con los valores más altos en el seston. Al igual que como ocurrió con la clorofila, las coincidencias fueron parciales. Esto plantea cierta diferenciación en la ubicación de las fracciones del mesozooplancton en esta región que funcionaría como una zona de retención, debido probablemente, a la existencia de aguas con corrientes más lentas generadas por el sistema de circulación anticiclónico que permitirían un mayor tiempo de permanencia de los organismos.

No se encontró una diferencia que fuera de significación y que distinguiera por su constitución química a las fracciones estudiadas. Incluso en el análisis del cociente de contenidos de C/N, tampoco pudo establecerse que hubiera alguna diferencia de significación entre éstas. Podría pensarse entonces que los organismos constituyentes de ambas fracciones tenían en ese momento la misma constitución básica debido a que se hallaban con escasas reservas, habiéndolas consumido durante el invierno y en proceso de activación (pastoreo y predación), para poder continuar con el ciclo biológico. La distribución y abundancia de los nutrientes en aguas superficiales tampoco fueron estadísticamente determinantes de la distribución del zooplancton dada la abundancia de aquellos en primavera, mientras que en verano probablemente sí lo sean por ser consumidos en buena parte por el fitoplancton.

Del análisis de las pendientes del cociente C/N también pudimos inferir que las velocidades de crecimiento son desiguales entre las fracciones de tamaño del mesozooplancton, siendo más favorable hasta ese momento para la de menor tamaño. Estos resultados indicarían que a partir de la primavera y como consecuencia de tener diferentes metabolismos, los organismos de esta fracción se activan y comienzan a acumular reservas a mayor velocidad que los organismos más grandes. Sin embargo puede suceder, según indican otros estudios, que a medida que sigan avanzando las estaciones de primavera y

verano, las especies de mayor tamaño terminen acumulando más lípidos y por lo tanto consiguiendo un cociente de C/N mayor.

Comparando el POC y el cociente de C/N en seston del sistema de El Rincón con los del talud se pudo determinar que los valores promedios de POC eran similares en aguas superficiales en primavera y que el cociente C/N sugería ser menor para el segundo sistema lo que supondría el comienzo del proceso de activación biológica en la zona más costera para continuarse en dirección a aguas de plataforma media y talud. Los valores de seston obtenidos en nuestro trabajo podrían incrementarse algo más a medida que transcurra la estación de verano pero finalmente se esperaría que la mayor producción biológica se alcanzara en el talud, tal como lo describen los antecedentes bibliográficos.

Cabe además señalar que la relación entre el $C_{org.}$ y los aminoácidos totales en El Rincón fue diferente para las fracciones del mesozooplancton, con una buena correspondencia de estas variables en la fracción de mayor tamaño.

Se determinó también que el aumento de aminoácidos se da junto con el aumento de la biomasa en el mesozooplancton con una mayor pendiente de cambio en la fracción mayor, siendo la categoría de los aminoácidos no esenciales los que más aumentan. Hay que destacar que en ambas fracciones las diferencias entre los valores medios de aminoácidos esenciales y no esenciales también fueron significativas a favor de los no esenciales. Es así que los organismos de ambas fracciones respondieron aparentemente en forma diferente en la etapa de activación biológica durante la primavera observándose requerimientos fisiológicos distintos.

A través del análisis de regresión múltiple se pudo determinar que ciertos componentes moleculares presentan mayores cambios cuando se modifica la biomasa durante el proceso de crecimiento estival de los organismos. Además la modificación de las concentraciones de los bioindicadores estudiados fue diferencial para las fracciones del mesozooplancton, (serina y glucosamina se modifica significativamente en la fracción mayor mientras que la glicina lo hace en la fracción menor). Por otra parte, se pudo determinar que la variación de la clorofila influye sobre el aumento de la biomasa del mesozooplancton diferencialmente, siendo significativa sólo en la fracción menor. Esto sugiere que existen diferencias dietarias entre las fracciones y que los organismos de menor tamaño tendrían mayor protagonismo en los procesos de pastoreo sobre el fitoplancton en la primavera dentro del sistema en estudio.

En cuanto al comportamiento individual de los aminoácidos en el mesozooplancton se observó a través de la glicina, uno de los más importantes, que los organismos se ubican en sentido vertical preferentemente en el estrato más superficial de la columna de agua, en tanto que en sentido

horizontal, las fracciones se distribuyen diferencialmente en relación a los florecimientos fitoplanctónicos que se dan al mismo tiempo en todo el sistema. Estos patrones de distribución fueron determinados a partir de la observación de los aminoácidos mayoritarios (glutamina, alanina y serina) en tanto que el comportamiento de los aminoazúcares la glucosamina y la galactosamina también reforzó esta conclusión.

Bibliografía

- Acha E.M., Mianzan H. W., Guerrero R.A., Favero M., Bava J., 2004; Marine fronts at the continental shelves of austral South America Physical and ecological processes; *Journal of Marine Systems*; 44, 83-105.
- Acha E.M., Piola A., Iribarne O. and Mianzan H., 2015; *Ecological Processes at Marine Fronts*; Springer; ISSN 2191-5555.
- Agawin, N., Duarte C.M., and Agustí S., 2000; Nutrient and temperature control of the contribution of picoplankton to phytoplankton biomass and production. *Limnol. Oceanogr.*; 45, 591-600.
- Alder V.A. y Morales C.E., 2009; *Manual de métodos para el estudio de sistemas planctónicos marinos*; Eudeba, ISBN 978-950-23-1663-5.
- Allen y Garret, 1971; Taurine in Marine Invertebrates; *Advances in Marine Biology*; 9, 205-253.
- Andersen T. and Hessen D.O., 1991; Carbon, nitrogen, and phosphorus content of freshwater zooplankton; *Limnol. Oceanogr.*; 36, 807-814.
- Armitage M.E. and Morris R.J., 1982; The effect of changing environmental salinity on the free amino-acid composition of an estuarine population of *Neomysis integer* ; *Estuarine, Coastal and Shelf Science*; 14, 301-311.
- Avers C.J., 1991; *Biología Celular, segunda edición*; Grupo Editorial Iberoamericana; ISBN-968-7270-48-9.
- Azam F., Fenchel T., Field J.G., Gray J.S., Meyer-Reil L.A. and Thingstad F., 1983; The ecological role of water-column microbes in the sea; *Marine Ecology*; 10, 257-263.
- Auad and Martos, 2012; Climate Variability of the Northern Argentinean Shelf Circulation: Impact on *Engraulis Anchoita*; *International Journal of Ocean and Climate Systems*; 3; 17-43.
- Bakun A. y Parrish R.H., 1991; Comparative studies of coastal pelagic fish reproductive habitats: the anchovy (*Engraulis anchoita*) of the southwestern Atlantic; *Journal Marine Science*; 48, 343-361.
- Bauer J.E. and Druffel E.R.M., 1998; Ocean margins as a significant source of organic matter to the deep open ocean; *Letters to nature*; 392, 482-485.

- Benner R. and Kaiser K., 2003; Abundance of amino sugars and peptidoglycan in marine particulate and dissolved organic matter; *Limnol. Oceanogr.*; 48, 118-128.
- Bianchi A., Massonneau M., Oliveira R.M., 1982; Análisis estadístico de las características T-S del sector austral de la plataforma continental argentina. *Acta Oceanographica Argentina*; 3, 93-118.
- Bisbal G.A., 1995; The Southeast South American shelf large marine ecosystem; *Marine Policy*; 19, 21-38.
- Boreen A.L., Edhlund B.L., Cotner J.B. and Mc Neill K., 2008; Indirect photodegradation of dissolved free amino acids: the contribution of singlet oxygen and the differential reactivity of DOM from various sources; *Environ. Sci. Technol.*; 42, 5492-5498.
- Braker G., Ayala del Río H.L., Devol A.H., Fesefeldt A. and Tiedje J.M., 2001; Community structure of denitrifiers, bacteria, and archaea along redox gradients in pacific northwest marine sediments by terminal restriction fragment length polymorphism analysis of amplified nitrite reductase (*nirS*) and 16S rRNA genes; *Applied and Environmental Microbiology*; 67, 1893-1901.
- Burdige D.J. and Martens C.S., 1988; Biogeochemical cycling in an organic rich coastal marine basin: The role of amino acids in sedimentary carbon and nitrogen cycling. *Geochimica et Cosmochimica Acta*; 52, 1571-1584.
- Bussers J. and Jeuniaux Ch., 1974; Recherche de la chitine dans les productions métoplasmatiques de quelques ciliés; *Protistologica* 10, 43-46.
- Campagna C., Verona C. and Falabella V., 2005; Situación ambiental en la ecorregión del Mar Argentino. *Ecorregión Mar Argentino*; 323-353.
- Caniupan M., Villaseñor T., Pantoja S., Lange C.B., Vargas G., Muñoz P. and Salamanca M., 2009; Sedimentos laminados de la Bahía Mejillones como registro de cambios temporales en la productividad fitoplanctónica de los últimos ~200 años; *Revista Chilena de Historia Natural*; 82, 83-96.
- Cañas P.D., 2002; Biological and nutritional role of taurine and its derivatives; *Revista Chilena de Nutrición*; 29, 3.
- Cardona J., 2016; Identificación, cuantificación y dinámica de la materia orgánica disuelta en zonas frontales del Atlántico Sudoccidental. Tesis de doctorado en química; Universidad Nacional del Sur.

-Carreto J.I., 1992; INIDEP, Informe Técnico 1; Seminario taller sobre la dinámica marina y su impacto en la productividad de las regiones frontales del Mar Argentino; Secretaría Ganadería y Pesca; Contribución INIDEP 841; ISSN, 0327-9642.

-Carreto J.I., 2001; Los ecosistemas del Mar Argentino, en: Boschi, E., Carreto, J., Ramírez, F., Sorrarain, D., Sánchez, F. (Eds.), Ecosistemas del Mar Argentino, sectores y conjuntos pesqueros. Inf. Tec. Inst. Nac. Invest. Des. Pesq. Argentina 6, 2-8.

-Carreto J.I., Lutz V.A., Carignan M.O., Cucchi Colleoni A.D., De Marcos S.G., 1995; Hydrography and chlorophyll a in a transect from the coast to the shelf break in the Argentinean Sea; Cont. Shelf Res; 15(23), 315-336.

-Carreto J.I., Negri R., Benavides H., 1981; Fitoplancton, pigmentos y nutrientes. Resultados de las campañas III y VI del B/I "Shinkai Maru", 1978; Contrib. Inst. Nac. Inv. Des. Pesq., Argentina; 383, 181-201.

-Cepeda G.D., Di Mauro R., Martos P. and Viñas M.D., 2012; A section-sampling design to assess zooplankton distribution in a highly complex hydrographic region (SW Atlantic Ocean, 34-41 °S): Insights for a new time series?; Brazilian Journal of Oceanography; 60 (3), 381-390.

-Cervetto G. Gaudy R. and Pagano M., 1999; Influence of salinity on the distribution of *Acartia tonsa* (Copepoda, Calanoida); Journal of Experimental Marine Biology and Ecology; 239, 33-45.

-Ciechowski J.D. and Sanchez R.P., 1983; Relationship Between Ichthyoplankton Abundance and Associated Zooplankton Biomass in the Shelf Waters off Argentina; Biological Oceanography; 3 (1), 77-101.

-Cowey C.B. and Corner E.D.S., 1963; Amino acids and some other nitrogenous compounds in *Calanus finmarchicus*; Journal of Marine Biology Ass.; 43, 485-493.

-Cowie G.L. and Hedges J.I., 1992; Sources and reactivities of amino acids in a coastal marine environment. Limnol. Oceanogr.; 37, 703-724.

-Cowie G.L. and Hedges J.I., 1994; Biochemical indicators of diagenetic alteration in natural organic matter mixtures; Letters to Nature; 369, 304-307.

-Cuadrado D.G y Pizani, N.V., 2007; Identification of Microbially Induced Sedimentary Structures over a tidal flat; Latin American Journal of and Basin Analysis; 14, 105-116 (ISSN 1851-4979).

- Dabrowski K. and Rusiecki M., 1983; Content of total and free amino acids in zooplanktonic food of fish larvae; *Aquaculture*; 30, 31-42.
- D'Agostino R.B., Belanger A. and D'Agostino Jr. R.B., 1990; A suggestion for using powerful and informative test of normality; *The American Statistician*; 44 (4), 316-321.
- Dave D. and Poulicek M., 1988; in *Recherches Océanographiques en mer Méditerranée; Biologie, Chimie, Géologie, Physique*; I.R.M.A., ed.; 95-106.
- Davis J., Kaiser K. and Benner R., 2009; Amino acid and amino sugar yields and compositions as indicators of dissolved organic matter diagenesis; *Organic Geochemistry*; 40, 343-353.
- Dauwe B. and Middelburg J.J., 1998; Amino acids and hexosamines as indicators of organic matter degradation state in North Sea sediments. *Limnol. Oceanography*; 43, 782-798.
- Dauwe B., Middelburg J.J., Herman P. M.J., Heip C. H.R., 1999; Linking Diagenetic Alteration of Amino Acids and Bulk Organic Matter Reactivity; *Limnology and Oceanography*; 44, 7, 1809-1814.
- Degens E.T., 1970; Molecular nature of nitrogenous compounds in seawater and recent sediments; In: *Organic matter in natural waters*, Edited by Hood D.W., Institute of Marine Science, Alaska; 1, 77-106.
- Degens E. T., Reuter J.H., and Shaw K.N.F., 1964; Biochemical compounds in offshore California sediments and sea waters; *Geochimica et Cosmochimica Acta*; 28, 45-66.
- Demaison G. and Moore G.T., 1980; Anoxic environments and oil source bed genesis: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*; 64, 1179-1209.
- Depetris P.J., Gaiero D.M., Prost J.L., Hartmann J. and Kempe S., 2005; Biogeochemical output and typology of rivers draining Patagonian Atlantic seaboard; 21 (4), 835-844.
- Dogliotti A.I., Lutz V.A. and Segura V., 2014; Estimation of primary production in the southern Argentine continental shelf and shelf-break regions using field and remote sensing data; *Remote Sensing of Environment*; 140, 497-508.

- Druffel E.R.M., Williams P.M., Bauer J.E. and Ertel J.R., 1992; Cycling of dissolved and particulate organic matter in the open ocean; *Journal of Geophysical Research*; 97, 15639-15659.
- Duarte C.M. and Cebrián J., 1996; The fate of marine autotrophic production; *Limnol. Oceanogr.*; 41(8), 1758-1766.
- Emerson S.R. and Hedges J.I., 2008; *Chemical Oceanography and the Marine Carbon Cycle*; Cambridge University Press; ISBN-13 978-0-521-83313-4.
- Emerson S. and Hedges J.I., 2010; Processes controlling the organic carbon content of open ocean sediments; *Paleoceanography*; 3 (5), 621-634.
- Fanning K.A., Carder K.L. and Betzer D.R., 1982; Sediment resuspension by coastal waters: a potential mechanism for nutrient re-cycling on the ocean's margins; *Deep-Sea Research*; 29, 953-965.
- Ferguson C.F. and Raymond J.K.B., 1974; *Biochemical Studies on Marine Zooplankton*; *J. mar. biol. Ass*; 54, 719-725.
- Frigstad H., Andersen T., Hessen D.O., Naustvoll L.J., Johnsen T.M. and Bellerby R.G.J., 2011; Seasonal variation in marine C:N:P stoichiometry: can the composition of seston explain stable Redfield ratios?; *Biogeosciences*; 8, 2917-2933.
- Fileman T.W., Pond D.W., Barlow R.G. and Mantoura R.F.C., 1998; Vertical profiles of pigments, fatty acids and amino acids: Evidence for undegraded diatomaceous material sedimenting to the deep ocean in the Bellingshausen Sea, Antarctica; *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*; 45, 333-346.
- Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia, 2008; *Síntesis del estado de conservación del Mar Patagónico y áreas de influencia*; Latingráfica; ISBN 978-987-24414-3-2.
- García V.M.T., García C.A.E., Mata M.M., Pollery R.C., Piola A.R., Signorini S.R., Mc Clain C.R. and Iglesias-Rodríguez M.D., 2008; Environmental factors controlling the phytoplankton blooms at the Patagonia shelf-break in spring; *Deep-Sea Research*; 55, 1150- 1166.
- Garibotti I.A., Ferrario M.E., Almandoz G.O and Castaños C. 2011; Seasonal diatom cycle in Anegada Bay, El Rincón estuarine system, Argentina; *Diatom Research*; 26 (2), 227-241.

- Garzón, C.J.E., Martínez A.M., Freije R.H. and Lara R.J., 2011; Pigmentos y carbohidratos en el seston de la zona de "El Rincón" (Sur de la plataforma Bonaerense); XIV Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR).
- Gonzalez J.M., Grimalt J. and Albaiges J., 1983; Amino acid composition of sediments from a deltaic environment. *Marine Chemistry*; 14, 61-71.
- Graco M.I., Ledesma J., Flores G. and Girón M., 2007; Nutrients, oxígeno and biogeochemical processes in the Humboldt upwelling current system off Peru; *Revista Peruana de Biología*; 14 (1), 117-128.
- Graf G. and Rosenberg R., 1997; Bioresuspension and biodeposition: a review. *Journal of Marine Systems*; 11, 269-278.
- Guerrero R.A. y Piola A.R., 1997; Masas de agua en la plataforma continental; *El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros*; 1, 107-118.
- Guerrero R.A., 1998; Oceanografía física del Estuario del Río de La Plata y DEL Sistema Costero de El Rincón. Noviembre de 1994; *INIDEP INF. TEC.*; 21, 29-54.
- Guinder V.A., Popovich C.A., Perillo G. M.E., 2009; Particulate suspended matter concentrations in the Bahía Blanca Estuary, Argentina: Implication for the development of phytoplankton blooms; *Estuarine, Coastal and Shelf Science*; 85, 157-165.
- Gupta L.P. and Kawahata H., 2003; Vertical and latitudinal variations in amino acid fluxes and compositions of settling particles along 175°E in the North Pacific Ocean; *Tellus*; 55B, 445-455.
- Haake B., Ittekkot V., Honjo S. and Manganini S., 1992; Amino acid, hexosamine and carbohydrate fluxes to the deep Subarctic Pacific (Station P); *Deep Sea Research* 1; 40 (3), 547-560.
- Harris R., Wiebe P., Lentz J., Skjoldal H.R. and Huntley M., 2000; *Zooplankton Methodology Manual*; Academic Press; ISBN 0-12-327645-4.
- Haugen J.E. and Lichtenthaler R., 1991; Amino acid diagenesis, organic carbon and nitrogen mineralization in surface sediments from the inner Oslofjord, Norway; *Geochimica et Cosmochimica Acta*; 55(6), 1649-1661.
- Hecky R.E., Mopper K., Kilham P. and Degens E.T., 1973; The amino acid and sugar composition of diatom cell-walls; *Marine Biology*; 19, 323-331.

-Hedges J. I., Feng Sheng Hu, Devol A. H., Hartnett H. E., Tsamakis E. and Keil R. G., 1999; Sedimentary Organic Matter Preservation: a Test for Selective Degradation Under Oxidic Conditions; *Journal of Science*; 299, 529-555.

-Hedley R. H., 1962; The significance of an inner chitinous lining in saccamminid organisation, with special reference to a new species of *Saccammina* (Foraminifera); *New Zealand J. Sci.*; 6, 375.

-Helland S. Terjesen B.F. and Berg L., 2003; Free amino acid and protein content in the planktonic copepod *Temora longicornis* compared to *Artemia franciscana*; *Aquaculture*; 215, 213- 228.

-Henrichs S.M and Farrington J.W., 1979; Amino acids in interstitial water of marine sediments; *Nature*; 279, 319-322.

-Hensen C., Zabel M. and Schulz H.D., 2000; A comparison of benthic nutrient fluxes from deep-sea sediments off Namibia and Argentina; *Deep Sea Research II*; 47, 2029-2050.

-Hoffmeyer M.S., Menéndez M.C., Biancalana F., Nizovoy A.M., Torres E.R., 2009; Ichthyoplankton spatial pattern in the inner shelf off Bahía Blanca Estuary, SW Atlantic Ocean; *Estuarine, Coastal and Shelf Science*; 84, 383-392.

-Hopcroft R. R., Roff J. C. and Bouman H. A., 1998; *Journal of Plankton Research*; 20 (3), 539-555.

-House W.A., Jockells T.D., Edwards A.C., Praska K. E. and Denison F.H., 1998; Reactions of phosphorus with sediments in fresh and marine waters; *Soil use and management*; 14, 139-146.

-Hubberten U., Lara R.J. and Kattner G., 1994; Amino acid composition of seawater and dissolved humic substances in the Greenland Sea; *Marine Chemistry*; 45, 121-128.

-Hubberten U., Lara R.J. and Kattner G., 1995; Refractory organic compounds in polar waters: Relationship between humic substances and amino acids in the Arctic and Antarctic; *Journal of Marine Research*; 53, 137-149.

-Jeffries H.P., 1969; Seasonal composition of temperate plankton communities: free amino acids; *Limnol. Oceanogr*; 14, 41-52.

-Jeffries H.P. and Alzara L., 1970; Dominance-diversity relationships of the free amino acids in coastal zooplankton; *Comp. Biochem. Physiol.*; 37, 215-223.

-Jeuniaux Ch., 1971; *Biochemical Evolution and the Origin of Life*; Schoffeniels, E., ed.; 304.

-Jeuniaux C. and Francoise M.V.F., 1991; *Chitin Biomass and Production in the Marine Environment. Biochem. Syst. Ecol.*; 19, 347-356.

-Jianfang C., Wiesner M.G., Wong H.K., Lianfu Z., Luqiang X. and Shilong Z., 1999; *Vertical changes of flux and indicators of early degradation of organic matter in the South China Sea; Science in China*; 42, 120-128.

-Kaiser K. and Benner R., 2009; *Biochemical composition and size distribution of organic matter at the Pacific and Atlantic time-series stations: Marine Chemistry*; 113, 63-77.

-Keil R.G. and Kirchman D.L., 1994; *Abiotic transformation of labile protein to refractory protein in sea water; Marine Chemistry*; 45, 187-196.

-Keil R. G., Tsamakis E., Giddings J. C. Hedges J. I., 1998; *Biochemical distributions (amino acids, neutral sugars, and lignin phenols) among size-classes of modern marine sediments from the Washington coast; Geochimica et Cosmochimica Acta*; 62, 8, 1347-1364.

-Keil R.G., Tsamakis E. and Hedges J.I., 2000; *Early diagenesis of particulate amino acids in marine sediments. In Perspectives in Amino Acid and Protein Chemistry (eds. Goodfriend G.A., Collins M.J., Fogel S.A., Macko S.A. and Wehmiller J.F.)*; 69-82.

-Kimmel D.G. and Bradley B.P., 2001; *Specific protein responses in the calanoid copepod *Eurytemora affinis* to salinity and temperature variation; Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*; 266, 135-149.

-Kleppel G.S., 1993; *On the diets of calanoid copepods; Marine Ecology Progress Series*; 99, 183-195.

-Koski M., 1999; *Carbon: nitrogen ratios of Baltic Sea copepods-Indication of mineral limitation?; Journal of Plankton Research*; 21 (8), 1565-1573.

-Kuypers M.M.M., Sliemers A.O., Lavik G., Schmid M., Jørgensen B.B., Kuenen J.G., Sinninghe Damsté J.S., Strous M. and Jetten M.S.M., 2003; *Anaerobic ammonium oxidation by anammox bacteria in the Black Sea; Nature*; 422, 608-611.

-Lara R. J., Alder V., Franzosi C. A., Kattner G., 2010; *Characteristics of suspended particulate organic matter in the southwestern Atlantic: Influence of*

- temperature, nutrient and phytoplankton features on the stable isotope signature; *Journal of Marine Systems*; 79, 199-209.
- Lardinois D., Eisma D. and Chen S., 1995; Seasonal Differences in concentrations of particulate lipids, proteins and chitin in the north sea; *Netherlands Journal of Sea Research*; 33 (2), 147-161.
- Lee C., 1988; Amino acid and amine biogeochemistry in marine particulate material and sediments; *Nitrogen cycling in coastal marine Environments*; 33, 125-141.
- Lee C. and Cronin C., 1984; Particulate amino acids in the sea: Effects of primary productivity and biological decomposition; *Journal of Marine Research*; 42, 1075-1097.
- Lee C., Wakeham S.G. and Armosti C., 2004; Particulate organic matter in the sea: the composition conundrum; *AMBIO: A Journal of the Human Environment*; 33 (8), 565-575.
- Lee C., Wakeham S.G. and Hedges J.I., 2000; Composition and flux of particulate amino acids and chloropigments in equatorial pacific seawater and sediments; *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*; 47 (8), 1535-1568.
- Lee C., Wakeham S.G. and Farrington J.W., 1983; Variations in the composition of particulate organic matter in a time-series sediment trap; *Marine Chemistry*; 13, 181-194.
- Liebes S., 2009; *Introduction to Marine Biogeochemistry*; Elsevier, ISBN 978-0-12-088530-5.
- Lindley L.C., Phelps R.P., Davis D.A., Cummins K.A., 2011; Salinity acclimation and free amino acid enrichment of copepod nauplii for first-feeding of larval marine fish; *Aquaculture*; 318, 402-406.
- Lobbés J.M., Fitznar H.P. and Kattner G., 2000; Biogeochemical characteristics of dissolved and particulate organic matter in Russian Rivers entering the Arctic Ocean; *Geochimica et Cosmochimica Acta*; 64 (17), 2973-2983.
- Loizeau V., 1989; *Essai de paramétrisation des flux de PCB à travers l'écosystème pélagique en baie de Calvi*; Mémoire de Licence en Sciences Zoologique de l'Université de Corte; 33.

- Lucas A.J., Guerrero R.A., Mianzán H.W., Acha E.M. and Lasta C.A., 2005; Coastal oceanographic regimes of the Northern Argentine Continental Shelf (34-43°S); *Estuarine, Coastal and Shelf Science*; 65, 405-420.
- Lundgreen U. and Duinker J.C., 1998; Seasonal variability of amino acid flux and composition of particulate matter in the Northeast Atlantic at 47°N-20°W; *Marine chemistry*; 62 (3-4), 307-323.
- Lutz V.A., Segura V., Dogliotti A.I., Gagliardini D.A., Bianchi A.A. and Balestrini C.A., 2009; Primary production in the Argentine Sea during spring estimated by field and satellite models; *Journal of Plankton Research*; 0, 1-15.
- Macko S.A., Engel M.H. and Parker P.L., 1993; Early diagenesis of organic matter in sediments; *Organic Geochemistry*; 11, 211-224.
- Martin-Jézéquel V., Camus P.A. and Poulet S.A., 1989; The partitioning of free amino acids between phytoplankton, zooplankton and ichthyoplankton in the Ushant region; *Topics in Marine Biology: Proceedings of the 22nd European Marine Biology Symposium, Barcelona, Spain, August 1987. Scientia Marina (Barcelona)*, 53 (2-3), 259-268.
- May J. A. and Perkins R. D., 1979; Endolithic Infestation of Carbonate Substrates Below the Sediment-Water Interface; *J. Sed. Petrol.*; 49, 357-378.
- Mayer L.M., 1993; Organic matter at the sediment-water interface; Ed. Engel M. and Macko S.A.; *Organic geochemistry: principles and applications*; 171-184. ISBN 0-306-44378-3.
- Mc Carthy M.D., Benner R., Lee C., Hedges J.I., Fogel M.L. , 2004; Amino acid carbon isotopic fraction patterns in oceanic dissolved organic matter: An unaltered photoautotrophic source for dissolved organic nitrogen in the ocean?; *Marine Chemistry*; 92, 123-134.
- Meckler N.A., Schubert C.J., Cowie G.L., Peiffer S. and Dittrich M., 2004; New organic matter degradation proxies: Valid in lake systems?; *Limnol. Oceanogr.*, 49(6), 2023-2033.
- Menendez M.C., Delgado A.L., Berasategue A.A., Piccolo C.C. and Hoffmeyer M.S., 2015; Seasonal and Tidal Dynamics of Water Temperature, Salinity, Chlorophyll-a, Suspended Particulate Matter, Particulate Organic Matter, and Zooplankton Abundance in a Shallow, Mixed Estuary (Bahía Blanca, Argentina); *Journal of Coastal Research*; 32 (5), 1051-1061.

- Montgomery M.T., Welschmeyer N.A., Kirchman D.L., 1990; simple assay for chitin: application to sediment trap samples from the subarctic Pacific; *Marine ecology progress series*; 64, 301-308.
- Müller P.J., Suess E. and Ungerer C.A., 1986; Amino acids and amino sugars of surface particulate and sediment trap material from waters of the Scotia Sea; *Deep-Sea Research*; 33 (6), 819-838.
- Nagata T., Fukuda R., Koike I., Kogure K., Kirchman D.L., 1998; Degradation by bacteria of membrane and soluble protein in seawater; *Aquatic Microbial Ecology*; 14, 29-37.
- Negri R.M., Silva R.I, Segura Valeria and Cucchi-Colleoni D., 2013; Estructura de la comunidad del fitoplancton en el área de "El Rincón", Mar Argentino (Febrero de 2011); *Revista de investigación y desarrollo pesquero*; 23, 7-22.
- Nguyen R.T and Harvey H.R., 1997; Protein and amino acid cycling during phytoplankton decomposition in oxic and anoxic waters; *Organic Geochemistry*; 27 (3-4), 115-128.
- Ovie S.I. and Ovie S.O., 2006; Moisture, protein, and amino acid contents of three freshwater zooplankton used as feed for aquacultured larvae and postlarvae; *The Israeli Journal of Aquaculture*; 58 (1), 29-33.
- Pájaro M., Martos P., Leonarduzzi E., Macchi G.J., Diaz M.V., Brown D., 2008; Estrategia de puesta de la anchoíta (*Engraulis anchoíta*) en el Mar Argentino y zona común de pesca argentino-uruguaya; *INIDEP, Informe técnico oficial*; 1-14.
- Palma E.D., Matano R.P., Piola A.R., and Sitz L., 2004; A comparison of the circulation patterns over the Southwestern Atlantic Shelf driven by different wind stress climatologies; *Geophys. Res. Lett.*; 31, L24303.
- Palma E.D., Matano R.P. and Piola A.R., 2008; A numerical study of the Southwestern Atlantic Shelf circulation: Stratified ocean response to local and offshore forcing; *Journal of geophysical research*; 113, 1-22.
- Pantoja S. and Lee C., 2003; Amino acid remineralization and organic matter lability in Chilean coastal sediments; *Organic Geochemistry*; 34 (8), 1047-1056.
- Perissinotto R., 1992; Mesozooplankton size-selectivity and grazing impact on the phytoplankton community of the Prince Edward Archipelago (Southern Ocean). *Marine Ecology Progress Series*; 79, 243-258.

- Perrotta R.G., Viñas M.D., Madirolas A.O., Reta R., Akselman R., Castro Machado F.J., Garciarena A.D., Macchi G.J., MoriondoDanovaro P. Llanos V., y Urteaga J.R., 2003; La caballa (*Scomber japonicus*) y las condiciones del ambiente en el área "El Rincón" (39°40' -41°30' S) del Mar Argentino, Septiembre, 2000; INIDEP Informe técnico 54; 1-25.
- Popovich. C.A., Guinder V.A. and Pettigrosso R.E., 2008; Composition and dynamics of phytoplankton and aloricate ciliate communities from Bahía Blanca Estuary; Perspectives on integrated coastal zone management in South America; Neves R., Baretta J.W. and Mateus M.(Eds.), IST PRESS; 255-270.
- Poulicek M. and Jeuniaux C., 1991; Chitin biodegradation in marine environments: An experimental approach; Biochemical Systematics and Ecology; 19 (5), 385-394.
- Priotto S. and Lara R.J., 2013; On the optimization of Hydrolysis conditions for simultaneous determination of amino acids and amino sugars in marine sediments; Journal of Marine Biology and Oceanography; 2 (3), 1-5.
- Sabatini M. and Martos P., 2002; Mesozooplankton features in a frontal area off northern Patagonia (Argentina) during spring 1995 and 1998; Scientia Marina; 66 (3), 215-232.
- Sabatini M., Reta R. and Matano R., 2004; Circulation and zooplankton biomass distribution over the southern Patagonian shelf during late summer; Continental Shelf Research; 24, 1359-1373.
- Salze G.P., and Davis D.A., 2015; Taurine: a critical nutrient for future fish feeds; Aquaculture 437, 215-229.
- Santos B.A. and Ramírez F.C., 1991; Variacion estacional de las asociaciones de copépodos en una transecta de la plataforma argentina; Bolm Inst. oceanogr., S Paulo; 39(1),71-86.
- Santos B.A and Ramirez F.C., 1995; Distribución y abundancia de copépodos en el sistema frontal de Península Valdés, durante florecimientos fitoplanctónicos; Thalassas; 11, 133-142.
- Savoye N., David V., Morisseau F., Etcheber H., Abril G., Billy I., Charlier K., Oggian G., Derriennic H. and Sautour B., 2012; Origin and composition of particulate organic matter in a macrotidal turbid estuary: The Gironde Estuary, France; Estuarine, Coastal and Shelf Science; 108, 16-28.

- Schauer R. Bienhold C., Ramette A. and Harder J., 2010; Bacterial diversity and biogeography in deep-sea surface sediments of the South Atlantic Ocean; *The Isme Journal*; 4, 159-170.
- Siezen R.J. and Mague T.H., 1978; Amino acids in suspended particulate matter from oceanic and coastal water of the Pacific; *Marine Chemistry*; 6, 215-231.
- Silva N. and Guzmán D., 2006; Physical and chemical characteristics between Boca del Río Guafo and Aisén Fjord; *Cienc. Technol. Mar*; 29 (1), 25-44.
- Simon A., 1988; Biodegradation anaerobique de quelques structures squelettiques detritiques en milieu marin; *Mem. Lic. Sci. Zool.*; Liege University, (unpublished).
- Simon M. and Azam F., 1989; Protein content and protein synthesis rates of planktonic marine bacteria; *Marine Ecology Progress Series*; 51, 201-213.
- Simon A., Mulders M. and Poulicek M., 1989; *Annales de la Société royale zoologique de Belgique*; *Belgian journal of zoology*; 119, 169-173.
- Simon A. and Poulicek M., 1990; Biodégradation anaérobique des structures squelettiques en milieu marin. I, Approche morphologique = Anaerobic biodegradation of skeletal structures in marine sediments. I, morphological approach; *Cah. Biol. Mar.*; 31, 95-105.
- Smucker R. A., 1990; Development of Ecological Perspectives for the 21st Century"; Abstracts Vth International Congress of Ecology Yokohama, 202; organized by INTECOL and The Ecological Society of Japan.
- Srinivasagam R.T., Raymont J.E.G., Moodie C.F. and Raymont J.K.B., 1971; Biochemical studies on marine zooplankton. X. The amino acid composition of *Euphausia superba*, *Meganyctiphanes norvegica* and *Neomysis integer*; *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*; 51, 917-925.
- Sterner R.W. and Elser J.J., 2002; *Ecological stoichiometry: the biology of elements from molecules to the biosphere*; Princeton University Press; ISBN 0-691-07490-9.
- Suess E. 1980; Particulate organic carbon flux in the ocean-surface productivity and oxygen utilization; *Nature*; 288, 260-263.
- Swift D.M. and Wheeler A.P., 1992; Evidence of an organic matrix from diatom biosilica; *Journal of Phycology*; 28, 2, 202-209.

- Tacon A.G.J. and Cowey C.B., 1985; Protein and Amino Acid Requirements; Fish Energetics; 155-183.
- Tengberg A., Almroth E. and Hall P., 2003; Resuspension and its effects on organic carbon recycling and nutrient exchange in coastal sediments: in situ measurements using new experimental technology; *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*; 285–286, 119–142.
- Thunell R.C., Benitez-Nelson C., Varela R., Astor Y., 2007; Particulate organic carbon fluxes along upwelling-dominated continental margins: rates and Mechanisms; *Global Biogeochemical Cycles*; 21, 1-12.
- Van Mooy B.A.S. Keil R.G. and Devol A.H., 2002; Impact of suboxia on sinking particulate organic carbon: Enhanced carbon flux and preferential degradation of amino acids via denitrification; *Geochimica et Cosmochimica*; 66 (3), 457-465.
- Vavra J., 1967; Hydrolyse enzymatique des spores de microsporidies; *J. Protoz.*; 14, 49.
- Verity P.G., Smetacek V., 1996; Organism life cycles, predation, and the structure of marine pelagic ecosystems; *Mar. Ecol. Prog. Ser.*; 130, 277–293.
- Wakeham S.G. and Lee C., 1989; Organic geochemistry of particulate matter in the ocean: The role of particles in oceanic sedimentary cycles; 14, 83-96.
- Wakeham S.G., Gagosian R.B., Farrington J.W. and Lee C., 1984; Biogeochemistry of particulate organic matter in the oceans results from sediment trap experiments; *Deep-Sea Res.*; 31, 509-528.
- Wakeham S.G., Lee C., Hedges J.I., Hernes P.J. and Peterson M.L., 1997; Molecular indicators of diagenetic status in marine organic matter; *Geochimica et Cosmochimica Acta*; 61 (24), 5363-5369.
- Walve J. and Larson U., 1999; Carbon, nitrogen and phosphorus stoichiometry of crustacean zooplankton in the Baltic Sea: implications for nutrient recycling; *Journal of Plankton Research*; 21, 2309-2321.
- Williams R. and Poulet S.A., 1986; Relationship between the zooplankton, phytoplankton, particulate matter and dissolved free amino acids in the Celtic Sea; *Marine Biology*; 90, 279–284.
- Yun M.S., Lee D.B., Kim B.K., Kang J.J., Lee J.H., Yang E.J., Park W.G., Chung K.H., and Lee S.H., 2015; Comparison of phytoplankton macromolecular

compositions and zooplankton proximate compositions in the northern Chukchi Sea; Deep-Sea ResearchII; Topical Studies in Oceanography. 120: 82-90.

Agradecimientos

Quiero agradecer especialmente a mi director de tesis Dr. Rubén Lara, quien me ha guiado y acompañado en este proceso de crecimiento personal y profesional.

A mi Co-directora de tesis Dra. Mónica Hoffmeyer quien me recibió en mi llegada al Instituto Argentino de Oceanografía y en los inicios de esta etapa.

Al tribunal evaluador conformado por el Dr. Marcos Tatián, Dr. Ricardo Sahade y Dr. Jorge Marcovechio que muy amablemente aceptaron participar en lo que es la culminación de este trabajo tan importante para mí.

A la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) por la beca otorgada para el desarrollo de esta tesis.

A la Universidad Nacional del Sur y en particular al Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia por aceptarme como estudiante de posgrado.

Al Instituto Argentino de Oceanografía (IADO) por proporcionar sus instalaciones y equipamientos. Quiero agradecer a todo su personal con los que compartimos el quehacer cotidiano y que hacen posible el funcionamiento de la institución.

También quiero agradecer al Zentrum für Marine Tropenökologie (ZMT) de Bremen y su personal técnico que tan amablemente me recibió en dicho instituto y que en todo momento me ayudó para poder alcanzar los objetivos planteados en mi estadía en Alemania.

A Prefectura por la colaboración en las actividades durante las campañas oceanográficas.

A los amigos y compañeros que han sido un apoyo muy importante para poder llevar adelante esta etapa con tantas vivencias y desafíos como es el inicio de una carrera profesional lejos de la familia y la ciudad donde crecí. Entre ellos quiero mencionar a John, Flor, Germán, Anna, Celeste, Javier, Gabriel y dar muchas gracias por compartir la cotidianidad del trabajo a los compañeros becarios que ya desde mi llegada a Bahía Blanca me hicieron un lugar en este instituto donde pasamos tanto tiempo de nuestras vidas y a los que con el transcurso de los años también se fueron sumando.

A mi padre y a mi madre quienes velan con mucho amor en forma permanente por mi bienestar y son una presencia constante a pesar de estar lejos.

A mis dos hermanas quienes a la distancia están presentes en los momentos difíciles, aun cuando la distancia y la vida no nos permiten vernos con más frecuencia.