

**BIOMASA DE MICROFLORA BENTONICA  
EN UNA LAGUNA DE LA COSTA OCCIDENTAL DE  
BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

**BENTHIC MICROFLORA BIOMASS  
ON A LAGOON OF THE WEST COAST OF  
BAJA CALIFORNIA, MEXICO**

Silvia E. Ibarra-O y Graciela Elguea-Cázarez  
Centro de Investigación Científica y de Educación  
Superior de Ensenada, B.C. (CICESE)  
Apdo. Postal 2732  
Ensenada, B.C., México

Ibarra-Obando, Silvia y Graciela Elguea-Cázarez. Biomasa de microflora bentónica en una laguna de la costa occidental de Baja California, México. Benthic microflora biomass on a lagoon of the west coast of Baja California, México. *Ciencias Marinas* 13(1):39-51, 1987.

**RESUMEN**

Entre junio y diciembre de 1982, se tomaron muestras de sedimento que contenían microflora bentónica, en una pradera de *Zostera marina* L. en Bahía San Quintín, B.C., México. A lo largo de tres transectos en el intermareal se determinó el contenido de clorofila *a*, feopigmentos, materia orgánica y tamaño de grano. Se estudiaron las correlaciones entre estas variables y el tiempo de exposición. La microflora bentónica se caracterizó por sus bajos niveles de clorofila activa y la gran cantidad de feopigmentos. Las concentraciones de clorofila fueron similares a las reportadas en otras praderas de *Z. marina*. Debido a un continuo aporte de detritus, el contenido de materia orgánica fue elevado y constante. No hubo variación en el tamaño de grano dentro de la pradera. Interpretamos las bajas correlaciones entre las variables como una indicación de que la clorofila fue un mal indicador de biomasa, una conclusión que ya había sido externada por otros autores.

**ABSTRACT**

Sediment samples containing benthic microflora were taken in a seagrass bed (*Zostera marina* L.) in San Quintín Bay, BC, México, from June to December, 1982. Chlorophyll *a*, along three intertidal band transects. Correlations among these variables and with exposure time were examined. Benthic microflora was characterized by low levels of active chlorophyll and large amounts of pheo-pigments. Chlorophyll concentrations were similar to those found in other eelgrass beds. Due to continuous detritus input, organic matter content was high and constant. Grain size did not vary within the bed. We interpret low correlations among variables to mean that chlorophyll was a poor biomass indicator, a conclusion reached by other workers.

**INTRODUCCION**

Los pastos marinos son bien conocidos por su habilidad para estabilizar los sedimentos al disminuir la velocidad de las corrientes y amortiguar el oleaje (Wood et al., 1969; Orth,

**INTRODUCTION**

Seagrass are well known for their ability to stabilize sediments by baffling currents and damping wave action (Wood et al., 1969; Orth, 1977; Fonseca and Fisher, 1986), There

1977; Fonseca y Fisher, 1986), preservando así la flora microbiana del sedimento y la de la interfase sedimento/agua. Sin embargo, la microflora en las praderas de pastos marinos no ha sido tan estudiada como la microflora bentónica en los bancos fangosos (Cadée y Hegeman, 1974, 1977; Amspoker y McIntire, 1978; De Jonge, 1980; Davis y McIntire, 1983; McIntire y Amspoker, 1986, entre otros). Estos estudios han mostrado que las propiedades del sedimento influyen la estructura y el funcionamiento de la microflora que le está asociada. Whiting y McIntire (1985) mencionan que la distribución de los taxa de diatomeas asociadas al sedimento se traslapa a lo largo de gradientes relacionados con la estabilidad y propiedades físicas del sedimento.

En México, este tema ha sido poco trabajado. A nuestro conocimiento, el único trabajo anterior es una nota corta que describe algunos aspectos de las asociaciones de diatomeas en un banco fangoso en Bahía San Quintín (Hernández Becerril y Alvarez Borrego, 1983). Como parte de un estudio más grande, diseñado para proveer información sobre la micro y macrovegetación en las praderas de *Z. marina* en Baja California, nos interesamos en determinar la biomasa de la microflora bentónica y su relación con otras propiedades del sedimento. El marco conceptual para separar al ecosistema en partes se basó en el modelo de McIntire (1984) para un sistema estuarino, en el cual un subsistema se puede separar y estudiar aisladamente una vez que las variables que los unen se ha identificado y tomado en cuenta.

#### DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO Y METODOS

Para una descripción detallada del área de estudio, el sitio de estudio y el diseño experimental, ver Ibarra Obando y Aguilar Rosas (1985); Ibarra Obando y Huerta Tamayo (en prensa).

De junio a diciembre de 1982, usando una tabla de números al azar, se colectaban mensualmente 15 muestras de sedimento (cinco réplicas por transecto) a lo largo de tres transectos paralelos a la costa en el interna-

by preserving the microbial flora of the sediment and the sediment/water interface. However, the microflora in seagrass beds has not been as extensively studied as the benthic microflora in mudflats (Cadée and Hegeman, 1974, 1977; Amspoker and McIntire, 1978; De Jonge, 1980; Davis and McIntire, 1983; McIntire and Amspoker, 1986, among others). These studies have shown that sediment properties influence the structure and functioning of sediment-associated microflora. Whiting and McIntire (1985) mention that sediment-associated diatom taxa exhibit overlapping distributions along gradients which are related to the stability and physical properties of the sediment.

In México, this subject has been neglected; previous work known to us consists of a short note describing some aspects of mudflat diatoms assemblages in San Quintín Bay (Hernández-Becerril and Alvarez-Borrego, 1983). As part of a larger study designed to provide information on the micro and macro-vegetation of eelgrass beds, in Baja California, we were interested in looking at benthic microflora biomass and its relationship with other sediment properties. The conceptual framework for this ecosystem partitioning was based on McIntire's (1984) model of an estuarine system in which a subsystem may be uncoupled and investigated separately after the coupling variables have been identified and taken into account.

#### AREA DESCRIPTION AND METHODS

For a detailed description of the study area, the study site and the sampling design, see Ibarra-Obando and Aguilar-Rosas (1985); Ibarra-Obando and Huerta-Tamayo (in press).

15 sediment samples were taken monthly (five replicates per transect) from June to December 1982, using a random number table, along three intertidal band, parallel to the shoreline, transects: -0.10 m MLLW (Transect I); +0.05 m MLLW (Transect II) and +0.20 m MLLW (Transect III). In the same sampling unit (0.5m X 0.5m) samples were collected for

real: -0.10m (Transecto I); +0.05m (Transecto II) y +0.20m (Transecto III), todos ellos referidos al nivel de bajamar media inferior. En la misma unidad de muestreo (0.5m X 0.5m) se colectaban muestras para determinar las características del sedimento (este trabajo), así como muestras para un estudio de la biomasa de *Z. marina* que se realizaba simultáneamente (datos no publicados); las muestras de biomasa se colectaban del lado derecho y los núcleos de sedimento del lado izquierdo.

En cada unidad de muestreo se tomaban dos núcleos de plástico transparente de 1.5cm. de diámetro por 7.5cm de largo, lo que hacía un total de 10 núcleos por transecto y 30 por mes. Los núcleos se presionan ligeramente unos 3cm dentro del sedimento y se extraían con el sedimento sin perturbar. Se tapaban, se mantenían en posición vertical, se congelaban y se transportaban al laboratorio. Uno de estos núcleos se usaba para el análisis de pigmentos y el otro para determinar el tamaño de grano y el contenido de materia orgánica. Para proteger de la luz los núcleos que se usaban para la determinación de clorofila, éstos se envolvían con papel aluminio y siempre se trabajaban a media luz.

En el laboratorio, se extraían los núcleos de sedimento congelado y con una navaja se cortaba el primer centímetro de sedimento. Esta sección de 0-1cm se colocaba en un mortero con 1 ml de una solución de carbonato de magnesio y 8ml de acetona al 90%. El sedimento se molía con la mano del mortero durante 2 minutos, se vaciaba el sobrenadante en un tubo de centrifuga y se ponía en el refrigerador durante 24 horas bajo condiciones de obscuridad. Los pigmentos se separaban por centrifugación y se analizaban de acuerdo a la metodología de Strickland y Parsons (1972). De los núcleos restantes se usaba la sección superior (0-1cm), primero para determinar materia orgánica por pérdida de peso después de oxidarla con  $H_2O_2$  (Carver, 1971) y posteriormente para el análisis de tamaño de grano por el método de pipeta (Mueller, 1967).

Un programa de computadora calculó las horas de exposición promedio por día.

benthic characteristics (this paper), as well as for an eelgrass biomass study conducted simultaneously (unpublished); eelgrass biomass samples were collected to the right of the sampling unit and sediment cores on the left.

In each sampling unit, two transparent plastic cores 1.5cm in diameter and 7.5cm long were removed from the sediment, giving 10 cores per transect and 30 per month. Cores were gently pushed about 3cm into the sediment, and removed with the intact sediment. They were capped, kept upright, frozen and transported back to the laboratory. One core was used for pigment analysis, and the other for grain size and organic matter determinations. In order to protect chlorophyll cores from light, they were wrapped with aluminium foil and handled under dim light.

In the laboratory, the frozen sediment cores were removed from the tubes, and the top centimeter was cut away with a razor blade. This 0-1cm section was placed in a mortar with 1ml of magnesium carbonate solution and approximately 8ml of 90% acetone. The slurry was ground with a pestle for 2 minutes, poured into a stoppered centrifuge tube, and placed in a dark refrigerator for 24 hours. Pigments were clarified by centrifugation and analyzed according to Strickland and Parsons (1972). From the remaining cores, the top 0-1cm section was used first for organic matter determination by weight loss after oxidation with  $H_2O_2$  (Carver, 1971) and then for grain-size analysis by pipette (Mueller, 1967).

A computer program calculated average exposure hours per day.

A goodness of fit to the normal distribution was applied to all data, which were log transformed when necessary. For chlorophyll *a*, phaeo-pigments and organic matter, non-parametric two-way analyses of variance and multiple comparisons tests were applied (International Mathematics & Statistics Libraries, IMSL). A parametric two way analysis of variance (Statistical Package for the

A todos los datos se les aplicó una prueba de bondad de ajuste a la distribución normal, que se transformó logarítmicamente cuando fue necesario. A los datos de clorofila, feopigmentos y materia orgánica, se les aplicó un análisis de varianza no paramétrico de dos vías y una prueba de comparaciones múltiples (International Mathematics & Statistics Libraries, IMSL). Un análisis de varianza paramétrico de dos vías (Statistical Package for the Social Science, SPSS) se usó para un análisis de las posibles correlaciones existentes entre las variables. En todas las pruebas estadísticas se trabajó a un nivel de significancia del 5%.

## RESULTADOS

**Concentración de clorofila *a*.** El análisis de varianza de dos vías indicó que no había una diferencia significativa ni en tiempo ni entre transectos ( $P > 0.05$ ) por lo que los valores se representan por una sola línea en la Figura 1. Los valores van de 5.1 (noviembre) a  $10.0 \text{ g/cm}^3$  (octubre) con un valor promedio de  $6.9 \text{ g/cm}^3$ .

**Concentración de Feopigmentos.** El ANOVA de dos vías indicó que había una diferencia significativa, tanto en tiempo como entre transectos ( $P < 0.05$ ). La prueba de comparaciones múltiples separó al Transecto I del II y III, por lo que los datos de estos dos últimos transectos se combinaron. Los valores del Transecto I siempre fueron superiores a aquellos de los transectos II y III. En el Transecto I, los valores van de 41.5 (agosto) a  $90 \text{ g/cm}^3$  (junio). Los Transectos II y III unidos tienen valores que van de 24.4 a  $66.7 \text{ g/cm}^3$  con el valor mínimo en agosto y el máximo en octubre (Fig. 2). A lo largo del transecto más profundo y, por tanto, menos expuesto (Transecto I), la concentración de feopigmentos tiende a disminuir de verano a otoño, mientras que en los transectos superiores (II y III) los feopigmentos tienden a incrementarse de junio a octubre para posteriormente reducirse. La concentración de feopigmentos en la unión de los Transectos II y III sigue muy de cerca la tendencia de la gráfica de concentración de clorofila *a*. De una elevada concentración de feopigmentos resulta una elevada tasa de feopigmentos: clorofila *a* (no se presentan valores).

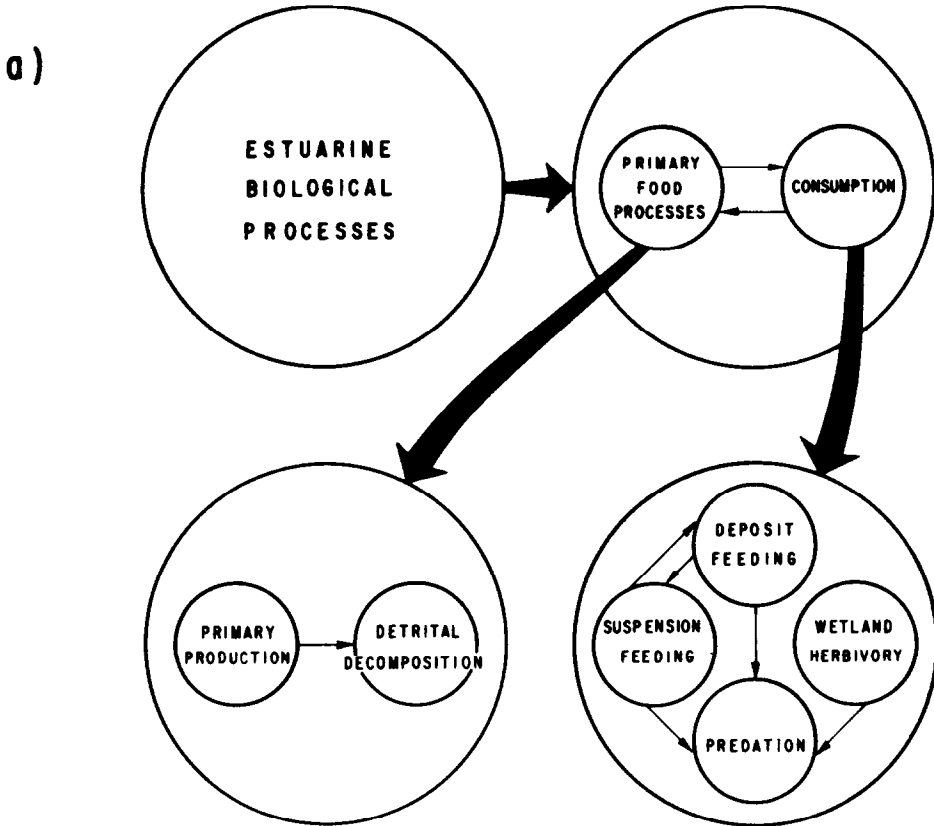
Social Science, SPSS) was used with grain size data. Kendall's correlation coefficient SPSS was used for analyses of possible correlations among variables. The 5% significance level was considered as the threshold in all statistical tests.

## RESULTS

**Chlorophyll *a* concentration.** The two-way analysis of variance indicated no significant difference with time or between transects ( $p > 0.05$ ), thus values are represented by a single line in Fig. 1. Values range from 5.1 (November) to  $10.0 \text{ g/cm}^3$  (October), with an average of  $6.9 \text{ g/cm}^3$ .

**Pheo-pigments concentration.** A two-way ANOVA showed a significant difference with time and between transects ( $p < 0.05$ ). The multiple comparisons test indicated that Transect I differed from Transects II and III; data from these last two transects were combined. Transect I values are always higher than those of transects II and III. Values from transect I go from 41.5 (August) to  $90 \text{ g/cm}^3$  (June). The joint transects II and III go from 24.4 to  $66.7 \text{ g/cm}^3$  with the minimum in August and the maximum in October (Fig. 2). Along the lowest, least exposed transect (I), pheo-pigments concentration tends to decrease from summer to fall, while in the upper transects (II and III), pheo-pigments tends to increase from June to October and then decrease. Pheo-pigments concentration in the joint Transects II and III follows very closely the chlorophyll *a* concentration trend. High pheo-pigments concentration results in high pheo-pigments: chlorophyll *a* ratios (data not shown).

**Percent organic matter.** The two-way analysis of variance indicated no significant difference in time ( $p > 0.05$ ) and a significant difference in space ( $p < 0.05$ ). The multiple comparisons test indicated that data for Transects I, differed from data for Transects II and III, which were combined. Here too, Transects I values are higher than those of Transects II and III, the exception being September. For the first of this Transects, values rise from a minimum of 0.5% in



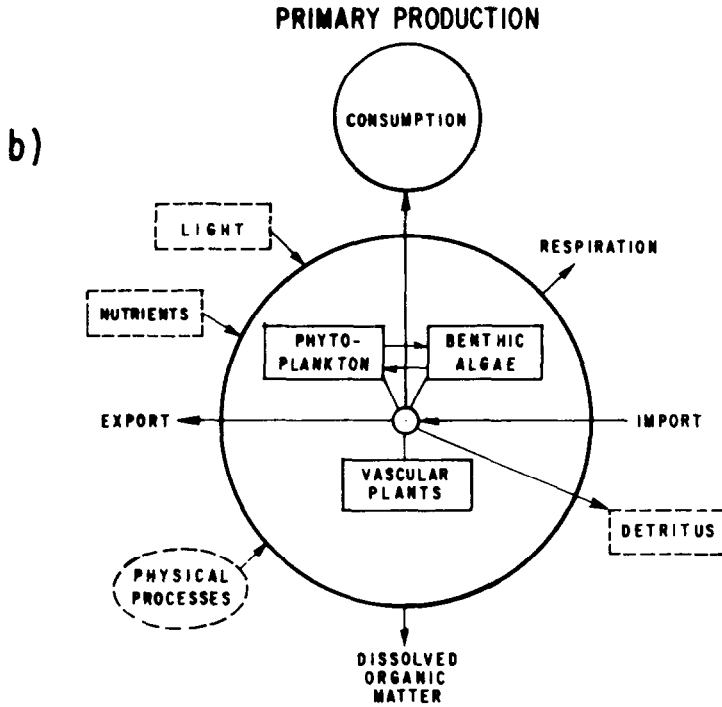
**Figura 1. a)** Modelo jerárquico de los procesos biológicos en el estero del Río Columbia. Los círculos mayores denotan la expansión jerárquica de los procesos de lo que es originado cada círculo. Los círculos menores denotan la existencia de variables apareadas y/o incluidas en el proceso conjuntamente con los círculos.

**Figure 1. a)** Hierarchical model of biological process for the Columbia River Estuary. The large arrows denote the hierarchical expansion of the process from which each arrow originates. Small arrows indicate the existence of coupling variables linking the process joined by the arrows.

**Porcentaje de materia orgánica.** El análisis de varianza de dos vías no indicó diferencias significativas en el tiempo ( $p > 0.05$ ), pero sí una diferencia significativa en el espacio ( $p < 0.05$ ). La prueba de comparaciones múltiples mostró que los datos del Transecto I difieren de los Transectos II y III, por lo que estos dos últimos se combinaron. A excepción de septiembre, los valores del Transecto I son superiores a aquellos de los Transectos II y III. Para el primero de estos transectos los valores se elevan de un mínimo de 0.5% en octubre, a un máximo de 2.7% en

October, to a maximum of 2.7% in August. For the joint Transects II and III, values go from 0.4 in October to 2.0% in September, with large standard errors (Fig. 3).

**Grain size.** The Two-way analyses of variance indicated no significant difference in time and a significant differences between transects (again Transect I differed from Transects II and III). Grain size remained constant with time and within transects, with larger particles associated with the deepest transect (I) (Fig. 4). Grain size goes from 4.8



**Figura 1. b)** Producción primaria, un subsistema del proceso alimentario primario. El nodo central indica la relación común entre todas las variables determinadas. (Después de McIntire, 1984).

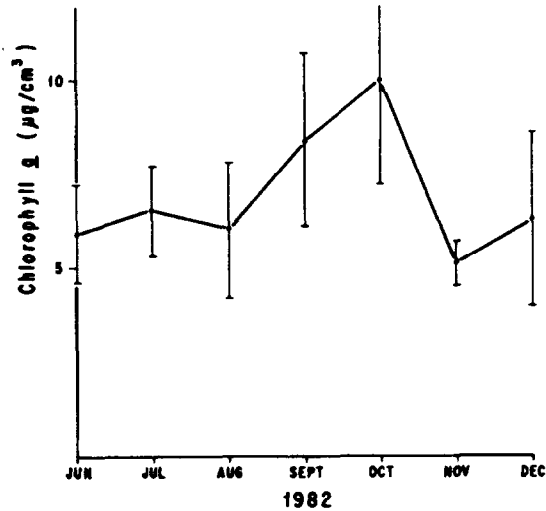
**Figure 1. b)** Primary production, a subsystem of Primary Food Process. Central node indicates relationships common to all state variables (after McIntire, 1984).

agosto. Para la unión de los Transectos II y III, los valores van de 0.4 en octubre a 2.0% en septiembre, con valores elevados para el error estándar en ambos casos (Fig. 3).

**Tamaño de grano.** El análisis de varianza no indicó una diferencia significativa en el tiempo, pero sí una diferencia significativa entre transectos (nuevamente el Transecto I era diferente a los Transectos II y III). El tamaño de grano permaneció constante en el tiempo y entre transectos, con las mayores partículas asociadas con el transecto más profundo (I) (Fig. 4). El tamaño de grano va de 4.8 a 5.3 phi en el Transecto I y de 5.2 a 5.6 phi en los Transectos II y III, lo que corresponde a limo grueso y mediano (Griffiths, 1967).

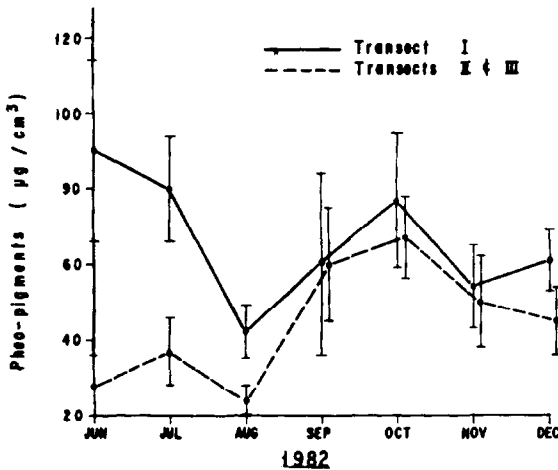
to 5.3 phi in Transect I, and from 5.2 to 5.6 phi in Transects II and III, corresponding to coarse and medium silt (Griffiths, 1967).

Kendall correlation coefficients are presented in Table I. Because of the low coefficients, we consider variables to be poorly correlated. A 22% correlation was found between organic matter and chlorophyll and 19% between pheo-pigments and organic matter. The negative correlation between chlorophyll and exposure hours was not evident from the ANOVA, either because the correlation coefficient is low (17%) or as a result of the selected significance level. Exposure hours were negatively correlated with pheo-pigments (20%) and organic matter (26%).



**Figura 2.** Concentración bentónica de clorofila *a* como una función del tiempo en una pradera de pastos marinos en la Bahía San Quintín, México. Las barras indican 1 S.E.

**Figure 2.** Benthic chlorophyll *a* concentration as a function of time in an eelgrass bed in San Quintín Bay, México. Bars indicate 1 S.E.



**Figura 3.** Concentración bentónica de feopigmentos como una función del tiempo en una pradera de pastos marinos en la Bahía San Quintín, México. Las barras indican 1 S.E.

**Figure 3.** Benthic pheo-pigments concentration as a function of time in an eelgrass bed in San Quintín Bay, México. Bars indicate 1 S.E.

## DISCUSSION

Benthic microflora biomass in seagrass beds has only been assessed by a few authors. Using fluorimetric techniques, in the Niantic River estuary, Connecticut, and the Pettaquamscutt River estuary, Rhode Island, Tietjen (1968) found that stations where eelgrass was growing were characterized by low amounts of active chlorophyll and high amount of pheo-pigments, while the opposite was true for those stations devoid of macrobenthic vegetation. No seasonal trend could be detected for any station. Marshall and Lukas (1970) in Point Judith Pond estuary, Rhode Island, were unable to differentiate chlorophyll from pheo-pigments by fluorimetry. With absorption methods they found considerable variation in samples from the same plot, with no spatial or temporal patterns. The same authors consider the possibility that pigments were made up largely of residual, inactive components. More recently, in an eelgrass bed in Netarts Bay, Oregon, Kentula (unpubl. data) found a mean benthic chlorophyll concentration of  $8.6 \text{ g/cm}^3$ , with no significant difference between transects and a significant difference with time. For the same study, pheo-pigments over-all concentration was  $19.8 \text{ g/cm}^3$ , with a significant difference in space and time. A comparison of our values with Kentula's (t-test) showed that chlorophyll concentration was similar ( $p > 0.05$ ), while pheo-pigments were considerably higher in San Quintín ( $p < 0.05$ ), where a mean concentration of  $55.5 \text{ g/cm}^3$  was obtained.

Our data for chlorophyll concentration with time, are consistent with findings from Tietjen's (1968) and Marshall and Lukas' (1970) study. For mudflat studies a similar lack of seasonal trend in chlorophyll variation has been reported by Pamatmat (1968), Cadée and Hegeman (1974) and McIntire and Amspoker (1986), while others (Cadée and Hegeman, 1977; Colijn and Dijkema, 1981; Davis and McIntire, 1983; Mayer et al., 1985) report periods of maximum and minimum concentrations. Also, some authors have found differences in chlorophyll concentration with tidal height (e.g. Davis and McIntire, 1983; McIntire and Amspoker, 1986), while others do not (Mayer et al., 1985).

**Tabla I.** Coeficientes de correlación de Kendall  
**Table I.** Kendall correlation coefficients.

	<i>T</i>	PROBABILIDAD
Clorofila <i>a</i> - materia orgánica	0.2205	0.001 (**)
Clorofila <i>a</i> - Tamaño de grano	-0.0357	0.608
Clorofila <i>a</i> - Tiempo de exposición	-0.1778	0.011 (*)
Feopigmentos - materia orgánica	0.1925	0.005 (**)
Feopigmentos - Tamaño de grano	-0.0511	0.4611
Feopigmentos - Tiempo de exposición	0.2041	0.003 (**)
Materia Orgánica - Tamaño de grano	0.0741	0.286
Materia Orgánica - Tiempo de exposición	0.2609	0.001 (**)
Horas de exposición - Tamaño de grano	0.1228	0.082

Para todas las variables,  $n = 98$  ; \* = significativa =  $0.05 > p > 0.01$  ; \*\* = muy significativa =  $0.01 > p > 0.001$

Los coeficientes de correlación de Kendall están en la Tabla I. Debido a los bajos coeficientes, consideramos que estas variables estuvieron poco correlacionadas. Se encontró un 22% de correlación entre materia orgánica y clorofila y 19% entre feopigmentos y materia orgánica. La correlación negativa entre clorofila y horas de exposición no fue evidente del ANOVA, ya sea porque el coeficiente de correlación es bajo (17%) o por el nivel de significancia seleccionado. Las horas de exposición estuvieron correlacionadas negativamente con los feopigmentos (20%) y con la materia orgánica (26%).

If absolute values are compared, chlorophyll concentration values in eelgrass beds (Kentula's and this study) represent lower values than those reported for mudflats. In the Columbia River Estuary, McIntire and Amspoker (1986) found an overall mean of 15.2 g chlorophyll/cm<sup>3</sup>. A shading effect of macrophytes has been mentioned by Davis and McIntire (1983), while the effect of infauna on microalgal abundance and production is discussed by Davis and Lee (1983).

Tietjen (1968); Cadée and Hegeman (1977); Colijn and Dijkema (1981), considered that high pheophytin:chlorophyll *a* ratios indicate a high amount of detritus. If high pheophytin is indicative of a detritus-rich



## DISCUSION

Sólo pocos autores han evaluado la biomasa de la microflora bentónica en las praderas de pastos marinos. Tietjen (1968), usando técnicas fluorimétricas, encontró en los estuarios del río Niantic, Connecticut y del río Pettaquamscutt, Rhode Island, que aquellas estaciones en que crecía *Z. marina* se caracterizaban por bajas cantidades de clorofila activa y una concentración elevada de feopigmentos, mientras que lo contrario sucedía en aquellas estaciones carentes de vegetación macroscópica. No se detectó ningún patrón estacional en ninguna estación. Marshall y Lukas (1970) con métodos fluorimétricos, fueron incapaces de diferenciar la clorofila de los feopigmentos, en el estuario de Point Judith Pond, Rhode Island. Con métodos de absorción, los mismos autores encontraron una considerable variación en muestras de un mismo sitio, sin ningún patrón espacial o temporal, y consideraron la posibilidad de que los pigmentos estuvieran formados, en gran parte, por componentes residuales e inactivos. Más recientemente, en una pradera de *Z. marina* en la bahía de Netarts, Oregon, Kentula (datos no publicados) encuentra una concentración promedio de  $8.6\text{g}/\text{cm}^3$  sin una diferencia significativa entre transectos y en el tiempo. Significativa en el tiempo. En el mismo estudio, la concentración promedio de feopigmentos fue de  $19.8\text{g}/\text{cm}^3$ , con una diferencia significativa en espacio y tiempo. Una comparación de nuestros valores con los de Kentula (prueba de t), mostró que la concentración de clorofila era comparable ( $p > 0.05$ ), mientras que los feopigmentos eran considerablemente superiores en San Quintín ( $p < 0.05$ ), en donde obtuvimos una concentración promedio de  $55.5\text{g}/\text{cm}^3$ .

Nuestros resultados para las variaciones en la concentración de clorofila con el tiempo, concuerdan con los de Tietjen (1968) y Marshall y Lukas (1970). En estudios en bancos fangosos, Pamatmat (1968), Cadée y Hegeman (1974) y McIntire y Amspoker (1986), encuentran un patrón similar, mientras que otros autores (Cadée y Hegeman, 1977; Colijn y Dijkema, 1981; Davis y McIntire, 1983; Mayer et al., 1985), reportan períodos de concentraciones máximas y mínimas.

environment, then we conclude based on our data, that San Quintín Bay appears to be richer in detritus than Netarts Bay.

As a consequence of continuous detritus input, the environment is rich in organic matter, with little variation found between June and December. This trend with time was previously noticed by Carrillo-Sánchez (1985) in San Quintín Bay. The role of vegetation as a source of organic matter has been referred to by Tietjen (1968) and De La Lanza (1980). In a mudflat study, Davis and McIntire (1983) found maximum organic matter concentration in summer, associated with the influx of *Enteromorpha* and *Zostera*. These latter authors also found variations in organic matter concentration associated with tidal height, a fact that is in agreement with our comparison of Transect I data and Transect II and III data.

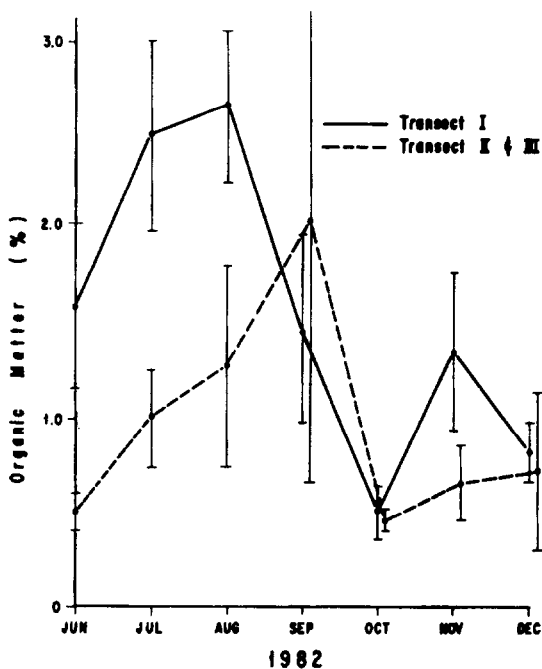


Figura 4. Porcentaje de materia orgánica en el sedimento en una pradera de pastos marinos en la Bahía San Quintín, México. Las barras indican 1 S.E.

Figure 4. Organic matter percent in the sediments of an eelgrass bed in San Quintín Bay, México. Bars indicate 1 S.E.

Igualmente, algunos han encontrado diferencias en la concentración de clorofila con la altura de la marea (Davis y McIntire, 1983, McIntire y Amspoker, 1986), mientras que otros no (Mayer et al., 1985).

Si se comparan los valores absolutos, los valores de la concentración de clorofila en las praderas de *Z. marina* (datos de Kentula y los de este estudio) representan valores más bajos que los reportados para los bancos fangosos. En el Estuario del Río Columbia, McIntire y Amspoker (1986) encontraron una media global de 15.2 g clorofila/cm<sup>3</sup>. El que las macrofitas produzcan un efecto de sombreado, lo han mencionado Davis y McIntire (1983), mientras que el efecto que las infauna puede tener sobre la abundancia y producción de las microalgas, es discutido por Davis y Lee (1983).

Tietjen (1968), Cadée y Hegeman (1977) y Colijn y Dijkema (1981), consideran que una elevada tasa de feofitina: clorofila *a* es índice de una elevada concentración de detritus. Si concentraciones elevadas de feofitina indican un ambiente rico en detritus, entonces, con base en nuestros resultados, podemos concluir que Bahía San Quintín parece ser un sitio más abundante en detritus que la Bahía de Netarts.

Como consecuencia de un aporte continuo de detritus, el medio ambiente es rico en materia orgánica con poca variación entre junio y diciembre. El mismo patrón en el tiempo fue observado por Carrillo Sánchez (1985) en Bahía San Quintín. El papel que juega la vegetación como fuente de materia orgánica ya había sido mencionado por Tietjen (1968) y De la Lanza (1980). En un estudio realizado en un banco fangoso, Davis y McIntire (1983) encontraron la máxima concentración de materia orgánica en verano, asociada con la influencia de *Enteromorpha* y *Zostera*. Estos últimos autores también encontraron variaciones en la concentración de materia orgánica con la altura de la marea, un hecho que concuerda con nuestra comparación de los datos del Transecto I y los de los Transectos II y III unidos.

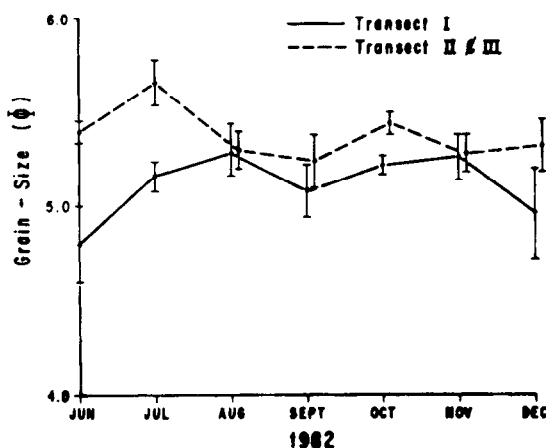


Figura 5. Tamaño de grano en una pradera de pastos marinos en la Bahía San Quintín, México. Las barras indican 1 S.E.

Figure 5. Grain size in an eelgrass bed in San Quintín Bay, México. Bars indicate 1 S.E.

A correlation between grain size-pigments and grain size-organic matter concentration has been reported in the literature. Tietjen (1968) found that silty sediments contained more total pigment than sandy ones, and that stations with *Z. marina* were characterized by high amounts of phaeo-pigments, higher quantities of organic matter, lower redox potentials, smaller median grain sizes and higher silty-clay contents than stations where eelgrass was absent. These results were confirmed by Marshall and Lukas (1970) and Orth (1977). An increase of sediment organic content with decreasing grain size is reported by Cadée and Hegeman (1977). Davis (1982) found a significant positive correlation between sediment mean grain size and the organic matter concentration in the top cm of sediment. Silty sites had the highest mean organic matter concentration, followed by fine sand and sand. Chlorophyll *a* concentration decreased consistently. McIntire and Amspoker (1986) found that these biological variables were more highly correlated with sediment properties than with light intensity, temperature and salinity. In contrast with others authors, no correlation could

En la literatura se señala una correlación entre tamaño de grano y pigmentos, y entre tamaño de grano y concentración de materia orgánica. Tietjen (1968) encontró que los sedimentos limosos contenían más pigmentos totales que los arenosos y que aquellas localidades en que se encontraba *Z. marina*. se caracterizan por grandes cantidades de feopigmentos y de materia orgánica, bajo potenciales redox, tamaños de grano pequeños en promedio y contenidos más elevados de limo y arcilla, que aquellas localidades en las que no había *Zostera*. Estos resultados fueron confirmados por Marshall y Lukas (1970) y Orth (1977). Un incremento en el contenido de materia orgánica asociado con una disminución en el tamaño de grano ha sido reportado por Cadée y Hegeman (1977). Davis (1982) encontró una correlación significativa y positiva entre el tamaño de grano promedio y la concentración de materia orgánica en el primer centímetro de sedimento. Los sitios limosos tenían la mayor concentración de materia orgánica, seguidos por los de arena fina y arena. La concentración de clorofila *a* disminuía en forma paralela. McIntire y Amspoker (1968) encontraron que estas variables biológicas estaban más altamente correlacionadas con las propiedades del sedimento que con la intensidad de la luz, temperatura y salinidad. En contraste con otros autores, no pudieron detectar ninguna correlación entre tamaño de grano y clorofila, o entre tamaño de grano y materia orgánica y, en este estudio, la correlación entre clorofila y materia orgánica es de sólo 22%. Este resultado podría deberse ya sea a un tamaño de muestra pequeño (pocas réplicas), o a la baja confiabilidad de las técnicas para extracción de pigmentos (Odum et al., 1958; Marshall y Lukas, 1970).

La concentración de clorofila es una variable de estado estrechamente asociada con la autotrofia y también provee una estimación indirecta de la biomasa vegetal en las asociaciones complejas de micro-organismos y detritus (McIntire y Amspoker, 1981). El que la clorofila *a* no sea necesariamente una unidad adecuada y conservativa para describir la cantidad de biomasa algal, ha sido señalado por De Jonge (1980), quien concluye que las fluctuaciones de biomasa no pueden describirse simplemente en términos de la clorofi-

be detected between grain size-chlorophyll or between grain size-organic matter, and the correlation between chlorophyll-organic matter is only 22% in this study. This result could be due either to a small sample size (few replicates) or to poor reliability of pigment extraction techniques (Odum et al., 1958; Marshall and Lukas, 1970).

Chlorophyll concentration is a state variable closely associated with autotrophy, and it also provides an indirect estimate of plant biomass in complex assemblages of micro-organisms and detritus (McIntire and Amspoker, 1981). The fact that chlorophyll *a* is not necessarily a good and conservative unit to describe the quantity of algal biomass has been pointed out by De Jonge (1980), who concludes that biomass fluctuations cannot simply be described in terms of chlorophyll *a*. For San Quintín Bay, our results support Hernández-Becerril and Alvarez-Borrego's comment (1983), that chlorophyll is a poor biomass indicator. For this reason, both De Jonge (1980) and Davis and McIntire (1983) have proposed the use of carbon/chlorophyll *a* or ash free dry weight/chlorophyll *a* ratios.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to M. Kentula (Project Scientist, EPA, Corvallis, Oregon) for unpublished data and to J. Ledezma (Escuela Superior de Ciencias Marinas, UABC) who taught one of us (G.E) organic matter and grain size determination techniques. M. Poumián (CICESE) helped with computer analyses. M. Nieves (Graduate Program, CICESE) discussed statistical results with us. To J. Stewart (Scripps Institution of Oceanography) and R. Lara-Lara (CICESE) for critical review of the manuscript, and to A. Granados de Méndez for style corrections. The graphics department of CICESE prepared the figures, and H. Kawanishi (CICESE) typed the manuscript.

---

la *a*. Para Bahía San Quintín, nuestros resultados apoyan el comentario de Hernández Becerril y Alvarez Borrego (1983), en el sentido de que la clorofila es un mal indicador de biomasa. Por esta razón, tanto De Jonge

(1980) como Davis y McIntire (1983), han propuesto el uso de las tasas carbón/clorofilas *a* o peso seco libre de cenizas/clorofila *a*.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a M. Kentula (Investigadora de Proyectos, EPA, Corvallis, Oregón) por permitirnos el uso de sus datos no publicados y a J. Ledezma (Escuela Superior de Ciencias Marinas, UABC) por haber enseñado a una de nosotras (G.E) las técnicas de determinación de materia orgánica y tamaño de grano. A M. Poumián (CICESE) por su ayuda en el análisis de datos y M. Nieves (Programa de Maestría, CICESE) quien discutió con nosotros los resultados de las pruebas estadísticas. A J. Stewart (Scripps Institution of Oceanography) y R. Lara Lara, por la revisión crítica del manuscrito y a la Sra. A. Granados de Méndez por las correcciones de estilo. El Departamento de Dibujo del CICESE preparó las figuras y H. Kawanishi (CICESE) mecanografió el manuscrito.

#### LITERATURA CITADA

- AMSPOKER, M C and McIntire, C B. (1978). Distribution of intertidal diatoms associated with sediment in Yaquina Estuary, Oregon. *J. Phycol.* 14:387-395.
- CADEE, G C and Hegeman, J. (1974). Primary production of the benthic microflora living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea research*, 8(2-3): 260-291.
- CADEE, G C and Hegeman, J. (1977). Distribution of primary production of the benthic microflora and accumulation of organic matter on a tidal flat area, Balgzand, Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 11(1):24-41.
- COLIJN, F and Dijkema, K S. (1981). Species composition of Benthic diatoms and distribution of chlorophyll *a* on an intertidal flat in the Dutch Wadden Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 4:9-21.
- CARRILLO-SANCHEZ, GC. (1985). Variación estacional del contenido de materia orgánica en sedimentos y biodepositación en Bahía San Quintín, Baja California, México. Tesis profesional. Escuela Superior de Ciencias Marinas, U.A.B.C. 55pp.
- CARVER, R E. (1971). *Procedures in sedimentary petrology*. Wiley Interscience, New York. 653 pp.
- DAVIS, M W. (1982). Production dynamics of sediment-associated algae in two Oregon estuaries. Ph.D. Thesis. Oregon State University. 135 pp.
- DAVIS, M W. and Lee, H. (1983). Recolonization of sediment-associated microalgae and effects of estuarine infauna on microalgal production. *Mar Ecol Prog Ser* 11:227-232.
- DAVIS, M W and McIntire, C D. (1983). Effects of physical gradients on the production dynamics of sediment-associated algae. *Mar Ecol Prog Ser* 13:103-114.
- DE LA LANZA, E G. (1980). Materia orgánica en una laguna de la costa de Sinaloa, México. (I): cuantificación total. *Bolan Inst Oceanogr., S. Paulo*, 29(2):217-222.
- DE JONGE, J N. (1980). Fluctuations in the organic carbon to chlorophyll *a* ratios for estuarine benthic diatom populations. *Mar Ecol Prog Ser.* 2:345-353.
- FONSECA, M S and Fisher, J S. (1986). A comparison of canopy friction and sediment movement between four species of seagrass with referenceto their ecology and restoration. *Mar Ecol Prog Ser.* 29:15-22.
- GRIFFITHS, J C. (1967). *Cientific methods in analysis of sediments*. McGraw-Hill Book Co., New York. 508 pp.
- HERNANDEZ-BECERRIL, D U y Alvarez-Borrego S. (1983) Diatomeas bentónicas en Bahía San Quintín, B.C. *Ciencias Marinas*, 9(2):121-126.

- IBARRA-OBANDOS E y Aguilar-Rosas, R. (1985). Macroalgas flotantes y epífitas asociadas con *Zostera marina* L. during summer-fall period on the Pacific Coast of México. Aquatic Botany (in press).
- IBARRA-OBANDO, S.E. and Huerta-Tamayo, R. Blade production of *Zostera marina* L. during summer-fall period on the Pacific Coast of México. Aquatic Botany (in press).
- MARSHALL, Nand Lukas, K. (1970). Preliminary observations on the properties of bottom sediments with and without eelgrass, *Zostera marina*, cover. Proc Nat Shellfish Assoc. 60:107-111.
- MAYER, L M., Rahaim, P T, Guerin, W, Macko, S. A., Watling, L and Anderson, F E. (1985). Biological and granulometric controls on sedimentary organic matter on an intertidal mudflat. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 20(4):491-504.
- MUELLER, G. (1967). Methods in sedimentary petrology. Part I. afner, New York. 183 pp.
- McINTIRE, C D. (1984). Conceptual framework for physical-biological integration. In: Simenstand, C., Jay, D., McIntire, C D., Nehlsen, W., Sherwood, C. and Small, L. 1984. The dynamics of the Columbia River Estuarine Ecosystem, Volume II. Columbia River Estuary Data Development Program, Astoria, OR, 695 pp.
- McINTIRE, C D and Amspoker, M C. (1981). Benthic primary production in the Columbia River Estuary. Progress Report CREDAP TASK A-2.3. Pacific Northwest River Basins Commision Research Contract. 61 pp.
- McINTIRE, C D and Amspoker, M C. (1986). Effects of sediment properties on benthic primary production in the Columbia River estuary. Aquat Bot 24:249-267.
- ODUM, H I., McConnell, W. and Abbott, W. (1958). the Chlorophyll *a* of communities. Publ Inst Mar Sci Univ Texas, 5:66-96.
- ORTH, R J. (1977). The importance of sediment stability in seagrass communities. pp:281-300. In: Coull, B C (ed). Ecology of marine Benthos. Univ. of South Carolina Press, Columbia.
- PAMATMAT, M M. (1968). Ecology and metabolism of a benthic community on an intertidal sandflat. Int Revue ges Hydrobiol, 53:211-298.
- ROUND, F E. (1971). Benthic marine diatoms. Ocenogr Mar Biol Ann Rev, 9:83-139.
- STRICKLAND, J D H and Parsons, T R. (1972). A practical handbook of seawater analysis. Fish Res Bd Can Bull 167 2nd Edition: 310 pp.
- TIETJEN, J H. (1968). Chlorophyll and phaeo-pigments in estuarine sediments. Limnol Oceanogr 13:189-192.
- WHITING, M C. and McIntire, C D. (1985). An investigation of distributional patterns in the diatom flora of Netarts Bay, Oregon, By correspondence analysis. J. Phycol. 21:655-661.
- WOOD, E J F., Odum, W E Zieman, J C. (1969). Influences of sea grasses on the productivity of coastal lagoons. pp:495-502. In: Ayala-Castañares, A. y Phleger, F B. (eds.). Lagunas costeras: un simposio. Memorias del Simposio Internacional sobre Lagunas Costeras, U.N.A.M., UNESCO, México, D. F. Nov. 28-30.