

EVALUACION DE LA OFERTA ALIMENTARIA NATURAL DISPONIBLE A ORGANISMOS FILTRADORES DE LA BAHIA DE YALDAD (43°08';73°44'), SUR DE CHILE

JORGE M. NAVARRO¹ y ROBERTO JARAMILLO²

ABSTRACT: Navarro, J.M. & R. Jaramillo. 1994 Evaluation of the natural food supply available to filter-feeding organisms of Yaldad Bay (43°08'; 73°44'), South of Chile. *Revista de Biología Marina, Valparaíso* 29(1):57-75.

The main components of the suspended particulate matter (organic and inorganic seston, pigments, organic carbon, organic nitrogen, biochemical components and phytoplankton), were measured monthly to know the nutritive value of the food supply available to filter-feeding organisms of Yaldad Bay, South of Chile.

The fluctuations of the natural food supply were highly related with the primary productivity processes, where the seasonal peaks of chlorophyll *a*, diatoms, microflagellates, lipids, carbohydrates and proteins increased during spring and summer. The values of the different components of the seston were lower than those observed for the tidal flat of Yaldad located at ≈ 1500 m, being this related with the lower effect of the resuspension processes of the bottom sediment on the suspended particulate matter measured in the present study.

It is concluded that the main supply of energy as phytoplankton available to filter-feeding organisms inhabiting Yaldad Bay occurs during a short period of the year. These results can be relevant to support the aquaculture activities with filter-feeding organisms, because the seasonal fluctuations of the seston will be reflected on the growth and reproductive processes of those organisms.

Keywords: Seston, Food Material, Aquaculture, POC, PON

RESUMEN: Navarro, J.M. & R. Jaramillo. 1994 Evaluación de la oferta alimentaria natural disponible a organismos filtradores de la bahía de Yaldad (43°08'; 73°44'), Sur de Chile. 1994. *Revista de Biología Marina, Valparaíso* 29(1):57-75.

Se determinaron mensualmente los principales componentes del material particulado en suspensión (seston orgánico e inorgánico, pigmentos, carbono orgánico, nitrógeno orgánico, componentes bioquímicos y fitoplancton), para conocer el valor nutritivo de la oferta alimentaria disponible a los organismos filtradores de la bahía de Yaldad, Sur de Chile.

Las variaciones de la oferta alimentaria natural estuvieron relacionadas con los procesos de productividad primaria, donde los aumentos de clorofila *a*, diatomeas, microflagelados, lípidos, carbohidratos y proteínas aumentaron durante primavera y verano. Los valores de los diferentes componentes del seston fueron menores que los observados para la planicie mareal de Yaldad ubicada a 1500 m aproximadamente, lo cual estuvo relacionado con el menor efecto de los procesos de resuspensión del sedimento del fondo sobre el material particulado medido en el presente estudio.

Se concluye que el aporte principal de energía en forma de fitoplancton disponible a organismos filtradores que habitan la bahía de Yaldad ocurre durante un corto período del año. Estos resultados pueden ser relevantes para apoyar las actividades de acuicultura con organismos filtradores, ya que las fluctuaciones estacionales del seston se verán reflejadas en los procesos de crecimiento y reproducción de estos organismos.

Palabras claves: Seston, material alimentario, Acuicultura, POC, PON.

1) Instituto de Biología Marina, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

2) Instituto de Embriología, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia, Chile.

INTRODUCCION

El material particulado en suspensión en el ambiente acuático está compuesto tanto de partículas de origen biológico como otras de origen mineral, lo que en conjunto ha sido denominado seston. Existen numerosos estudios sobre las fluctuaciones de este material particulado en suspensión en ambientes marinos, sin embargo sólo algunos han incluido un análisis sobre su composición bioquímica que permita estimar el valor nutritivo de esta dieta disponible a organismos filtradores (Widdows *et al.* 1979; Kranck 1980; Poulet *et al.* 1986; Mayzaud *et al.* 1989). Para el sur de Chile sólo existe un trabajo reciente de Navarro *et al.* (1993), donde se hace un análisis detallado de la composición bioquímica del seston disponible a los organismos suspensivos de una planicie mareal.

Algunos autores han relacionado la calidad nutritiva del seston a la relación proteína: carbohidrato: lípidos; Parsons *et al.* (1961) y Scott (1980), trabajando con cultivos de fitoplancton, encontraron que las mejores relaciones entre estos componentes bioquímicos eran 4:3:1 ó 1:1:1, para satisfacer los requerimientos nutritivos de los organismos suspensivos. Según Russel-Hunter (1970), relaciones de C/N menores que 17 representan una dieta adecuada para satisfacer los requerimientos nutricionales de las proteínas. Worrall *et al.* (1983) concluyen que factores tales como la cantidad y calidad del seston pueden alterar la respuesta fisiológica de los organismos suspensivos, debiendo responder estos eficientemente a los cambios

nutricionales para poder utilizar en forma óptima el ambiente.

El presente estudio tiene como objetivos conocer las fluctuaciones estacionales de la oferta alimentaria natural y hacer una evaluación cualitativa de esta oferta (seston) disponible a organismos suspensivos de la bahía de Yaldad, Chiloé, Chile. Además, como este estudio se llevó a cabo en el área de balsas de cultivo de mitílidos de la bahía de Yaldad (18-20 m profundidad), se hace una comparación con lo descrito para la planicie mareal de esta misma bahía.

MATERIAL Y METODOS

La presente investigación fue realizada en la bahía de Yaldad, Chiloé (43°08'S; 73°44'W), Chile, lugar donde se encuentra un cultivo a gran escala del bivalvo *Mytilus chilensis* (Fig. 1). Este estudio abarcó un período de 30 meses (agosto 1990-enero 1993) y se tomaron muestras de agua en triplicado a 0,5; 4,0 y 8,0 m de profundidad para clorofila *a*, seston orgánico e inorgánico. Para el caso de los componentes bioquímicos del seston (lípidos, carbohidratos y proteínas), carbono y nitrógeno orgánico, se tomaron muestras a 0,5 y 4,0 m de profundidad, con tres réplicas para cada nivel. Temperatura, salinidad y concentración de partículas fueron medidas a las tres profundidades antes mencionadas. Los resultados de los diferentes componentes del seston se expresan como promedios \pm error estándar (E.E.), debido a que no existen diferencias significativas entre las profundidades muestreadas.

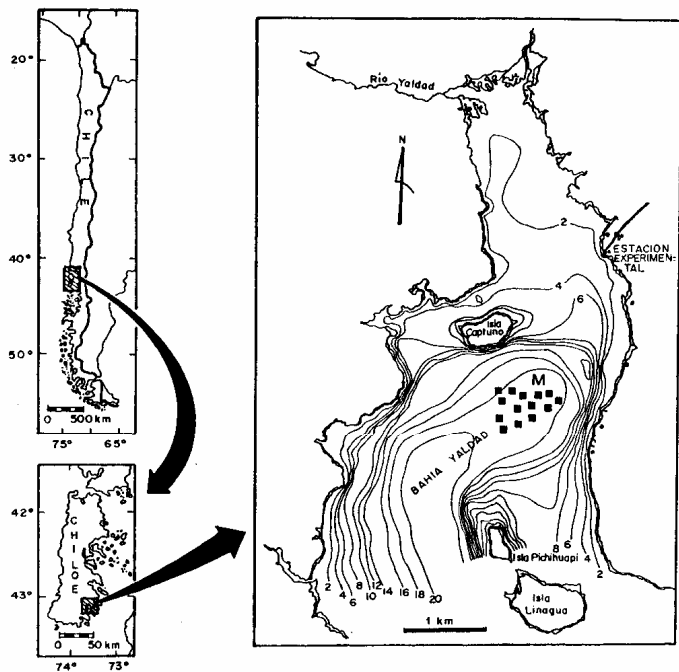


Fig. 1. Ubicación geográfica del área de estudio (M; lugar de muestreo).

Las muestras de agua fueron colectadas mediante bombeo y pasadas a través de una malla de 333 μm para eliminar grandes partículas. Volúmenes apropiados de agua fueron filtrados para cada componente del seston, a través de filtros de fibra de vidrio Whatman GF/C, previamente lavados,

quemados y pesados. El material particulado colectado en los filtros fue conservado en obscuridad a -20°C , hasta el análisis correspondiente.

SESTON ORGANICO E INORGANICO

La determinación del material particulado (orgánico e inorgánico) se hizo me-

diante las técnicas sugeridas en Strickland & Parsons (1972). El material retenido en los filtros fue lavado con una solución isotónica de formiato de amonio para remover las sales. Posteriormente los filtros fueron secados a 80°C por 24 horas y luego pesados y quemados a 500°C, para determinar la fracción orgánica e inorgánica del seston.

RECUESTO DE PARTICULAS EN SUSPENSION

La cantidad de partículas entre 2,5 y 60 µm (diámetro equivalente a una esfera) contenidas en el seston fue determinada con un contador de partículas ELZONE 180 XY, equipado con un tubo de 120 µm de abertura. La calibración para este tubo se hizo utilizando esferas de látex de 10,2 y 40,1 µm.

FITOPLANCTON (DIATOMEAS Y MICROFLAGELADOS)

Para el análisis de las diatomeas y microflagelados, los dos componentes principales del fitoplancton de Yaldad, se tomaron muestras de 180 ml de agua y se fijaron con una solución de lugol conteniendo yoduro de potasio, yodo sublimado y ácido acético glacial. La identificación y cuantificación de las diatomeas y de los microflagelados se hizo mediante un microscopio invertido Olympus CK2. Cuando existían dudas sobre la identificación de una determinada especie, se recurrió a un microscopio fotónico normal.

PIGMENTOS (CLOROFILA A Y FEOPIGMENTOS)

Para determinar la concentración de clorofila *a* y de feopigmentos se siguió la técnica descrita por Strickland &

Parsons (1972). Los pigmentos fueron extraídos con acetona al 90% durante 20 h, en oscuridad, siendo posteriormente centrifugados para determinar los pigmentos en el sobrenadante con un espectrofotómetro Shimadzu modelo UV-150-02, utilizando cubetas de cuarzo de 10 mm.

CARBONO (COP) Y NITROGENO ORGANICO PARTICULADO (NOP)

El carbono (COP) y el nitrógeno orgánico particulado (NOP) fueron determinados mediante un analizador de elementos Perkin-Elmer 240 A y sus valores estandarizados con acetanilida.

COMPOSICION BIOQUIMICA DEL SESTON

Los lípidos contenidos en el seston fueron estimados por el método de Marsh & Weinstein (1966), para lo cual se cortaron los filtros en pequeños trozos y se homogeneizaron por 1 minuto en una mezcla de cloroformo: metanol (2:1), utilizando un homogenizador ultrasónico. Después de centrifugar a 1000 g (≈3000 rpm) se procedió a secar el extracto de cloroformo-metanol a 50°C por 5 horas y los residuos de lípidos fueron carbonizados a 200°C después de adicionar 0,5 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se utilizó tripalmitín como estándar.

Los carbohidratos particulados fueron determinados por el método del fenol-ácido sulfúrico de Dubois *et al.* (1956), después de la extracción en calor con ácido tricloroacético (TCA) al 5% conteniendo sulfato de plata (Barnes & Heath 1966). Previo al análisis, los filtros con muestras y los filtros blancos fueron cortados en pequeños trozos y tratados

con un homogenizador ultrasónico por 1 minuto en 4 ml de TCA al 5%. La concentración de carbohidratos fue estimada utilizando glucosa como estándar.

Las proteínas fueron calculadas multiplicando el contenido de nitrógeno particulado por el factor 5,8 (Gnaiger & Bitterlich 1984).

Con el fin de estimar el valor nutritivo del seston disponible a los organismos filtradores de la bahía de Yaldad se determinó el material nutritivo contenido en el seston (lípidos + carbohidratos + proteínas) y se calculó un índice alimentario según Widdows *et al.* (1979), definido como el porcentaje de material nutritivo presente en el seston total [(Material Alimentario / Seston Total) x 100].

Para expresar los resultados en valores de energía, los lípidos, carbohidratos y proteínas fueron convertidos a equivalentes energéticos utilizando los factores de conversión de 39,5, 17,5 y 24,0 Joules/mg, respectivamente (Gnaiger 1983).

RESULTADOS

TEMPERATURA Y SALINIDAD

La temperatura mostró sus máximos valores durante enero de cada año, con valores cercanos a 15°C (Fig 2a). Se observó una disminución durante el otoño con valores mínimos en invierno que llegaron a 10°C aproximadamente. La salinidad se presentó muy estable du-

rante todo el período de estudio, con valores alrededor de 30‰. Sólo durante el mes de junio de 1991 ocurrió un valor bajo cercano a 25‰ (Fig. 2a). Tanto el patrón presentado por la temperatura como por la salinidad son muy similares en los dos años estudiados.

MATERIAL PARTICULADO EN SUSPENSION

El seston orgánico (Fig. 2b) muestra un ciclo anual caracterizado por valores más altos durante los meses de primavera y verano (enero y noviembre de 1991, enero, febrero y noviembre de 1992). La fracción inorgánica siguió un patrón similar, pero con algunos valores altos aislados, como los que ocurren en junio de 1991 y septiembre de 1992, que parecen ser causados por el arrastre de sedimento terrígeno debido a las lluvias del invierno. Dada la profundidad del lugar, aproximadamente 18-20 m, no se observó un efecto significativo de la resuspensión del sedimento del fondo sobre la concentración de seston en las diferentes profundidades muestreadas. Esto trae como consecuencia que la fracción orgánica del seston sea mayor que la inorgánica durante la mayor parte del año (Fig. 2b).

RECUESTO DE PARTICULAS

El mayor número de partículas suspendidas se observó durante la primavera de 1991 y primavera-verano de 1992 (Fig. 2c). El número total de partículas medidas en el rango de 2,5-60 µm fluctuó entre 10.000 a 35.000 part/ml, durante los meses de invierno y primavera, respectivamente.

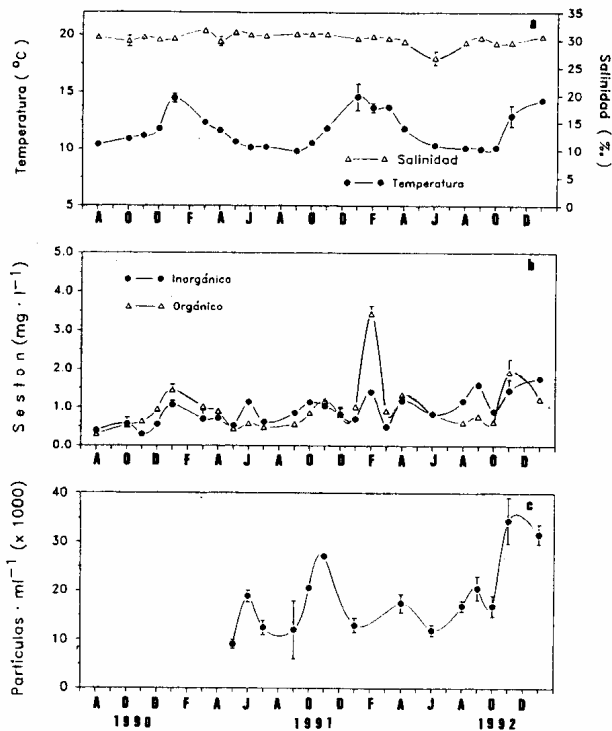


Fig. 2. Variación estacional de la temperatura y salinidad (a), seston orgánico e inorgánico (b) y número de partículas (c). Los valores corresponden a promedios mensuales \pm Error Estándar.

DIATOMEAS Y MICROFLAGELADOS

Con el propósito de conocer la composición de la fracción viva de la oferta alimentaria disponible a los organismos filtradores de la bahía de Yaldad en diferentes estaciones del año, se determinó la densidad de los principales componentes del fitoplancton, como son las diatomeas y los microflagelados (Fig. 3 a,b). Las diatomeas muestran dos valores altos, cercanos a 30×10^6 cel/l; uno de estos corresponde a enero 1991, constituido en un 52% por una especie del género *Chaetoceros* y otro a febrero de 1992, formado en un 61% por la especie *Detonula pumila*, formando cadenas cortas (3-8 células) y muy frágiles.

Los microflagelados siguen un patrón similar a las diatomeas, sin embargo los mayores valores se observaron antes que los de las diatomeas, siendo además muy diferentes de un año a otro. La mayor alza ocurre en noviembre de 1992, con 98×10^6 cel/litro. Hemos observado en enero de 1991 y febrero de 1992, que cuando las diatomeas aumentan los microflagelados son escasos.

PIGMENTOS (CLOROFILA A Y FEOPIGMENTOS)

La concentración de clorofila *a* presentó un notorio aumento desde fines de 1990 a inicio de 1991, con valores que alcanzaron a $9 \mu\text{g/l}$. Disminuyó bruscamente en abril de 1991, registrándose los valores mínimos en otoño e invierno, los que alcanzaron a $0,28 \mu\text{g/l}$ (Fig. 3c). La clorofila *a* comienza a aumentar nuevamente en octubre de 1991, para alcanzar el máximo en el verano, con valores cercanos a $12 \mu\text{g/l}$. Los feopigmentos fueron

expresados en equivalentes de clorofila *a* (Fig. 3c) y fluctuaron en forma similar a la clorofila *a*, con valores menores durante el otoño e invierno ($0,06-0,07 \mu\text{g/l}$) y significativamente mayores durante fines de verano ($2,28 \mu\text{g/l}$). La relación clorofila *a*/feopigmentos mostró grandes fluctuaciones durante el estudio, variando desde 24,1 en enero de 1991 (durante la proliferación de diatomeas) a 1,4 en julio de 1991 (concentración reducida de fitoplancton).

CARBONO (COP) Y NITROGENO ORGANICO PARTICULADO (NOP)

Los patrones estacionales de carbono y nitrógeno particulado (Fig. 4a,b) están controlados principalmente por los ciclos estacionales de productividad primaria, siendo muy similares a los de clorofila *a* y a los del material orgánico particulado. El carbono orgánico particulado mostró las concentraciones mayores en enero y noviembre de 1991, con valores cercanos a $750 \mu\text{g/l}$ y $600 \mu\text{g/l}$, respectivamente (Fig. 4a). El patrón estacional del nitrógeno orgánico particulado (Fig. 4b) se presentó muy similar al descrito para el carbono, con las mayores concentraciones durante los meses de enero ($120 \mu\text{g/l}$) y noviembre de 1991 ($90 \mu\text{g/l}$). Las menores concentraciones de COP y NOP fueron observadas durante el invierno de cada año, con valores de $180 \mu\text{g/l}$ y $30 \mu\text{g/l}$ para carbono y nitrógeno particulado, respectivamente.

La relación C/clorofila *a* (Fig. 5a) representa una estimación del contenido relativo de detritus en el seston (Zeitzschel 1970). Según este autor, valores de 100 o menores indican que el

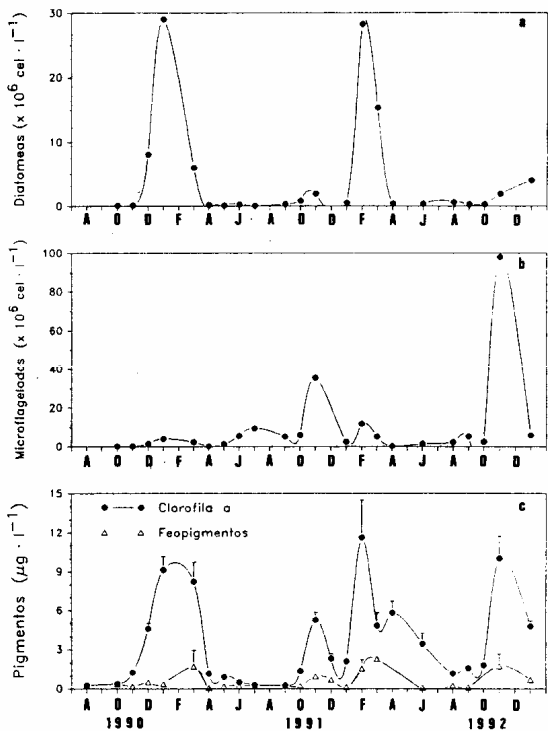


Fig. 3. Variación estacional de las diatomeas (a), microflagelados (b) y pigmentos (c). Los valores de clorofila *a* y feopigmentos corresponden a promedios mensuales \pm Error Estándar.

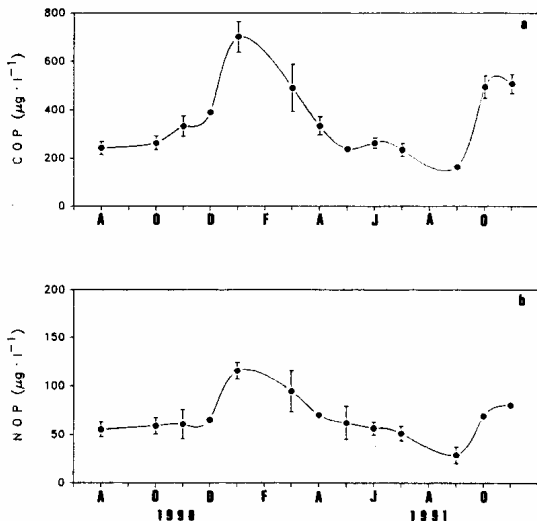


Fig. 4. Variación estacional del carbono orgánico particulado (a) y nitrógeno orgánico particulado (b). Los valores corresponden a promedios mensuales \pm Error Estándar.

carbono orgánico tiene su origen principalmente en el fitoplancton. Esta relación se presentó baja en la bahía de Yaldad durante la proliferación (bloom) del fitoplancton en cada año, con valores

menores a 100. Sin embargo valores mayores a 100 fueron obtenidos durante el resto del año, sugiriendo esto último, una baja concentración de microalgas presentes en el seston.

La relación C/N ha sido utilizada como un índice para estimar la cantidad de material vivo en relación al detritus presente en el seston (Poulet *et al.* 1986). Según estos autores, existe una relación inversamente proporcional entre este

índice y la cantidad de material vivo presente en el seston. La bahía de Yaldad se caracterizó por presentar una relación C/N que varió entre 4 y 8 (Fig. 5b).

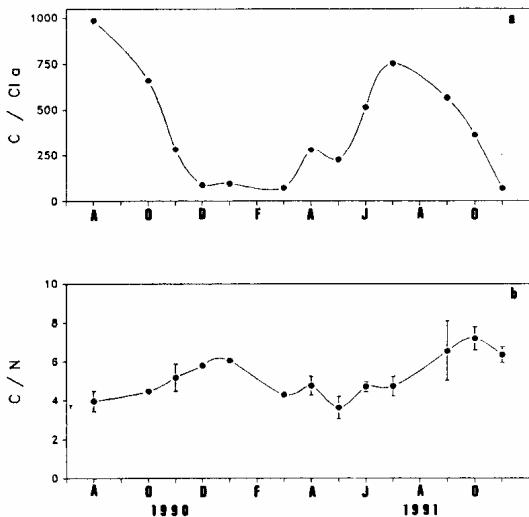


Fig. 5. Variación estacional de las relaciones C/clorofila a (a) y C/N (b).

COMPOSICION BIOQUIMICA

Los lípidos particulados mostraron un patrón estacional muy definido y relacionado con la proliferación del fitoplancton (Fig. 6a). Las mayores concentraciones ocurrieron durante primavera-verano de cada año con valores cercanos a 100 y 120 $\mu\text{g/l}$. Sin embargo, durante febrero de 1992 se observó un gran aumento de los lípidos, alcanzando a 516 $\mu\text{g/l}$. Este aumento tuvo relación con una proliferación del fitoplancton ocurrido en esa fecha (Fig. 3 a,b). Los valores más bajos se registraron durante los meses de invierno, los que alcanzaron a 16 $\mu\text{g/l}$.

Los carbohidratos particulados (Fig. 6b) presentaron un patrón muy similar al de los lípidos, con valores máximos en enero de 1991 (180 $\mu\text{g/l}$), continuando con un descenso durante el resto del verano y otoño para presentar los valores más bajos en invierno (20 $\mu\text{g/l}$). Los carbohidratos aumentaron nuevamente en octubre de 1991, con valores que se mantuvieron hasta diciembre (110 $\mu\text{g/l}$). Al igual que con los lípidos, el alto valor observado en febrero de 1992 (900 $\mu\text{g/l}$) tuvo relación con la ocurrencia de una proliferación del fitoplancton.

Las proteínas particuladas fueron calculadas de las mediciones de NOP utilizando el factor de conversión 5,8 dado por Gnaiger & Bitterlich (1984). Las proteínas aumentaron durante primavera-verano (Fig. 6c), con valores mayores a 600 $\mu\text{g/l}$, coincidiendo en el tiempo con valores altos descritos para lípidos y carbohidratos. Las proteínas variaron entre 180 $\mu\text{g/l}$ (invierno) y 799

$\mu\text{g/l}$ (verano).

El contenido energético del seston fue mayor durante el verano y menor en invierno (Fig. 6d). Los valores más altos tuvieron estrecha relación con el aumento en la concentración de los lípidos, carbohidratos y proteínas.

INDICE ALIMENTARIO

La suma de lípidos, carbohidratos y proteínas contenidos en el seston ha sido denominado "material alimentario" por algunos autores (Widdows *et al.* 1979, Soniat *et al.* 1984). El material alimentario cuantificado en la bahía de Yaldad (Fig. 7a), fluctuó entre 980 $\mu\text{g/l}$ durante el verano y 220 $\mu\text{g/l}$ a fines de invierno. El material alimentario (lípidos + carbohidratos + proteínas) expresado como porcentaje del total del material particulado suspendido representa un índice de la calidad del alimento disponible para los organismos suspensivivos (Fig. 7b). Este índice alimentario fue muy fluctuante a través del año y no mostró un patrón estacional definido.

DISCUSION

Los resultados obtenidos indican que la oferta alimentaria tiene un patrón estacional bien definido, con máximos valores durante primavera-verano y mínimos durante el resto del año. Los ciclos anuales de temperatura y salinidad son muy similares a los descritos para la planicie mareal de Yaldad (Navarro *et al.* 1993), como también para otros lugares del sur de Chile (Winter *et al.* 1984). Las concentraciones de seston orgánico e inorgánico fueron constante a través del año, con valores similares a los descritos

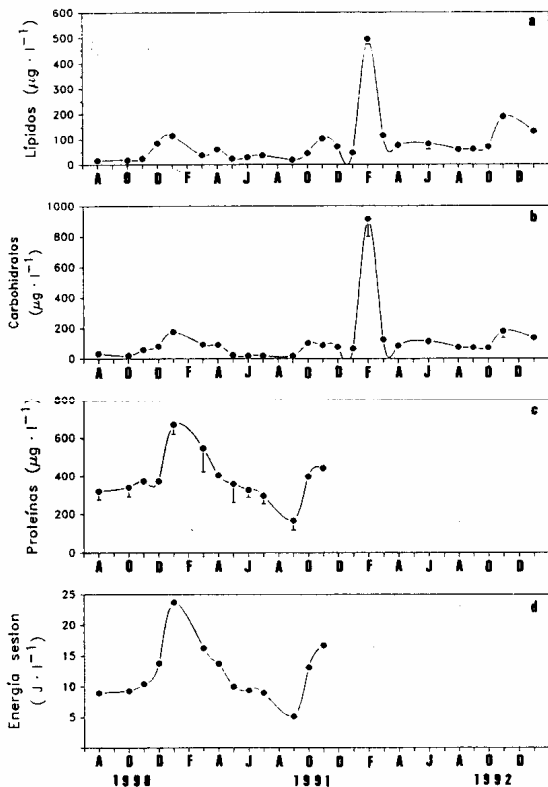


Fig. 6. Variación estacional de los componentes bioquímicos del seston; lípidos (a), carbohidratos (b), proteínas (c) y contenido de energía (d). Los valores corresponden a promedios mensuales \pm Error Estándar.

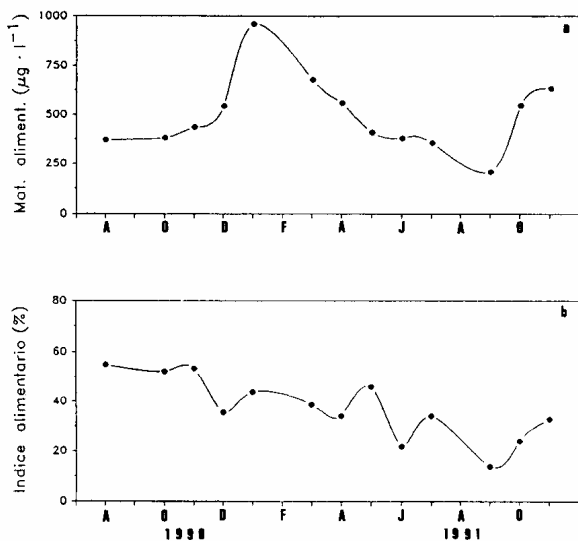


Fig. 7. Variación estacional del material alimentario (a) e índice alimentario (b).

para otros ambientes del hemisferio norte (Thompson 1984; Navarro 1990). Sin embargo nuestros resultados fueron diferentes a otros estudios donde la fracción inorgánica del seston fue significativamente mayor debido al aporte terrígeno y/o a la resuspensión del sedimento del fondo (Widdows *et al.* 1979;

Vahl 1980; Newell & Bayne 1980; Berg & Newell 1986). Se encontraron diferencias grandes al comparar los valores del seston orgánico e inorgánico con los descritos por Navarro *et al.* (1993) para la planicie mareal de Yaldad. Aunque el área de muestreo del presente estudio (zona de balsas) se encontraba sólo a

1500 m aproximadamente de la planicie mareal, los valores del seston fueron muy diferentes. El seston orgánico varió entre 0,6-1,6 mg/l en la zona de balsas y entre 1,8-17,5 mg/l, en la planicie mareal. Se registraron mayores diferencias al comparar la fracción inorgánica del seston, la que fluctuó entre 0,3-3,6 mg/l en la zona de balsas y entre 1,5-30 mg/l en la planicie mareal. Estas diferencias indican que la zona de balsas no está afectada significativamente por partículas de origen inorgánico debido a fenómenos de resuspensión o por arrastre de sedimento de origen terrígeno y que las fluctuaciones del seston orgánico estarían relacionadas principalmente con los ciclos de productividad primaria.

El número de partículas estuvo relacionado con los periodos de mayor riqueza de la oferta alimentaria de Yaldad, lo que está confirmando que la concentración de material particulado en suspensión depende principalmente de los ciclos de productividad primaria de este lugar.

Los patrones estacionales de las diatomeas y de los microflagelados coinciden con los patrones de sucesión descritos para el fitoplancton de estas latitudes subantárticas (Toro 1985). El aumento de las diatomeas en la bahía de Yaldad coincidió en el tiempo con los mayores valores de clorofila *a* y de los componentes bioquímicos. Los bajos valores que ocurren durante el resto del año están indicando que el mayor aporte energético del seston en forma de fitoplancton se reduce a un corto período del año, que comprende parte de la primavera y del verano. La presencia en

gran densidad de la especie *Detonula pumila* durante la segunda alza del fitoplancton, sugiere la presencia de una buena oferta alimentaria para los organismos filtradores, ya que se observó a esta diatomea formando cadenas cortas (3-8 células) y muy frágiles, las que podrían ser utilizadas como alimento por los organismos filtradores. Estos resultados son muy similares a los descritos para la planicie mareal de esta bahía por Navarro y colaboradores (1993), sin embargo existen diferencias en la composición relativa de las principales especies. Los microflagelados presentaron mayores fluctuaciones que las diatomeas, pero el mayor aumento ocurrió durante noviembre de 1992, coincidiendo con el aumento de la clorofila *a* y de los compuestos bioquímicos.

La clorofila *a* se caracterizó por presentar solo un alza en el año, la que ocurrió durante parte de primavera y verano, con valores que aumentaron hasta 40 veces los valores más bajos registrados en el invierno. Estos resultados son similares a otros descritos para el hemisferio norte (Cadeé 1982; Thompson 1984; Berg & Newell 1986; Pomeroy & Deibel 1986). El patrón estacional de la clorofila *a* siguió las variaciones de temperatura medidas en este lugar, pudiendo además estar afectado por los ciclos de luminosidad. El ciclo anual de la clorofila *a* es similar al descrito para la planicie mareal de la bahía de Yaldad (Navarro *et al.* 1993), sin embargo la concentración de la clorofila *a* es 3-4 veces menor en la zona de balsas debido a la menor concentración de seston en este lugar. No se observó un segundo aumento de la clorofila *a* durante el otoño, lo que coincide con lo encontrado en la

planicie mareal de Yaldad y en latitudes similares del hemisferio norte (Kranck 1980; Christensen & Kanneworff 1985; MacDonald & Thompson 1985). Los feopigmentos, que representan el material vegetal muerto expresado en equivalentes de clorofila *a*, siguieron un patrón similar a la clorofila *a*, pero con valores significativamente menores. En algunos casos, las alzas de feopigmentos ocurren más tarde que sus similares de clorofila *a*, tal como ocurre en marzo de 1991 y 1992, lo cual podría deberse a la presencia de depósitos fecales ricos en materia orgánica provenientes del pastoreo de los organismos herbívoros del zooplancton, como de la caída y envejecimiento del "bloom" de fitoplancton. La relación de los feopigmentos con la concentración de clorofila *a* se observó al calcular la relación clorofila *a*/feopigmentos, la que fue mayor durante los períodos de proliferación del fitoplancton y menor durante el resto del año.

La concentración de carbono (COP) y de nitrógeno orgánico particulado (NOP) siguió un patrón estacional similar a la clorofila *a* y a la concentración de fitoplancton, lo que indica que el COP y NOP dependen principalmente de los pulsos de productividad primaria de la bahía de Yaldad. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Cadeé (1982); Mayzaud *et al.* (1984) y Pocklington (1985) para latitudes medias del hemisferio norte. Sin embargo, los valores del presente estudio fueron significativamente menores, entre dos y cuatro veces que los descritos por Navarro *et al.* (1993) para la planicie mareal de Yaldad, lo que estaría en relación con la mayor cantidad de material parti-

culado en este último lugar como consecuencia de los procesos de resuspensión del sedimento del fondo, fenómeno que no es observado en el presente estudio, al parecer, debido a la mayor profundidad (18-20 m).

El contenido relativo de detritus en el seston puede ser representado por la relación C/clorofila *a*. Esta relación fue consistente con los resultados presentados anteriormente, valores menores a 100 fueron observados durante la proliferación del fitoplancton, lo que según Zeitzschel (1970) indica que el COP tiene su origen primariamente en el fitoplancton. La baja concentración de fitoplancton descrita durante gran parte del año en la bahía de Yaldad se reflejó en una alta relación C/Clorofila *a*, lo que indica que una significativa cantidad del COP tiene su origen en una fuente distinta del fitoplancton. La relación C/N también ha sido utilizada para estimar el valor nutritivo del seston. Según Pocklington & Leonard (1979), valores mayores de 6,9 están indicando la presencia de material terrestre en el seston o un envejecimiento de la materia orgánica particulada. La bahía de Yaldad se caracterizó por presentar valores de C/N bajo 7 durante la mayor parte del año, sin embargo los resultados muestran que el seston no es rico en fitoplancton durante todo el año, pudiendo ser importantes otros organismos en este ambiente, tales como bacterias o protozoos no fotosintéticos. Estos resultados sugieren que los organismos filtradores de este lugar disponen de una oferta alimentaria adecuada, sin embargo esto se refiere a los requerimientos proteicos solamente, recomendándose estudiar los requerimientos nutritivos para otros

constituyentes del seston, como ser ácidos grasos y vitaminas.

Las alzas de los lípidos, carbohidratos y proteínas contenidos en el seston durante enero de 1991 y febrero de 1992 ocurrieron juntos con las mayores alzas de las diatomeas, en cambio el aumento de estos compuestos observado durante noviembre de 1992 estuvo relacionado con el mayor aumento de los microflagelados. Esto indica que la fluctuación estacional de la composición bioquímica del seston dependió principalmente de los ciclos de productividad primaria de la bahía de Yaldad. La suma de los tres componentes bioquímicos representó un significativo porcentaje de la fracción orgánica del seston, alcanzando valores cercanos al 90% durante los meses de la proliferación del fitoplancton. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Navarro (1990) para un ambiente subártico del este de Canadá, sin embargo son muy diferentes a los encontrados por Widdows *et al.* (1979) y Poulet *et al.* (1986), donde estos componentes representaron sólo desde el 10 al 15% del seston orgánico. Lo mismo ocurre al compararlos con los resultados descritos para la planicie mareal de Yaldad (Navarro *et al.* 1993), donde los componentes bioquímicos fluctuaron entre el 12 y 55% de la fracción orgánica del seston. Esto puede ser explicado por el hecho que el presente estudio fue llevado a cabo en un ambiente en que las fluctuaciones del seston orgánico dependen principalmente de la presencia de fitoplancton, a diferencia de los otros estudios que se realizaron en ambientes con gran resuspensión del sedimento del fondo o con presencia de detritus de origen terrígeno.

Según Widdows *et al.* (1979) y Soniat *et al.* (1984), la suma de los lípidos, carbohidratos y proteínas particulados representa el "material alimentario" presente en el seston. Maita & Yanada (1978) encontraron que carbohidratos y proteínas eran los dos principales componentes del "material alimentario" en la bahía Funka, Japón, presentando valores mayores en invierno y mínimos en verano. Resultados similares fueron observados por Widdows *et al.* (1979) en un estuario de Inglaterra. Sin embargo, nuestros resultados no coinciden con estos autores, ya que la mayor concentración de "material alimentario" fue observado en el verano y la menor a fines de invierno, lo que concuerda con lo encontrado por Soniat *et al.* (1984) para la bahía Galveston, USA. Estas diferencias están relacionadas con los procesos de arrastre de sedimento de origen terrígeno, y con la resuspensión del sedimento del fondo que ocurre durante el invierno en algunos ambientes, fenómenos que no se observan en el presente estudio.

El índice alimentario se presentó muy fluctuante a través del año, con valores entre 17 y 57 %. Este rango de variación es significativamente mayor que el descrito por Navarro *et al.* (1993) para la planicie mareal de Yaldad (3-20%), lo cual se debe al menor efecto de dilución que sufre la fracción orgánica del seston de la zona de balsas, en comparación con la planicie mareal de este mismo lugar. Diferencias similares fueron observadas al comparar el presente estudio con el de Widdows *et al.* (1979), donde estos autores encontraron que el índice alimentario fluctuó entre 6 y 25 % a causa de una alta cantidad de seston inorgánico en su área de estudio.

Los resultados obtenidos para el seston de la bahía de Yaldad indican que este lugar posee una oferta alimentaria natural muy relacionada con los procesos de productividad primaria. Esto se refleja en los pulsos estacionales de los componentes del seston, como son la clorofila *a*, lípidos, carbohidratos, proteínas, diatomeas y microflagelados, los que aumentan durante primavera y parte del verano. El patrón estacional del "material alimentario" concuerda con aquellos obtenidos para los demás componentes del seston, lo que sugiere que este tipo de mediciones pueden ser consideradas relevantes para llegar a conocer la calidad y cantidad del alimento disponible a los organismos filtradores.

En base a nuestros resultados se

puede afirmar que el principal aporte de energía en forma de fitoplancton a los organismos suspensívoros de la bahía de Yaldad, está restringido sólo a algunos meses del año, por lo que estos deben responder eficientemente en la utilización de la oferta alimentaria natural disponible durante este período, con el fin de compensar la menor oferta de alimento que se presenta durante el resto del año. Estos resultados pueden ser considerados relevantes cuando se desea conocer la potencialidad de un determinado lugar del Sur de Chile para desarrollar actividades de acuicultura con organismos filtradores, ya que las fluctuaciones del seston se reflejarán en la reproducción y el crecimiento de estos organismos de importancia comercial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las facilidades entregadas por el personal de la Estación Experimental de Yaldad durante la realización del trabajo en terreno. El presente estudio fue financiado por la International Foundation for Science (Grant IFS A/1780-I), el Fondo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Grant Fondecyt 91-0907) y la Third World Academy of Science (Grant TWAS RG BC 890-073).

LITERATURA CITADA

- Barnes, H. & J.R. Heath. 1966. The extraction of glycogen from marine invertebrate tissues. *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* 13:115-117.
- Berg, J.A. & R.I.E. Newell. 1986. Temporal and spatial variations in the composition of seston available to the suspension feeder *Crassostrea virginica*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 23:375-386.
- Cadée, G.C. 1982. Tidal and seasonal variation in particulate and dissolved organic carbon in the Western Dutch Wadden Sea and Marsdiep tidal inlet. *Netherlands Journals of Sea Research* 15:497-513.
- Christensen, H. & E. Kannevorff. 1985. Sedimenting phytoplankton as major food source for suspension and deposit feeders in the Oresund. *Ophelia* 24:223-244.
- Dubois, M.; Gilles, K.A.; Hamilton, J.M.; Rebers, P.A. & F. Smith. 1956. Colorimetric method for the determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28:350-356.

- Gnaiger, E. 1983. Calculation of energetic and biochemical equivalents of respiratory oxygen consumption. In: Polarographic oxygen sensors, ed. E. Gnaiger and H. Forstner, Springer-Verlag, Berlin, Appendix C, pp. 337-345.
- Gnaiger, E. & G. Bitterlich 1984. Proximate biochemical composition and caloric content calculated from elemental CHN analysis: a stoichiometric concept. *Oecologia* 62:289-298.
- Kranck, K. 1980. Variability of particulate matter in a small coastal inlet. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37:1209-1215.
- MacDonald, B.A. & R.J. Thompson. 1985. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. I. Growth rates of shell and somatic tissue. *Marine Ecology Progress Series* 25:279-294.
- Marsh, J.B. & D.B. Weinstein. 1966. Simple charring method for determination of lipids. *Journal of Lipid Research* 7:574-576.
- Maita, Y. & M. Yanada. 1978. Particulate protein in coastal waters, with special reference to seasonal variation. *Marine Biology* 44:329-336.
- Mayzaud, P.; Taguchi, S. & P. Laval. 1984. Seasonal patterns of seston characteristics in Bedford basin, N.S., relative to zooplankton feeding: a multivariate approach. *Limnology and Oceanography* 29:745-762.
- Mayzaud, P.; Chanut, J.P. & R.G. Ackman. 1989. Seasonal changes of the biochemical composition of marine particulate matter with special reference to fatty acids and sterols. *Marine Ecology Progress Series* 56:189-204.
- Navarro, J.M. 1990. Influence of the natural food supply on the physiological energetics and biochemical storage cycles of the horse mussel *Modiolus* (Linnaeus). Ph. D. Thesis, Memorial University of Newfoundland, Canada. 131 pp.
- Navarro, J.M.; Clasing, E.; Urrutia, G.; Asencio, G.; Stead, R. & C. Herrera. (1993). Biochemical composition and nutritive value of suspended particulate matter over a tidal flat of southern Chile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 37:59-73.
- Newell, R.I.E. & B.L. Bayne. 1980. Seasonal changes in the physiology, reproductive condition and carbohydrate content of the cockle *Cardium edule* (= *Cerastoderma*) *edule* (Bivalvia: Cardiidae). *Marine Biology* 56:11-19.
- Parsons, T.R.; Stephens, K. & J.D.H. Strickland. 1961. On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankton. *Journal Fisheries Research Board of Canada* 18:1001-1016.
- Pocklington, R. 1985. Organic matter in the Gulf of St. Lawrence in winter. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42:1556-1561.
- Pocklington, R. & J.D. Leonard. 1979. Terrigenous organic matter in sediments of the St. Lawrence Estuary and the Saquenay Fjord. *Journal Fisheries Research Board of Canada* 36:1250-1255.
- Pomeroy, L.R. & D. Deibel. 1986. Temperature regulation of bacterial activity during the spring bloom in Newfoundland coastal waters. *Science* 233:359-361.

- Poulet, S.A.; Cossa, D. & J. C. Marty. 1986. Combined analysis of the size spectra and biochemical composition of particles in the St. Lawrence estuary. *Marine Ecology Progress Series* 30:205-214.
- Russell-Hunter, W.D. 1970. *Aquatic productivity: an introduction to some basic aspects of biological oceanography and limnology*. Collier-MacMillan, London.
- Scott, J.M. 1980. Effect of growth rate of the food alga in the growth/ingestion efficiency of marine herbivore. *Journal of Marine Biological Association U.K.* 60:681-702.
- Soniat, T.M.; Ray, S.M. & L.M. Jeffrey. 1984. Components of the seston and possible available food for oysters in Galveston Bay, Texas. *Contribution in Marine Science*, 27:127-141.
- Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*, 2nd edition. Bulletin Fisheries Research Board of Canada 167:310 pp.
- Thompson, R.J. 1984. The reproductive cycle and physiological ecology of the mussel *Mytilus edulis* in a subarctic, non-estuarine environment. *Marine Biology* 79:277-288.
- Toro, J.E. 1985. Annual cycle and composition of the phytoplankton in the Quempillen river estuary, Southern Chile. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 21:461-469.
- Vahl, O. 1980. Seasonal variation in seston and in the growth rate of the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F.Muller) from Balsfjord, 70°N. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology* 48:195-204.
- Widdows, J., Fieth, P. & C.M. Worrall. 1979. Relationships between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology* 50:195-207.
- Winter, J.; Toro, J.; Navarro, J.; Valenzuela, G. & O. Chaparro. 1984. Recent developments status and prospects of molluscan aquaculture on Pacific coast of South America. *Aquaculture* 39:95-134.
- Worrall, C.M.; Widdows, J. & D.M. Lowe. 1983. Physiological ecology of three populations of the bivalve *Scrobicularia plana*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 12:267-279.
- Zeitzschel, B. 1970. The quantity, composition and distribution of suspended particulate matter in the Gulf of California. *Marine Biology* 7:305-318.