

CARACTERISTICAS GRANULOMETRICAS Y COMPONENTES BIOQUIMICOS DE LOS SEDIMENTOS DE TRES ESTACIONES SUBMAREALES DE VALPARAISO

José Stuardo B.*, María A. Soto O.** , Héctor Andrade V.** y Rosa Aguilar V.

ABSTRACT. Particle size, organic carbon content, organic matter (M.O.), organic nitrogen, C/N ratio, proteins (P), lipids (L), carbohydrates (C) and caloric content (C.C.) are analyzed during an annual cycle for sediments of superficial layers in three benthic subtidal stations on the continental shelf of Valparaíso. Station 1 presents the following mean values: sand 22.64%, organic carbon 1.16%, organic matter 1.99%, organic nitrogen 0.10%, C/N ratio 14.29%, proteins 0.60%, lipids 0.34%, carbohydrates 1.05% and caloric content 0.1093 Kcal/g. Station 2: sand 3.19%, organic carbon 1.37%, organic matter 2.36%, organic nitrogen 0.11%, C/N ratio 14.81%, proteins 0.69%, lipids 0.37%, carbohydrates 1.29% and caloric content 0.1276 Kcal/g. Station 3: sand 23.07%, organic carbon 0.41%, organic matter 0.71%, organic nitrogen 0.03%, C/N ratio 15.36%, proteins 0.19%, lipids 0.19%, carbohydrates 0.32% and caloric content 0.0415 Kcal/g.

This results are discussed in relation to the origin and distribution of sediments, organic matter and water circulation. In addition this results are compared with those obtained in other areas.

INTRODUCCION

El estudio de los sedimentos marinos desde el punto de vista granulométrico, de su naturaleza química y distribución en la plataforma continental y fondos oceánicos profundos, ha sido obviamente de interés particular para los geólogos (Shepard 1973; Komar 1976); sin embargo, la importancia combinada de sus características físicas y constituyentes orgánicos, principalmente abordados

* Universidad de Concepción, Casilla 2407, Apartado 10, Concepción.

** Instituto de Oceanología, Universidad de Valparaíso, Casilla 13-D, Viña del Mar.

por Trask (1932, 1939), son también fundamentales en el estudio del bentos (Buchanan 1971). De este modo, ya desde los primeros trabajos de ecología bentónica y productividad de los fondos marinos se ha insistido en la necesidad de evaluar la trascendencia que tiene el detrito orgánico (o materia orgánica) y los componentes bioquímicos como fuente de alimento para los organismos detritívoros y limfívoros (Blegvad 1914, Petersen 1918, Bader 1954, Newell 1965, Darnell 1967, Longbottom 1970, Buchanan y Longbottom 1970, Johnson 1974). Por otra parte, en las últimas décadas, estudios cuantitativos sobre distribución de organismos bentónicos enfatizan la dependencia entre organismo y granulometría del sustrato (Lie 1968, Pearson 1970, Longbottom *op. cit.*, Arntz y Brunswig 1975, Pearson y Stanley 1978, Hughes 1979, y otros).

En Chile existe un número reducido de trabajos sobre sedimentos marinos, realizados por Reyes (1967), Vergara (1979), Valenzuela *et al.* (1979) y Valenzuela y Reyes (1980) para sectores costeros de Valparaíso y en forma muy somera por autores citados por Yáñez (1971) para la bahía de Concepción. Bandy y Rodolfo (1964) analizaron la distribución de foraminíferos y algunos parámetros asociados a los sedimentos del piso de la fosa Chile-Perú. Relaciones entre la distribución de otros grupos de organismos y el tipo de fondo, se encuentran en los trabajos de Ramorino (1968) y Stuardo *et al.* (1979a, 1979b, 1980) para Valparaíso, Ramorino y Muñiz (1970) para Mejillones, Clasing (1976) para la marisma de Chiquihue, Yáñez (*op. cit.*), Yáñez y Castillo (1973) y Retamal y Yáñez (1973) para la bahía de Concepción, aunque en estos dos últimos la información granulométrica se limita a mencionar el tipo de fondo en que se recolectaron las muestras biológicas.

Los estudios sobre componentes bioquímicos de los sedimentos marinos son muy escasos, tanto para proteínas como para lípidos y carbohidratos. De nuestro país sólo se conoce la información adelantada por Stuardo *et al.* (1980), la cual es ampliada en este trabajo.

La presente contribución, que formó parte del programa de investigación B-356-803 de la Universidad de Chile, comprende resultados obtenidos en el estudio granulométrico, contenido de materia orgánica y componentes bioquímicos de los sedimentos en tres estaciones submareales ubicadas en la plataforma continental de Valparaíso. Su objetivo fundamental es proporcionar información básica indispensable que permita, en el futuro, estimar valores de producción bentónica secundaria, como también, relacionar asociaciones bentónicas con características granulométricas, sedimentológicas e hidrológicas en este sector del Pacífico Sudoriental.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras utilizadas en este trabajo corresponden a un total de 36 obtenidas mensualmente -entre noviembre de 1978 y octubre de 1979- mediante una draga Van Veen de 0.1 m^2 , en tres estaciones bentónicas ubicadas en las posiciones que se señalan en la figura 1. La estación 1, más cercana a la costa y situada en una zona de mayor pendiente, presentó una profundidad media de 40 m con un rango entre 35 y 44 m. Las estaciones 2 y 3, ubicadas en profundidades medias de 54.5 y 34.5 m, mostraron rangos de 53 a 55 m y 33 a 35 m, respectivamente.

Hasta el mes de marzo de 1979 las muestras recibieron el siguiente tratamiento previo: a) extracción de organismos macroscópicos y conchas; b) separación y secado a 100°C de aproximadamente 900 g de sedimento a utilizarse en los análisis granulométricos y de lípidos; c) separación y secado a 60°C de alrededor de 30 g de sedimento a usarse en las determinaciones de materia orgánica y proteínas. A partir del mes de abril (1979) se separó además, una submuestra húmeda de 8 a 11 g del volumen inicial, para precisar posibles errores metodológicos introducidos en el análisis granulométrico de la fracción fina.

El análisis del tamaño de la partícula se efectuó según las técnicas descritas por Krumbein (1932), Krumbein y Pettijohn (1938) y Folk (1974). Es decir, la fracción fina (menor que 0.0625 mm) fue analizada por el método de la pipeta y la fracción gruesa (mayor que 0.0625 mm) por tamizado en seco con cedazos estándar. Dado el carácter no geológico de nuestra investigación, los intervalos del set de cernidores elegidos para el tamizado de la fracción gruesa, fue de 1ϕ y no de $1/2 \phi$ como lo recomienda Folk (*op. cit.*). Los porcentajes de la fracción fina aquí presentados -expresados como limo-arcilla- se calcularon por diferencia de los resultados obtenidos por el método de tamices, ya que los determinados por pipeteo se descartaron, debido al distinto contenido de arena observado en algunas de las muestras. El tratamiento estadístico de la granulometría de la fracción gruesa se realizó de acuerdo a Folk (*op. cit.*) y contempló la distribución de los tamaños de las partículas y el grado de uniformidad o clasificación del sedimento. El tamaño de la partícula se expresó como el promedio gráfico de Folk (M_z).

Las proteínas se analizaron por medio del método de digestión microkjeldahl (Horwitz 1975). Los lípidos se determinaron por extracción Soxhlet usando una mezcla de cloroformo-metanol en

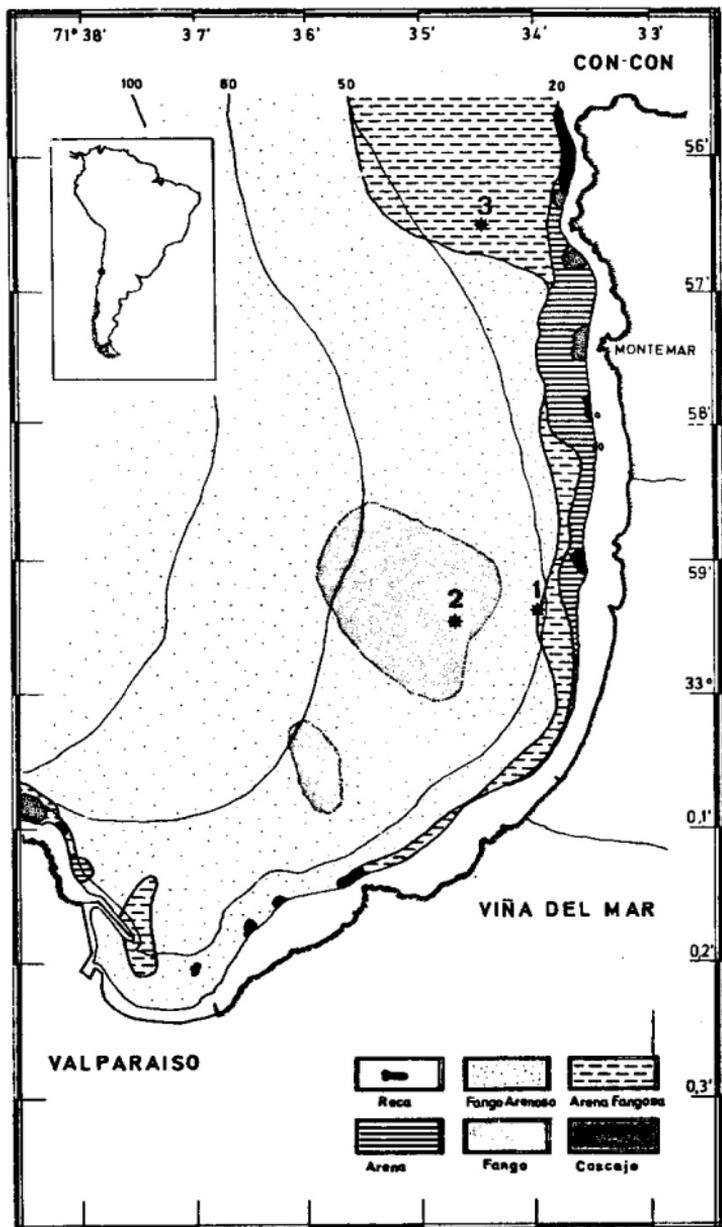


Fig. 1. Mapa de la bahía de Valparaíso y ubicación de las estaciones (modificado de Reyes 1967).

proporción 2: 1 (Giese 1967).

El carbono orgánico se determinó siguiendo, con ligeras variaciones, el método de Walkley y Black (1934). Las modificaciones consistieron en la disminución de la concentración de la sal de Mohr a 0.5 N y la utilización de ferroína 1/40 M como indicador. La materia orgánica (M.O.) se calculó aplicando el factor 1.72.

RESULTADOS

Granulometría

Los resultados obtenidos se detallan en las tablas 1, 2 y 3 y en la figura 2.

La estación 1 presenta una variación del porcentaje de arena entre 4.29 y 44.55%, con promedios gráficos entre 2.00 y 3.07 (arena fina y muy fina) y desviaciones estándar gráficas correspondientes a grados de clasificación considerados desde mal clasificados, en los meses de agosto a diciembre, a moderadamente o moderadamente bien clasificados en la mayoría de los otros meses. La estación 2 se caracteriza por presentar bajos porcentajes de arena, con una variación entre 1.55 y 4.64%, promedios gráficos que varían entre 2.60 y 3.00 (arenas finas) y variaciones estándar gráficas correspondientes a grados de clasificación considerados como mal clasificados en los meses de septiembre y octubre, moderadamente clasificados en los meses de noviembre y agosto, moderadamente bien clasificados en los meses de enero, febrero y mayo, bien clasificados en los meses de diciembre, marzo y muy bien clasificados en el mes de abril. Los fondos de la estación 3 presentan porcentajes de arenas más altos que la estación 2 y menos fluctuantes que la estación 1 variando entre 18.17 y 34.26%, promedios gráficos entre 2.63 y 3.13% (arena fina y muy fina) y desviaciones estándar inclusivas correspondientes a grados de clasificación considerados como moderadamente bien clasificados, bien clasificados y muy bien clasificados, predominando este último a partir de febrero.

Se puede señalar que, si bien el tamaño medio de las partículas es semejante en la fracción arenosa de los sedimentos de los tres fondos estudiados, la proporción en que esta fracción se encuentra con respecto al total de la muestra (considerada como porcentaje de arena) es diferente.

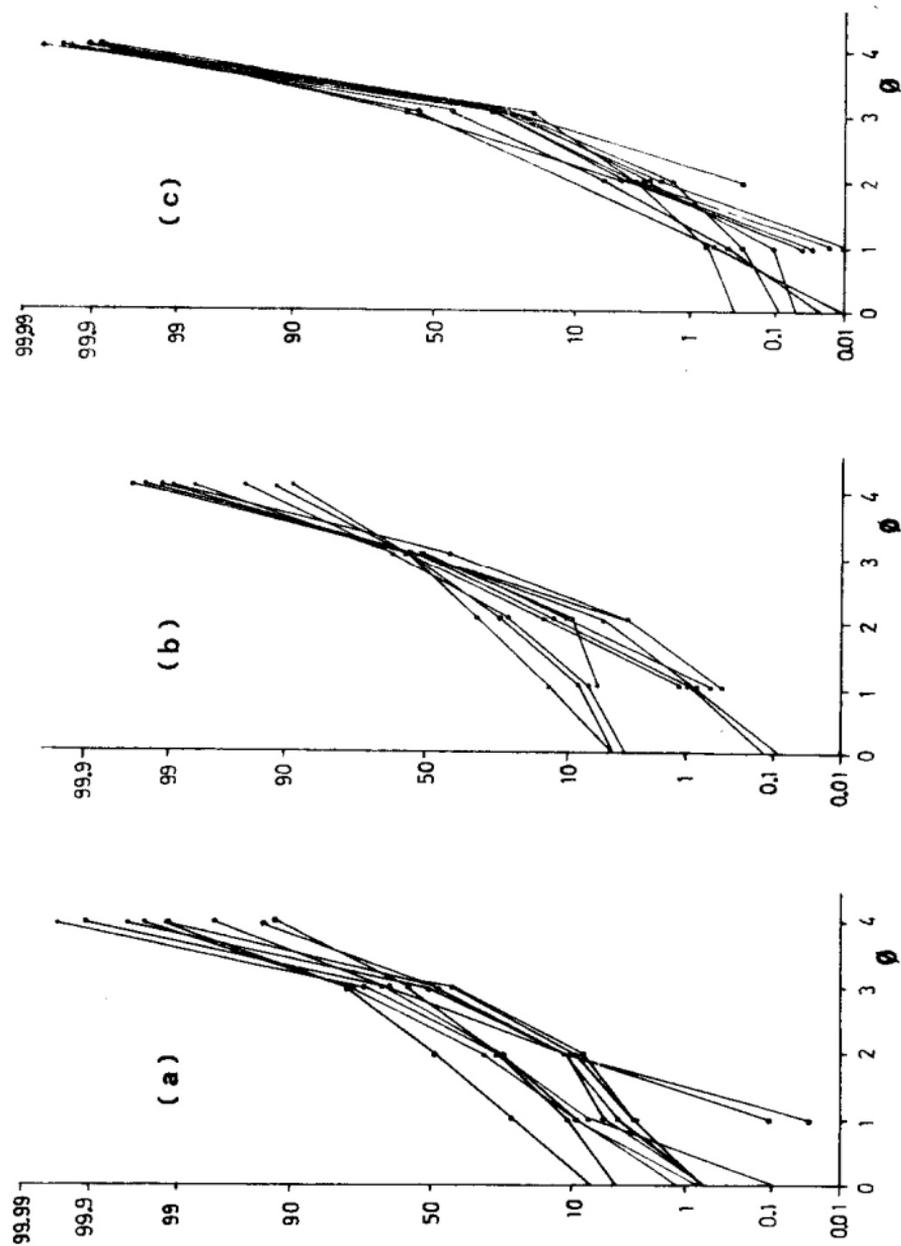


Fig. 2 a. Curva acumulativa de la fracción arenosa para la estación 1.
b. Curva acumulativa de la fracción arenosa para la estación 2.
c. Curva acumulativa de la fracción arenosa para la estación 3.

Análisis Químico

La distribución de frecuencias relativas del contenido de C orgánico (fig. 3a) en las tres estaciones que comprende este estudio fue bimodal, observándose grupos de concentración baja (<0.66%), intermedia (0.66-1.22%) y "alta" (>1.22%); los grupos de valores bajos se encontraron sólo en la estación 3, mientras que los "altos", principalmente en la estación 2. Para la estación 1 los porcentajes promedios de C orgánico (fig. 4), variaron entre 0.75% y 1.61%, con una media de 1.16% y una desviación estándar (D.S.) de 0.26; para la estación 2 (fig. 5), el rango de variación de C orgánico fue de 1.29 a 1.43%, con una media de 1.37 y una D.S. de 0.05; la estación 3 (fig. 6), presentó los porcentajes más bajos de C orgánico (0.24 a 0.67%), con una media de 0.41 y una D.S. de 0.11.

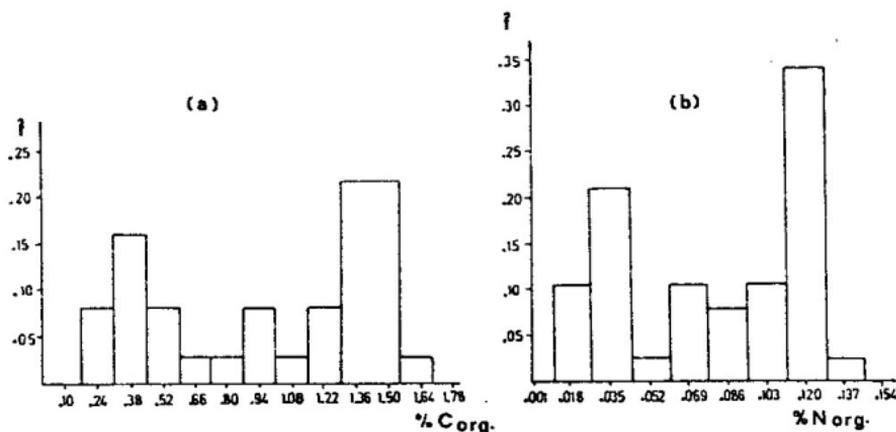


Fig. 3 a. Distribución de frecuencias relativas del carbono orgánico.
b. Distribución de frecuencias relativas del nitrógeno orgánico.

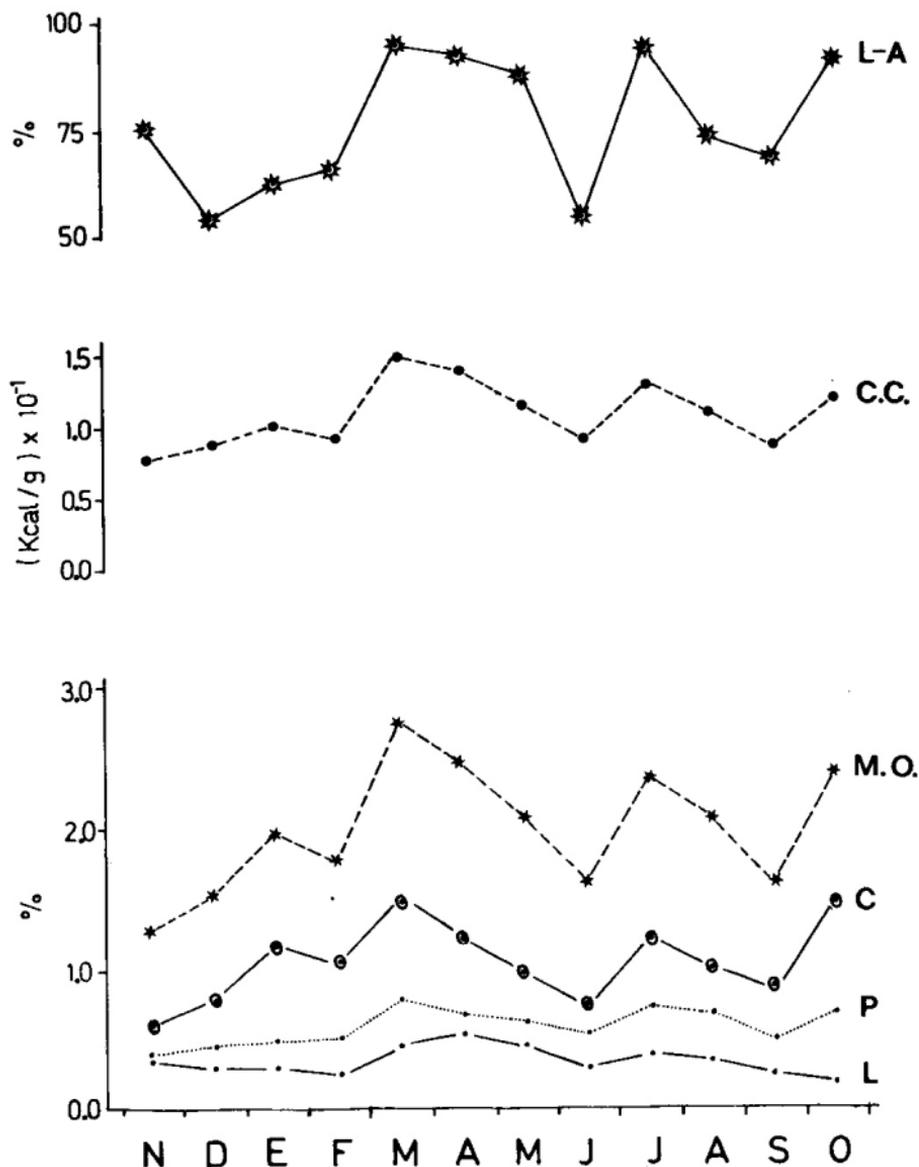


Fig. 4. Relación entre el contenido de lípidos (L \leftarrow), proteínas (P \cdots), carbohidratos (C \odot), materia orgánica (MO \ast), contenido calórico (C.C. \dashv) y el porcentaje de fracción fina (L-A \ast) de la estación 1.

Las variaciones del contenido de M.O. se presentan por estación en las figuras 4, 5 y 5. Para la estación 1 (fig. 4), los porcentajes fluctuaron entre 1.29 y 2.77 (la mayor variación constata-da), con un promedio mensual de 1.99% y una D.S. de 0.43; en la estación 2 (fig. 5), los porcentajes fluctuaron entre 2.22 y 2.46%, con un promedio mensual de 2.36% y una D.S. de 0.08; en la estación 3 (fig. 6), la variación resultó ser de 0.41 a 1.15% con un promedio mensual de 0.71% y una D.S. de 0.20.

La distribución de frecuencias relativas del N orgánico en las tres estaciones (fig. 3b), fue similar a la del C orgánico. Los valores bajos (<0.05) se encontraron sólo en la estación 3, y los "altos" (>0.10%) principalmente en la estación 2. La estación 1 presentó un rango de variación entre 0.06 y 0.13%, con un promedio de 0.10% y una D.S. de 0.02. El rango de variación para la estación 2 fue de 0.07 a 0.12%, con un valor promedio de 0.11% (el más alto de las tres estaciones) y una D.S. de 0.02. La estación 3 presentó valores mensuales y promedios más bajos que las demás estaciones, variando entre 0.02 y 0.05%, con un promedio de 0.03% y una D.S. de 0.01.

En cuanto a la relación C/N (fig. 7a), considerando las tres estaciones en conjunto, se obtuvo un valor promedio de 14,84, una ecuación de regresión $y = 11.51x + 0.07$ y coeficiente de correlación de 0.95. La estación 1 presentó un rango de variación entre 12.62 y 16.95, con un valor promedio anual de 14.29; en la estación 2 este rango fluctuó entre 12.62 y 22.54, con un promedio de 14.81, mientras que en la estación 3 el rango fue de 10.75 a 17.92 y el promedio anual de 15.36, el mayor de las tres estaciones.

Los valores de proteínas (figs. 4, 5 y 6) encontrados en cada una de las estaciones fueron las siguientes: para la estación 1, los porcentajes mensuales variaron entre 0.38 y 0.81%, con un promedio mensual de 0.60% y una D.S. de 0.13; los valores encontrados en la estación 2 variaron entre 0.44 y 0.75%, con un promedio mensual de 0.69% y una D.S. de 0.09, pero los valores más bajos se encontraron en la estación 3, con una variación de 0.12 a 0.31%, un promedio mensual de 0.19% y una D.S. de 0.05.

Los valores de lípidos se representan en las figuras 4, 5 y 6. La estación 1 presentó un rango de variación de 0.22 a 0.55%, con un promedio de 0.34% y una D.S. de 0.10; en la estación 2 el rango de variación fue de 0.30 a 0.49%, con un promedio de 0.37% y una D.S. de 0.06. Los valores más bajos, al igual que los de proteínas, corresponden a los de la estación 3, con un rango de variación de 0.15 a 0.27%, un promedio de 0.19% y una D.S. de 0.04.

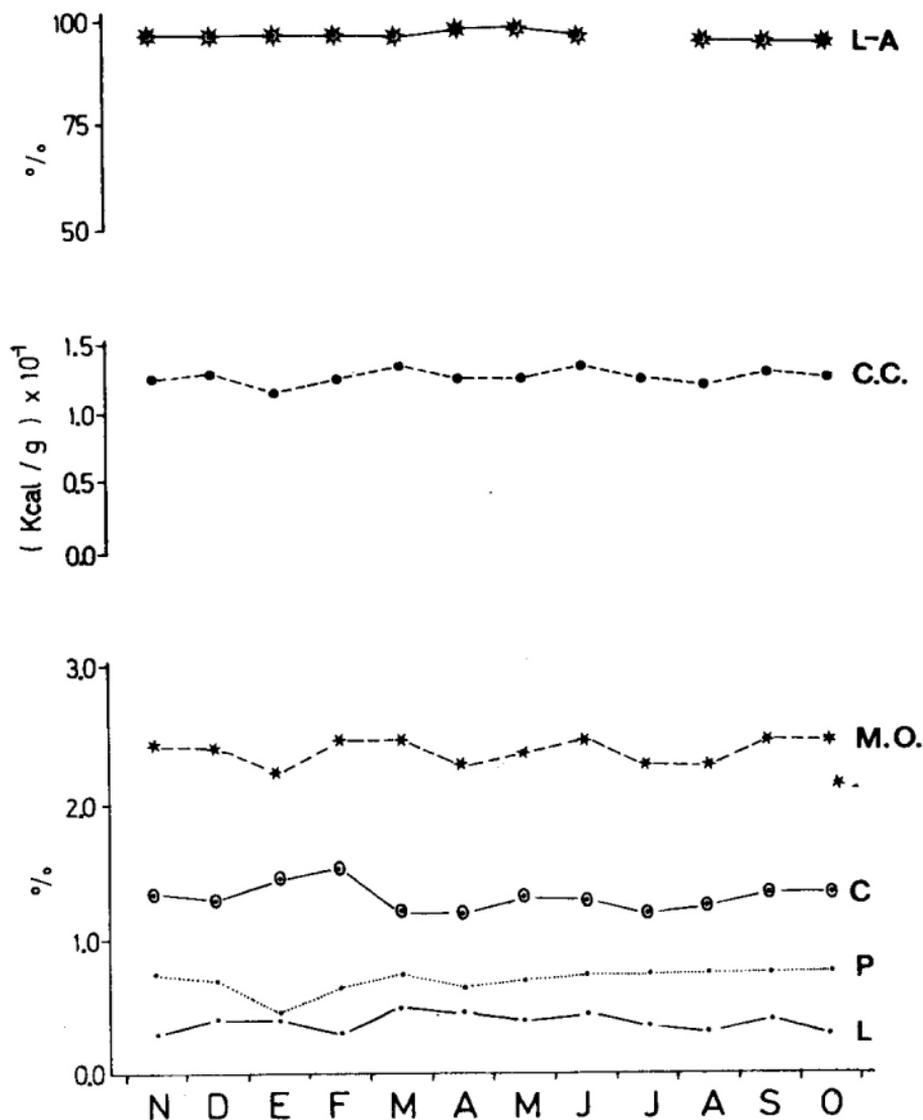


Fig. 5. Relación entre el contenido de lípidos (L \longrightarrow), proteínas (P $\cdots\cdots\cdots$), carbohidratos (C $\bigcirc\text{---}\bigcirc$), materia orgánica (M.O. $\ast\text{---}\ast$), contenido calórico (C.C. $\text{---}\text{---}\text{---}$) y el porcentaje de fracción fina (L-A $\ast\text{---}\ast$) de la estación 2.

Como se explica en materiales y métodos, los valores para carbohidratos se obtuvieron por diferencia y se encuentran representados en las figuras 4, 5 y 6. En la estación 1, los porcentajes variaron entre 0.58 y 1.51%, con un promedio de 1.05% y una D.S. de 0.29; para la estación 2 este rango fluctuó entre 1.18 y 1.52%, con un promedio de 1.29% para todo el ciclo y una D.S. de 0.10; los valores de la estación 3 variaron entre 0.12 y 0.65%, con un promedio de 0.32% y una D.S. de 0.14.

Los valores de contenido calórico de los sedimentos, para cada una de las estaciones, aparecen representados en las figuras 4, 5 y 6. Para la estación 1 el rango de variación fluctuó entre 0.0765 y 0.1508 Kcal/g, con un promedio de 0.1093 Kcal/g y una D.S. de 0.02; la estación 2 presenta un rango de variación entre 0.1177 y 0.1379 Kcal/g, con el valor promedio más alto (0.1276 Kcal/g) de las tres estaciones y una D.S. de 0.01; la estación 3 presenta los valores más bajos con un rango entre 0.0278 y 0.0622, un promedio de 0.0415 y una D.S. de 0.01.

DISCUSION

Granulometría

Los resultados obtenidos en este estudio no son siempre comparables con los de otros autores. Reyes (*op.cit.*), quien ha descrito en mayor detalle los fondos de la bahía, utilizó la escala granulométrica de Thoulet (Rouch 1943) la cual clasifica los sedimentos en: arena, aquellos con un 5% máximo de fango; arena-fangosa, los que tienen entre un 5 a 25% de fango; fango-arenoso, aquellos con 25 a 90% de fango y fango, los que presentan más de un 90% de fango. Además, Reyes (*com.pers.*) usó el término fango para el sedimento compuesto de granos con diámetro menor de 0.05 mm, es decir para el que está constituido por partículas inferiores a las arenas. En cambio, en el presente trabajo, se empleó la escala de Wentworth, en la cual las partículas de menor tamaño que las arenas (<0.0625 mm) reciben el nombre de limos y arcillas. Al correlacionar los resultados de ambos estudios sólo la estación 2 coincidiría con los entregados por Reyes (*op.cit.*); la estación 3 presenta características de fango-arenoso y no de arena-fangosa, mientras que la estación 1 incluye sectores constituidos por fango-arenoso y fango y no de arena-fangosa y fango-arenoso.

Valenzuela *et al.* (*op.cit.*) en un estudio de 94 muestras de sedimentos recolectadas en la plataforma entre Punta Curaumilla y

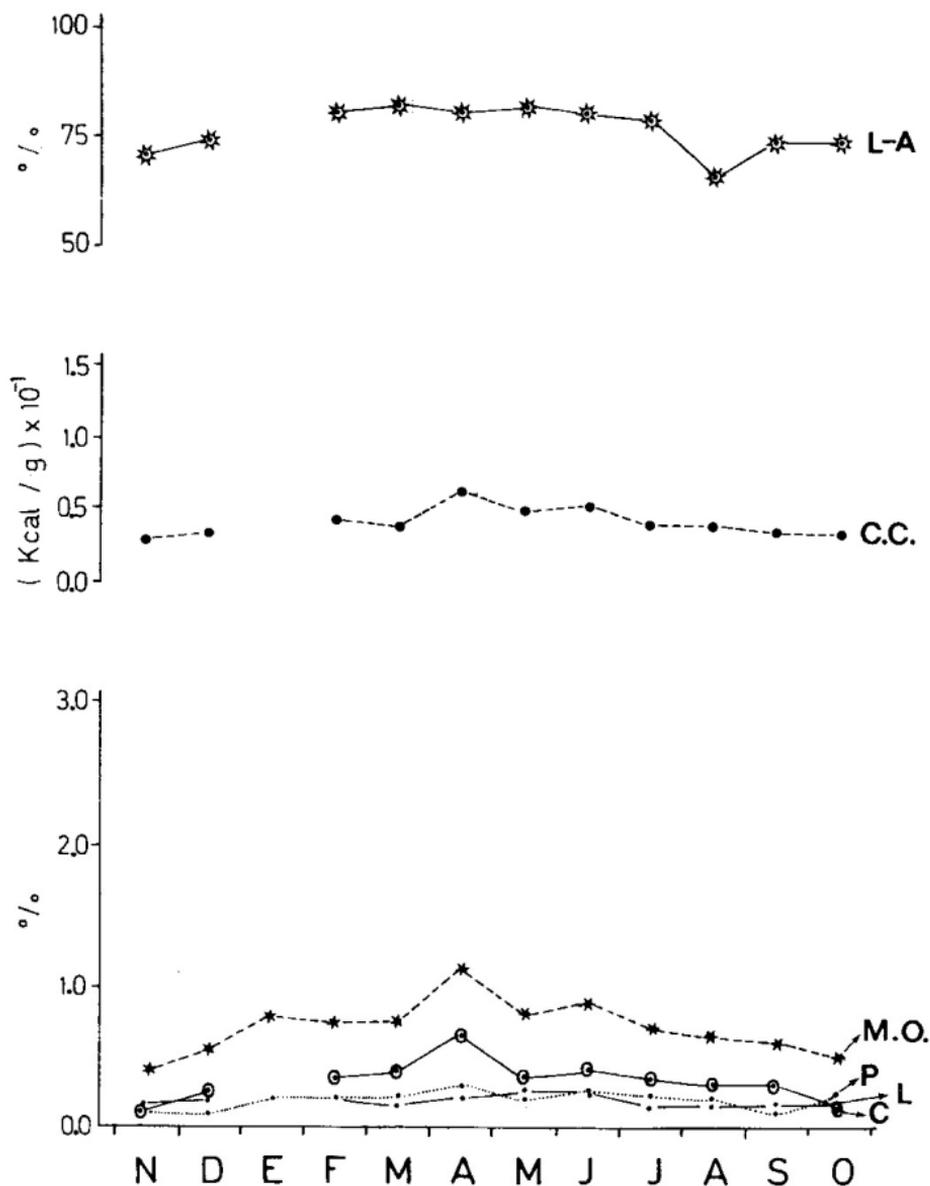


Fig. 6. Relación entre el contenido de lípidos (L •—•), proteínas (P), carbohidratos (C ⊙—⊙), materia orgánica (M.O. *---*), contenido calórico (C.C.----) y el porcentaje de fracción fina (L-A *—*) de la estación 3.

Concón señalan que el 36.17% corresponde a arena muy fina y el 44.66% a limo grueso, porcentajes cercanos a los obtenidos en el presente trabajo. Considera, además, que el 90% de los sedimentos del área costera de Valparaíso tiene un origen terrígeno y consisten en pellets aglutinados por materias orgánicas y en menor proporción por partículas de cuarzo, micas, feldespatos, anfíbolos y óxidos de hierro, los que provienen mayoritariamente de rocas ígneas (78%) y en menor proporción de rocas metamórficas (22%).

Con respecto a la repartición de los sedimentos en las tres estaciones estudiadas, consideradas en el tiempo, es necesario hacer resaltar la aparición de partículas de mayor tamaño (2.0 y 4.0 mm) a partir del mes de agosto (tablas 1, 2 y 3). Aunque no se reflejó, mayormente, en el contenido de M.O. o en la relación C/N, esto se produciría por el aumento de aportes terrígenos provenientes del río Aconcagua y esteros vecinos, los que incrementan su caudal como consecuencia de las lluvias y deshielos. Los aumentos de estos caudales sólo son visibles en el mes de enero, en el cual se constata, para las tres estaciones, el valor máximo de la relación C/N (fig. 7). Reyes (*op.cít.*) ha sugerido que la existencia de una zona de fango puro en un sector de la plataforma de Valparaíso, entre 50 y 80 m, correspondería a un área marginada de un régimen activo de corrientes. Esta hipótesis se ve apoyada por la postulación de un patrón de circulación constituido de dos flujos contrapuestos (Empresa Municipal de Desagües 1974) con una zona de baja velocidad en el centro de esos dos flujos, donde se favorecería la decantación de sedimentos finos (Fonseca y Hickman 1978), área en la cual está ubicada nuestra estación 2. De acuerdo a estos autores la zona correspondiente a nuestra estación 3, podría estar relacionada con un flujo hacia el sur de las aguas provenientes del río Aconcagua, el que alcanzaría hasta la altura de Montemar.

Análisis Químico

Con respecto al carbono orgánico, se constata que los valores obtenidos en las tres estaciones son relativamente bajos en comparación a los encontrados en estuarios, bahías cerradas y lagunas costeras (Stuardo y Villarroel 1976). Valores relativamente similares, cercanos a nuestro máximo de 1.62% (estación 1), han sido descritos para la plataforma continental catalana por Gadel (1975) a 20 m de profundidad, en Villefranche por Ros (*op.cít.*) a 50 m de profundidad y Roscoff entre 0 y 8 m por Rullier (1959). Valores superiores a 4 y 5% se han encontrado entre 50 y 70 m en las

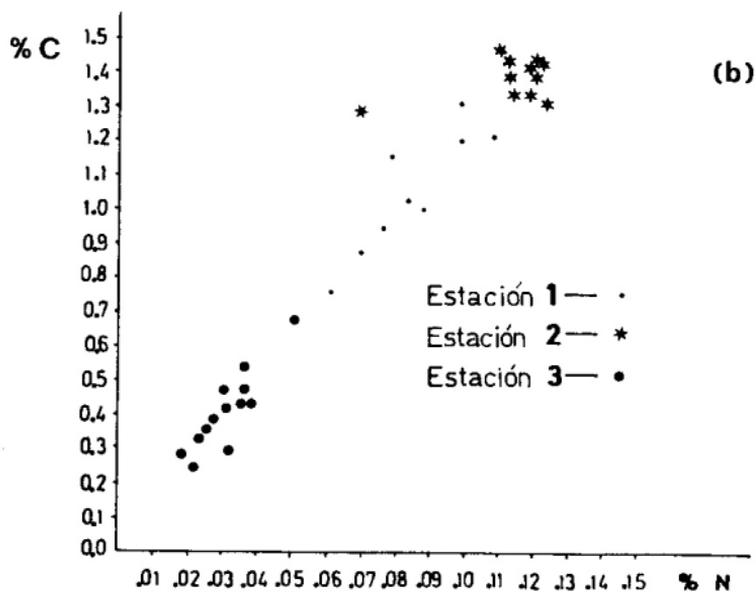
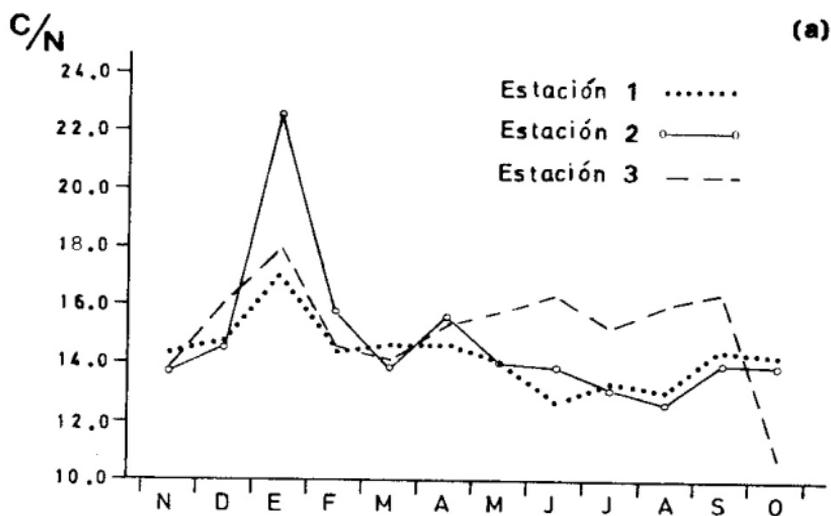


Fig. 7 a. Relación C/N para cada una de las estaciones.

b. Contenido de C orgánico y N orgánico para las tres estaciones.

costas de Canadá (Pocklington 1976 y Hughes *op.cit.*), Escocia (Pearson *op.cit.*, Pearson y Stanley *op.cit.*), Maine (Bader *op.cit.*) y en la fosa Chile-Perú (Bandy y Rodolfo *op.cit.*).

El hecho de que el contenido de carbono orgánico -y en consecuencia, de materia orgánica- sea más alto en sedimentos de grano fino que en los gruesos, ha sido corroborado por diversos autores (Trask *op.cit.*, Newell *op.cit.* y otros). De las tres estaciones que comprende este estudio, la estación 1 presenta las más grandes variaciones en el contenido de M.O., atribuibles a la heterogeneidad granulométrica de los sedimentos (tabla 1) y a posibles aportes de desechos urbanos desde vertimientos más próximos (enero, 1979). El mayor contenido de M.O. observable en la estación 2 y la escasa variabilidad de su rango (2.22-2.46%), parece deberse a que el régimen hidrodinámico de ese sector, como se mencionó anteriormente, permite un ritmo de sedimentación de material fino relativamente constante, lo que a su vez produce un aumento del área superficial total del sedimento posible de ser colonizado por bacterias y otros microorganismos transformadores de la M.O.; además, como se discutirá más adelante, la proporción de proteínas, lípidos y carbohidratos y la relación C/N, indican que esta estación no estaría directamente influenciada por descargas de desechos domésticos. La estación 3, pese a su cercanía al río Aconcagua, presentó los valores más bajos de M.O. y porcentajes de arena (en promedio) ligeramente más altos que las otras estaciones; ésto se debería a su ubicación en un área con régimen de corrientes más intensas, el cual impediría la decantación de sedimento fino sobre el que se podría adsorber M.O.

Como se demuestra en la tabla 4, las determinaciones de nitrógeno orgánico son escasas y, en general, los valores encontrados son inferiores a 0.15%; valores más altos (0.40%) han sido registrados por Pocklington (*op.cit.*) para Canadá y por Bandy y Rodolfo (*op.cit.*), con el valor máximo conocido (0.79%), para la fosa Chile-Perú.

Se ha sugerido una relación inversa entre el tamaño de la partícula y contenido de nitrógeno orgánico (Newell *op.cit.*, Longbottom *op.cit.*), lo cual también es corroborado en nuestro estudio. Los valores para nuestras estaciones caen en el rango esperable para sectores sublitorales; los promedios y el rango de variación para las estaciones 1 y 2 son muy similares, no así entre éstas y la estación 3 cuyos valores más bajos, pueden relacionarse con el escaso contenido de materia orgánica y el tamaño medio de las partículas de sus fondos.

Según Gadel (*op.cít.*) la razón C/N permite inferir el origen y la evolución de la materia orgánica, aún cuando la interpretación de sus variaciones sea a menudo delicada. Este mismo autor, luego de analizar valores obtenidos para la costa catalana, concluye que valores relativamente elevados (C/N de 8 a 15) manifiestan fuertes aportes terrígenos enriquecidos con material vegetal arrastrados por los cursos de las aguas locales, y que resultados más bajos (C/N de 4 a 8), de las regiones meridionales y septentrionales, provienen más bien de aportes marinos, plancton o algas por ejemplo, o de una mejor conservación del material nitrogenado. Pocklington (*op.cít.*) revisó estas mismas ideas en base a análisis de sedimentos del Golfo de San Lorenzo (Canadá), obteniendo para la razón C/N valores entre 6 y 50, con un promedio de 10 y una distribución muy asimétrica; los valores elevados fueron escasos y de distribución limitada; su análisis estadístico demostró que el coeficiente de regresión no era significativamente diferente de la unidad. El mismo Pocklington, luego de comparar los coeficientes de regresión calculados o inferidos por otros autores, llegó a la conclusión que la razón C/N es estadísticamente constante en un ambiente cualquiera, aunque el valor medio de la razón no es la misma para todos ellos y que los sedimentos con cantidades de C desproporcionalmente altas, pero no así de N, pueden ser identificados por su desviación de la pendiente. Los resultados obtenidos en el presente estudio (fig. 7b) corroboran la constancia de la relación C/N, como se desprende de la ecuación de regresión ($y = 11.51x + 0.07$) y del coeficiente de correlación ($r = 0.98$). Los altos valores promedios encontrados en las tres estaciones (superiores a 14.0) indicarían que el aporte de M.O. en el sector que cubre este estudio es claramente de origen continental. Como era predecible, el valor promedio máximo correspondió a la estación ubicada más cerca de la desembocadura del río Aconcagua (estación 3); sin embargo, el que esta relación no sea significativamente superior y que el contenido en M.O. sea el menor de las tres estaciones, sugeriría que gran parte de ella está siendo desplazada a otros sectores de la plataforma continental debido, principalmente, a los patrones de circulación propuestos por otros autores ya mencionados anteriormente.

En general, se observa una estrecha relación entre la variación del contenido de M.O. y la variación de los componentes bioquímicos (figs. 4, 5 y 6). Al mismo tiempo, tanto las variaciones de M.O. como las de los componentes bioquímicos están en relación inversa a las variaciones del contenido de la fracción fina de los sedimentos (figs. 4, 5 y 6).

Al calcular el contenido de proteínas a partir de los resultados de N orgánico obtenido por Bandy y Rodolfo (*op.cit.*) para la fosa Chile-Perú, se obtiene un valor promedio de 2.7%, con un rango de variación entre 0.73 y 6.36%; al hacer otro tanto con el trabajo de Ros (*op.cit.*), pero considerando sólo los valores de N orgánico entregados por él hasta una profundidad máxima de aproximadamente 55 cm de la capa de sedimentos, obtenemos un valor promedio de 0.06 y un rango de variación entre 0.27 y 0.59%. Para el trabajo de Rullier (*op.cit.*) obtuvimos un rango entre 0 y 0.63%, con un promedio de 0.11%. En nuestro estudio, el valor promedio más alto se obtuvo para la estación 2 y alcanzó a 0.69%; el más bajo fue de 0.19% y correspondió a la estación 3. Como se puede apreciar, existen claras diferencias en el contenido de proteínas de los sedimentos estudiados por los autores antes mencionados y los de este estudio; los mayores valores se encontrarían en los sedimentos de las grandes profundidades, lo que indicaría el fuerte aporte de material de origen marino sobre los fondos abisales, manifestándose, además, en los bajos valores de la razón C/N ya discutida. Sedimentos con bajo contenido proteico y altos valores para la razón C/N -como los de nuestro estudio- reflejan que la M.O. y compuestos bioquímicos presentes en ellos, corresponden a materiales aportados al ambiente marino por vegetales de origen terrestre, cuyo contenido en N orgánico es inferior al que poseen los vegetales y animales marinos.

En relación a los valores para lípidos, el único trabajo a nuestro alcance ha sido el de Ros (*op.cit.*), cuyo rango de variación no dista demasiado del obtenido por nosotros. Llama la atención, sin embargo, la poca preocupación que ha existido hasta ahora en conocer el contenido lipídico de los sedimentos, a pesar de la trascendencia que significa su aporte energético al sistema béntico.

Sobre contenido calórico de los sedimentos no conocemos información publicada, pero comparando los valores obtenidos en algunos organismos bentónicos de la misma área (Stuardo *et al.*, *op.cit.*), los del sedimentos son muy bajos.

Este estudio espera contribuir al conocimiento del aporte energético que tienen los sedimentos al ecosistema marino sublitoral de Valparaíso, área en que los altos valores de productividad fitoplanctónica son ampliamente conocidos.

CONCLUSIONES

Los sedimentos de las tres estaciones son predominantemente finos y están altamente enriquecidos con material vegetal terrígeno. La granulometría, contenido de compuestos orgánicos y otros parámetros considerados en este trabajo, muestran escasa variación durante el ciclo, con excepción de la relación C/N la cual mostró un incremento notorio en el mes de enero.

Se corrobora que el mayor contenido de compuestos orgánicos está asociado a la presencia de partículas de grano más fino y que la razón C/N es mayor a medida que el tamaño de la partícula aumenta. La relación entre grano fino y contenido de C orgánico y N orgánico, también es válida para el contenido calórico de los sedimentos.

Las diferencias granulométricas y químicas, entre las tres estaciones, apoyarían las sugerencias hechas por otros autores en relación al sistema hidrodinámico de la bahía.

LITERATURA CITADA

- Arntz, W.E. y D.Brunswig. An approach to estimating the production
1975 of macrobenthos and demersal fish in a western Baltic
community. Merentutkimuslait. Julk. Havsforskningsinst. Skr., 239: 195-205.
- Bader, R.G. The role of organic matter in determining the
1954 distribution of pelecypods in marine sediments. J. Mar. Res., 13: 32-47.
- Bandy, O.L. y K.S. Rodolfo. Distribution of foraminifera and
1964 sediments, Perú-Chile Trench area. Deep-Sea Research, 11: 817-837.
- Blegvad, H. Food and conditions of nourishment among the communi-
1914 ties of invertebrate animals found on or in the sea bottom in Danish Waters. Rep.Dan.Biol.Stat., 22: 41-78.
- Buchanan, J.B. y M.R. Longbottom. The determination of organic
1970 matter in marine muds: the effect of the presence of coal and the routine determination of protein. J. exp. mar. Biol. Ecol., 5: 158-169.
- Buchanan, J.B. Sediments. En: Methods for the study of Marine
1971 Benthos, I.B.P. Handbook N° 16, pp. 30-52. N.A. Holme y A.D. McIntyre (ed.), Blackwell, Oxford y Edinburgh.

- Clasing, E. Fluctuaciones anuales de la meiofauna en la marisma de
1976 Chinquihue (Puerto Montt, Chile). Studies on Neotropical
Fauna and Environment, 11: 179-198.
- Darnell, R.M. Organic detritus in relation to the estuarine
1967 ecosystem. En: Estuaries, 83, pp. 376-382. G.H. Lauff
(ed.), American Association for the Advancement of
Science, Washington, D.C.
- Empresa Municipal de Desagües. Cuenca del Marga Marga. Estudio de
1974 factibilidad técnico y económico para el uso múltiple de
los recursos hidráulicos. 546 pp., Valparaíso.
- Folk, R.L. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Pub. Co. Texas.
1974
- Fonseca, T.R. y V. Hickmann. Contribución al conocimiento de las
1978 condiciones oceanográficas de la bahía de Valparaíso.
Inv. Mar., 6 (5): 73-86.
- Gadel, F. Distribution de la matière organique sur le plateau
1975 continental Catalan: Le carbone et l'azote. Vie et
Milieu, 25 (1 B): 141-156.
- Giese, A.C. Some methods for study of the biochemical constitution
1967 of marine invertebrates. En: Oceanography and Marine
Biology, 5, pp. 159-186. Harold Barnes (ed.), George
Allen y Unwin Ltd., London.
- Horwitz, W. Official methods of the analysis of the association of
1975 official analytical chemists, 1094 pp., Association of
Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Hughes, T.G. Studies on the sediment of St. Margaret's Bay, Nova
1979 Scotia. J. Fish. Res. Board Can., 36: 529-536.
- Johnson, R.G. Particulate matter at the sediment water interface
1974 in coastal environments. J. Mar. Res., 32: 313-330.
- Komar, P.D. Beach processes and sedimentation, 429 pp., Prentice
1976 Hall, Inc., New Jersey.
- Krumbein, W.C. The mechanical analysis of fine-grained sediments.
1932 J. sedim. Petrol., 2 (3): 140-149.
- Krumbein, W.C. and F.J. Pettijohn. Manual of Sedimentary Petrography
1938 549 pp., Appleton-Century-Crofts, Inc., New York.
- Lie, U. A quantitative study of benthic infauna in Puget Sound,
1968 Washington, U.S.A., in 1963-1964. Fiskeridir. Skr. Ser.
Havunders., 14 (5): 229-556.
- Longbottom, M.R. The distribution of *Arenicola marina* (L.) with
1970 particular reference to the effects of particle size and
organic matter of the sediments. J.exp.mar.Biol.Ecol.,
5: 138-157.
- Newell, R. The role of detritus in the nutrition of two marine
1965 deposit feeders, the prosobranch *Hydrobia ulvae* and the
bivalve *Macoma balthica*. Proc.Zool.Soc.Lond., 144:25-45.

- Pearson, T.H. The benthic ecology of Loch Linnhe and Loch Eil, a sea-loch system on the west coast of Scotland. I. The Physical environment and distribution of the macro-benthic fauna. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 5: 1-34.
- Pearson, T.H. y S.O. Stanley. The benthic ecology of some Shetland voes. En: *Biology of Benthic Organisms*, pp. 503-512. B.F. Keegan, P.O. Ceidigh and P.J.S. Boaden (ed.), Pergamon Press Ltd., Oxford.
- Petersen, C.G.J. The sea bottom and its production of fish food. A survey of the work done in connection with the valuation of Danish waters from 1883-1917. *Rep. Dan. Biol. Stat.*, 25: 1-62.
- Pocklington, R. Terrigenous organic matter in surface sediments from the Gulf of St. Lawrence. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33 (1): 93-97.
- Ramorino, L. Pelecypoda del fondo de la bahía de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar.*, 13 (3): 175-186.
- Ramorino, L. y A.M. Muñoz. Estudio cuantitativo general sobre la fauna del fondo de la bahía de Mejillones. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaíso, 14 (2): 79-93.
- Retamal, M.A. y L.A. Yáñez. Análisis cuali y cuantitativo de los decápodos de los fondos sublitorales blandos de la bahía de Concepción, Chile. *Gayana (Zoología)*, 23: 1-48.
- Reyes, E. Carta batilitológica de Valparaíso. *Rev. Biol. Mar.*, 13 (1): 59-69.
- Ros, J. Contribución al estudio de la materia orgánica en los sedimentos marinos de la cuenca occidental del Mediterraneo. *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 127: 1-31.
- Rouch, J. La nature du fond. En: *Traité d'océanographie physique*, 1943 T. 1, pp. 109-127. Payot, Paris.
- Rullier, F. Etude bionomique de L'Aber de Roscoff. *Trav.Stn. Biol. de Roscoff (Nouvelle Série)*, Tomo X: 1-350.
- Shepard, F.P. *Submarine Geology*. X + 517 pp., Harper and Row, New York.
- Stuardo, J. y M. Villarroel. Aspectos ecológicos y distribución de los moluscos en las lagunas costeras de Guerrero, México. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 3 (1): 65-92.
- Stuardo, J., H. Andrade y M.A. Soto. Dinámica parcial e importancia de asociaciones faunísticas en fondos de la bahía de Valparaíso ante efectos posibles de impacto ambiental. *Actas del 3er. Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria*. 15 pp., 1 lám., 6 figs.

- Stuardo, J., H. Andrade y M.A. Soto. Aportes a una estimación de 1979b "producción anual" bentónica en fondos costeros de la bahía de Valparaíso. Archivos de Biología y Medicina Experimentales, 12 (4): 545.
- Stuardo, J., M.A. Soto y H. Andrade. Aspectos hidrológicos y sedimentológicos en relación a asociaciones macrobentónicas en la bahía de Valparaíso, 1978-1980. Archivos de Biología y Medicina Experimentales, 13 (1): 113.
- Stuardo, J., M.A. Soto, R. Aguilar y J.C. Torres. Componentes bioquímicos y valores calóricos en sedimentos e invertebrados en fondos de la bahía de Valparaíso. Archivos de Biología y Medicina Experimentales, 13 (1): 113.
- Trask, P.D. Origin and Environment of Source of Petroleum. XV + 1932 323 pp., 38 figs., Gulf Publishing Co., Houston, Texas.
- Trask, P.D. Organic content of recent marine sediments. En: Recent 1939 Marine Sediments, a Symposium, pp. 428-453. F.D. Trask (ed.), Amer. Assoc. Petrol. Geol., Tulsa, Oklahoma.
- Valenzuela, E., E. Reyes y H. Vergara. Petrología sedimentaria del 1979 litoral y la plataforma continental de Valparaíso. V Región. Actas del 2° Congreso Geológico Chileno.
- Valenzuela, E. y E. Reyes. Sedimentación reciente en la plataforma 1980 submarina de Valparaíso. Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile, 17 (1): 149-169.
- Vergara, H.P. Estudio sedimentológico de las arenas de playa en la 1979 bahía de Valparaíso. Tesis para optar al grado de Licenciado en Geología Universidad Católica de Valparaíso, Instituto de Geografía. 58 pp., 15 figs., 1 mapa, 2 apéndices.
- Walkley, A. y I.A. Black. An examination of the Degtjareff method 1934 for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37: 29-38.
- Yáñez, L.A. Estudio prospectivo cuali y cuantitativo de la macro- 1971 fauna bentónica del sublitoral de la bahía de Concepción, Chile. Tesis para optar al título de Licenciado en Biología, Universidad de Concepción. Instituto Central de Biología. 373 pp.
- Yáñez, L.A. y J.G. Castillo. Análisis cuali y cuantitativo de los 1973 equinodermos de los fondos sublitorales blandos de la bahía de Concepción, Chile. Gayana (Zoología), 25: 1-24.

Tabla 1. Resultados del análisis granulométrico para la estación 1.

Fecha	% grava	% arena	% limo-arcilla	M _Z Ø	σ_I (Ø)	Grado de clasificación
1178		23.78	76.22	3.07	0.31	Muy bien clasificado
1278		44.30	55.70	2.47	0.89	Moderadamente clasificado
0179		36.94	63.06	2.90	0.57	Moderadamente bien clasificado
0279		33.14	66.86	2.80	0.66	Moderadamente bien clasificado
0379		5.32	94.68	2.80	0.61	Moderadamente bien clasificado
0479		6.94	93.06	2.87	0.67	Moderadamente bien clasificado
0579		11.50	88.52	2.87	0.50	Moderadamente bien clasificado
0679		44.55	55.45	2.40	0.90	Moderadamente clasificado
0779		4.29	95.71	2.80	0.51	Moderadamente bien clasificado
0879	0.06	25.03	74.25	2.50	1.05	Mal clasificado
0979	0.20	29.00	69.97	2.00	1.23	Mal clasificado
1079	0.10	6.89	92.31	2.56	1.10	Mal clasificado

Tabla 2. Resultados del análisis granulométrico para la estación 2.

Fecha	% grava	% arena	% limo-arcilla	M_z	σ_I (\emptyset)	Grado de clasificación
1178		3.66	96.34	2.80	0.86	Moderadamente clasificado
1278		3.27	96.73	2.80	0.49	Bien clasificado
0179		3.25	96.75	2.80	0.62	Moderadamente bien clasificado
0279		3.28	96.72	2.76	0.53	Moderadamente bien clasificado
0379		3.86	96.14	2.90	0.35	Bien clasificado
0479		1.55	98.45	2.93	0.22	Muy bien clasificado
0579		1.84	98.16	2.70	0.59	Moderadamente bien clasificado
0679		2.26	97.74	3.00	0.17	Muy bien clasificado
0879	0.06	3.79	95.90	2.63	0.94	Moderadamente clasificado
0979	0.05	3.66	95.75	2.60	1.24	Mal clasificado
1079	0.12	4.64	94.80	2.80	1.21	Mal clasificado

Tabla 3. Resultados del análisis granulométrico para la estación 3.

Fecha	% grava	% arena	% limo-arcilla	M ₂ Ø	σ_I (Ø)	Grado de clasificación
1178		28.11	71.89	2.63	0.66	Moderadamente bien clasificado
1278		25.25	74.75	2.86	0.48	Bien clasificado
0279		18.74	81.26	2.96	0.29	Muy bien clasificado
0379		18.18	81.82	2.96	0.33	Muy bien clasificado
0479		18.19	81.81	3.00	0.20	Muy bien clasificado
0579		18.17	81.83	3.00	0.20	Muy bien clasificado
0679		19.40	80.60	3.00	0.23	Muy bien clasificado
0779		21.41	78.59	3.00	0.25	Muy bien clasificado
0879	0.06	34.26	65.58	3.03	0.25	Muy bien clasificado
0979	0.01	26.05	73.83	2.96	0.29	Muy bien clasificado
1079		26.06	73.85	3.13	0.24	Muy bien clasificado

Tabla 4. Tamaño de partícula, C orgánica, N orgánico, C/N, proteínas y lípidos en sedimentos de diversas áreas.

Autor	Localidad	Tamaño partícula (m)	I C orgánico		I F orgánico		C/N		I proteínas		I lípidos	
			Valores rango	Método	Valores rango	I	rango	I	Valores rango	I	Valores rango	I
Zullier (1955)	Coifillo de Aber, Francia	0.070-0.247	0.00-1.10 0.14	Fransius-Clasen	0.00-0.101 [*] 0.018	0.00-73.3	0.00-0.63	0.11				
Bandy y Rodolfo (1964)	Fosa Chilo-Pard	0.001-0.067	0.00-5.61 2.14	Combustión	0.097-1.018 [*] 0.348	0.00-12.04	0.61-6.34	2.70				
Zas (1966)	Costa occidental de España y Francia (hasta 35 cm de la capa de sedimento)		0.30-1.19 0.66	Oxidación húmeda	0.040-0.74 [*] 0.06	5.0-17.6	0.25-0.59	0.40	0.01-0.14	0.07		
Fearson (1970)	Lecha Limbe y El, Escocia	>2.000-0.002	0.30-5.20 0.26	Combustión								
Longbottom (1970)	Costa norte de Escocia	0.0083-0.19	0.04-0.98	Walkley y Black	0.004-0.098 [*]	7.0-11.0	0.025-0.61					
Cadel (1975)	Golfo de Lyon, Francia	0.04-0.250	0.15-0.90	Combustión seca	0.010-0.113 ^o	4.0-13.0	0.04-0.81					
Pochlington (1976)	Golfo de St. Lawrence, Canadá	<0.395	0.17-3.78	Analizador	0.01-0.40 ^o 0.135	6.0-50.0	0.04-2.50	0.97				
Stuardo y Villarreal (1976)	Lagunas costeras de Guerrero, México		0.14-4.89 4.06	Walkley y Black								
Cleaving (1976)	Martina de Chiquibos, Chile		0.55-3.93	El Vakeml y Riley	0.018-0.144 [*] 0.085		0.11-0.90	0.53				
Hughes (1979)	Bahía de St. Margarete, Canadá	0.018-0.745	0.24-1.62 0.98	Walkley y Black	0.02-0.13 [*] 0.08	10.75-52.54	0.18-0.81	0.48	0.15-0.55	0.30		

* Determinados por método micro-Kjeldahl

o Determinados mediante analizador

* No coinciden con los valores reales que se deberían obtener para esta zona