

**MACROALGAS FLOTANTES Y EPIFITAS ASOCIADAS CON *Zostera marina* L.
EN BAHIA SAN QUINTIN (B.C., MEXICO), DURANTE VERANO-OTOÑO
1982: BIOMASA Y COMPOSICIÓN TAXONÓMICA**

**DRIFT AND EPIPHYTIC MACROALGAE ASSOCIATED WITH *Zostera marina* L.
IN SAN QUINTIN BAY (B.C., MEXICO) DURING SUMMER-AUTUMN 1982:
BIOMASS AND TAXONOMIC COMPOSITION**

Por/By

Silvia E. Ibarra Obando*

Raúl Aguilar Rosas**

*Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, B. C.,
Apartado Postal 2732, Ensenada, B. C. México.

**Escuela Superior de Ciencias Marinas, UABC
Apartado Postal 453, Ensenada, B. C. México

IBARRA OBANDO, S.E. y R. Aguilar Rosas. 1985. Macroalgas flotantes y epifitas asociadas con *Zostera marina* en Bahía San Quintín (B. C., México), durante verano-otoño 1982: biomasa y composición taxonómica. Drift and epiphytic macroalgae associated with *Zostera marina* in San Quintín (B.C., México) during summer-autumn 1982: biomass and taxonomic composition. *Ciencias Marinas* 11(3): 89-104 (16)

RESUMEN

De junio a diciembre de 1982 se tomaron muestras mensuales para la determinación de la biomasa de las macroalgas flotantes y epifitas en una pradera de *Zostera marina* L. en Bahía Falsa, San Quintín. Se instalaron tres transectos: -0.95 m (I), -0.80 m (II), y -0.65 m (III) con respecto al nivel medio del mar y se colectaron cinco réplicas de 20 x 20 cms en cada transecto. Simultáneamente se colectaron y preservaron ejemplares para la identificación taxonómica.

Durante el otoño se presentó un aumento notable en la biomasa que se adjudica a las algas verdes. Si bien la biomasa expresada en g peso seco/m² representa un valor intermedio a los reportados en la literatura, al expresarla como porcentaje de la biomasa aérea total de *Z. marina* en San Quintín, representa, en promedio, un 55 % de ésta. Por otra parte, no hubo diferencia significativa entre los transectos.

El estudio taxonómico arrojó un total de diez géneros y once especies, de las cuáles son cinco algas verdes, un alga parda y cuatro algas rojas. Se reportan por primera vez para la región: *Enteromorpha clathrata*, *Giffordia sandriana* y *Cryptopleura spatulata*, elevando así el número total a 30 géneros, 39 especies y 1 variedad. La forma de vida de la mayoría de las macroalgas encontradas fue formando grandes masas sobre la pradera de *Z. marina* y el sedimento. Se infiere que éstas algas no se originan *in situ*, sino que son transportadas al banco fangoso por efectos mecánicos del movimiento del agua.

ABSTRACT

From June to December 1982, monthly samples were taken to determine the biomass of drift and epiphytic macroalgae in a *Zostera marina* meadow, in Bahía Falsa, San Quintin. Three transects were determined: -0.95 m. (I), -0.80 m. (II) and -0.65 m. (III) in relation to mean sea level, and 5 replicates of 20 x 20 cm in each transect were collected. Simultaneously, samples for taxonomic identification were collected and preserved.

During the autumn a notable increase in biomass was observed attributed to green algae. Although the biomass expressed in g dry weight/m² represents an intermediate value compared to those reported in the literature, when expressed as a percentage of the total aerial biomass of *Z. marina* in San Quintin, it represents an average of 55% of it. On the other hand, no significant difference among transects was observed.

The taxonomic study showed a total of ten genera and eleven species, of which five were green algae, one brown algae and four red algae. This is the first report for this region of: *Enteromorpha clathrata*, *Giffordia sandriana* and *Cryptopleura spatulata*, which raises the total number to 30 genera, 39 species and 1 variety. The majority of macroalgae found were forming great masses on the *Z. marina* meadow and sediment.

INTRODUCCION

Las lagunas costeras han sido estudiadas por su importante papel en las pesquerías. La abundancia de la materia orgánica que en ellas se encuentra determina que un gran número de especies de importancia comercial vivan o pasen una parte de su vida en estos ecosistemas.

Estas condiciones permiten el crecimiento tanto de plantas microscópicas como macroscópicas. En los estuarios de Georgia (E.U.A.), los pastos de marisma y las algas bentónicas contribuyen de manera importante a la fertilidad del agua, junto con el fitoplancton (Odum, 1968).

Bahía San Quintín ha sido señalada como un cuerpo de agua altamente productivo debido a las surgencias fuera de la costa y a eventos esporádicos internos de resuspensión de sedimento en verano. Las tasas de producción fitoplanctónica son de dos a tres veces superiores a las tasas promedio en el Golfo de California, en las zonas de surgencia fuera de la costa oeste de Baja California y de Oregon (Lara Lara *et al.*, 1980). Dado el carácter somero de la bahía, ésta provee dos tipos de vegetación dominante. La primera es una flora marina dominada por *Zostera marina*, que forma densas praderas ocupando gran parte del fondo fangoso de la laguna. La otra es una flora de marisma de extenso desarrollo a lo largo de casi la mitad de los márgenes sujetos a la inundación por la marea (Dawson, 1962a).

La información disponible sobre la taxonomía y sistemática de la flora algal se des-

INTRODUCTION

Coastal lagoons have been studied due to their importance in fisheries. The abundance of the organic matter present in them determines that many important commercial species live or remain for a great part of their life in these ecosystems.

These conditions allow the growth of microscopic and macroscopic plants. In the estuaries of Georgia (U.S.), marsh grasses and benthonic algae contribute significantly to water fertility, together with phytoplankton (Odum, 1968).

Bahía San Quintin has been considered as a highly productive water body due to the upwelling events offshore and sporadic events of resuspension of sediment, in summer. Phytoplanktonic production rates are two or three times higher than those in the California Gulf, in upwelling zones offshore of west Baja California coast and the Oregon coast. (Lara-Lara *et al.*, 1980). Because of the shallowness of the lagoon, two kinds of dominant vegetation are present. The first one is a marine flora dominated by *Zostera marina* forming dense meadows occupying a great portion of the muddy bottom of the lagoon. The second one is a marsh flora extensively developed along nearly half of the tide influenced marginal zones (Dawson, 1962a).

The taxonomic and systematic information available about algal flora is derived from observations and collections made by E. Y. Dawson in December 1949, April and August 1960. This information is compiled

prende de observaciones y colectas realizadas por E. Y. Dawson, en diciembre de 1949, abril y agosto de 1960. Dicha información aparece publicada y recopilada en Dawson (1950, 1953, 1954, 1960, 1961, 1962a, 1962b, 1963a, 1963b) y en Hollenberg (1961).

En bahía San Quintín encontramos algunos géneros de macroalgas que flotan libremente y son abundantes en ciertas épocas del año. Otros autores han notado, de la misma manera, los talos flotantes de *Enteromorpha*, *Chaetomorpha*, *Spyridia*, *Rhizoclonium*, *Gracillaria*, *Pelvetia*, *Fucus* y *Ascophyllum*, todas formando grandes masas (Boney, 1966; Emery *et al.*, 1957; Zottoli, 1973; Shubin, 1975; Aguilar-Rosas, 1982). De esta forma, hablamos de algas flotantes para referirnos a aquellas que experimentan un estado de vida libre, no fijas al sustrato.

En 1982 el grupo de Ecología Vegetal Bentónica del CICESE inició un estudio destinado a evaluar la biomasa y producción de *Z. marina* y sus epífitas microscópicas. Al iniciar este estudio se hizo evidente la necesidad de evaluar simultáneamente los cambios cuantitativos y en composición taxonómica de las macroalgas asociadas con esta fanerógama. Los resultados de biomasa y producción de *Z. marina* y sus epífitas microscópicas serán publicados posteriormente. El trabajo que aquí se presenta es el primero que reúne tanto los aspectos taxonómicos como la cuantificación de la biomasa representada por las macroalgas.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se localiza en el brazo oeste de Bahía San Quintín (30°24'N, 30°30'N y 115°57'W, 116°01'W), al cual se le conoce como Bahía Falsa, en un banco fangoso situado frente a Mina Vieja (Fig. 1). La abundancia de estos bancos fangosos en toda la bahía se relaciona con la dominancia de *Z. marina* (Dawson, 1962a).

El banco trabajado, separado de la costa por un canal cuya profundidad es de

and published in Dawson (1950), 1953, 1954, 1960, 1961, 1962a, 1962b, 1963a, 1963b) and Hollenber (1961).

In San Quintín Bay we found some macroalgae genera which were drifting free and abundant in certain periods of the year. Other authors noted, in the same way, drifting stems of *Enteromorpha*, *Chaetomorpha*, *Spyridia*, *Rhizoclonium*, *Gracillaria*, *Pelvetia*, *Fucus*, and *Ascophyllum* all of them forming great masses. (Boney, 1966) Emery *et al.*, 1957; Zottoli, 1973; Shubin, 1975; Aguilar-Rosas, 1982). Thus, we talk about drift algae when referring to those which go through a free life stage, not fixed the substrate.

In 1982, the Grupo de Ecología Vegetal Bentónica from CICESE, began a study to evaluate the biomass and productivity of *Z. marina* and its microscopic epiphytes. Since the beginning of this study the need of a simultaneous evaluation of the quantitative and taxonomical composition changes of the macroalgae associated with this phanerogam became evident. The results of biomass production of *Z. marina* and its microscopic epiphytes will be published later. This is the first work to present the taxonomical aspects as well as the quantification of the macroalgae biomass.

DESCRIPTION OF THE STUDY AREA:

The studied area is located in the western arm of Bahía San Quintín (30°24'N, 30°30'N and 115°57'W, 116°01'W) which is known as Bahía Falsa, on a mudflat located in front of Mina Vieja (Fig. 1). The abundance of this kind of mudflats along the bay is related to *Z. marina* dominance (Dawson, 1962a).

The mudflat in which the work was carried out, separated from the shoreline by a 4m deep channel, has a polygonal shape and an area of approximately 3 km². It is exposed during high amplitude monthly tides and in them the *Z. marina* distribution goes from - 1.20 m to - 0.50 m in relation to the mean sea level. Our observation coincide with Dawson's (1962a), who states

MACROALGAS FLOTANTES

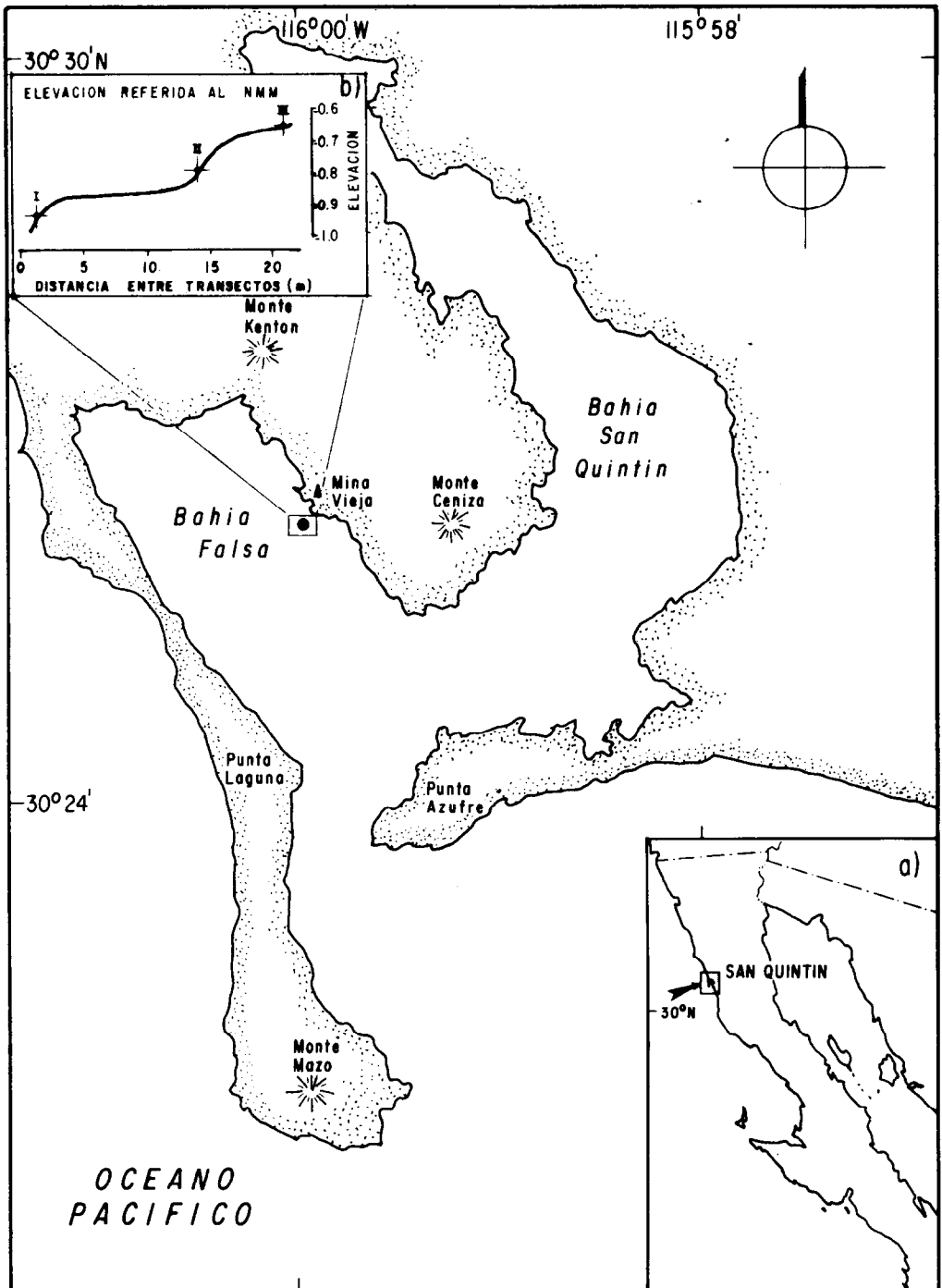


FIG. 1. Localización del área de trabajo (.) en la Bahía de San Quintín. Esta zona corresponde a un banco fangoso frente a Mina Vieja, cubierto de *Zostera marina*. b) Perfil de los transectos colocados a diferente altura respecto al nivel medio del mar. Localization of work area (.) in Bahía San Quintín. This zone corresponds to a mudflat in front of Mina Vieja, covered by *Zostera marina*. b) Profile of the transects situated at different height with respect to mean sea level.

4 m, tiene forma poligonal y un área de aproximadamente 3 km². Queda al descubierto durante las mareas de mayor amplitud en el mes y en él la distribución de *Z. marina* va de -1.20 a -0.50 m con respecto al nivel medio del mar. Nuestras observaciones coinciden con las de Dawson (1962a) quien menciona que las praderas de *Z. marina* mejor desarrolladas se encuentran en la mitad de la bahía, en bajos que mantienen de uno a tres pies de agua durante las mareas más bajas y su distribución en profundidad llega sólo a los bordes de los canales.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se realizó de junio a diciembre de 1982, en base a colectas llevadas a cabo durante las mareas más bajas de cada mes.

Con objeto de determinar si había diferencia en la biomasa de las macroalgas con la altura respecto al nivel medio del mar, se colocaron tres transectos permanentes y paralelos a la línea de costa, de 100 m de longitud cada uno, a -0.95, -0.80 y 0.65 m respectivamente (Fig. 1b). Teniendo como referencia el nivel medio del mar, localizado por el Departamento de Oceanografía Física del CICESE y con ayuda de un nivel, se ubicaron los transectos antes mencionados.

La identificación de los sitios de colecta se llevó a cabo en primer lugar, con estacas colocadas en forma permanente cada 5 m y posteriormente con una cuerda marcada cada medio metro. A estos sitios de colecta se les denominó parcelas y equivalían por lo tanto a 50x50 cms. La selección de las parcelas se hacía en base a las tablas de números al azar, sacando cinco réplicas por transecto, lo que daba un total de quince muestras por mes.

Una vez identificada la parcela y hacia su lado derecho, se colocaba un cuadrado de 20x20 cms, procediendo a colectar todas las macroalgas y ejemplares de *Z. marina* que había adentro, incluyendo raíces, rizomas y detritus. Todo este material era colocado en un tamiz de 1mm de luz de malla

that the best developed *Z. marina* meadows are located in the middle of the bay, in shoals with a depth of one to three feet of water during the lowest tide of the month, and their depth distribution only reaches channel margins.

MATERIALS AND METHODS:

This study was carried out from June to December 1982, based on collections made during the lowest tide of each month. To try to determine whether there was any difference in the macroalgae biomass according to its level in relation to average sea level, three permanent transects were placed parallel to the shoreline; they were 100 m long each, placed at -0.95 m, -0.80 m and -0.65 m respectively (Fig. 1b). These transects were placed with a level using the mean sea level as a reference, as determined by the Departamento de Oceanografía Física from CICESE.

The identification of the sampling sites was made first by using permanent stakes every 5 m and subsequently with a rope marked every half meter. These sampling sites were named parcels and their area was of 50 x 50 cm. The selection of parcels was based on random number tables, using five replicates per transect, which totals 15 samples per month.

Once a parcel had been identified, a 20 x 20 cm square was placed on its right side and all macroalgae and *Z. marina* individuals inside were collected, including roots, rhizomes and detritus. All material was placed in a 1 mm mesh size sieve and preliminarily separated into the following categories: macroalgae, *Z. marina* samples and everything remaining in the sieve was considered as detritus. The material was kept separately in polyethylene bags, which were marked and kept under refrigeration until laboratory treatment. Subsequently in the laboratory the material to be used in *Z. marina* and macroalgae biomass determination was carefully separated.

All macroalgae collected in each transect, regardless of the difference between

MACROALGAS FLOTANTES

y separado en forma preliminar en las siguientes categorías: macroalgas, ejemplares de *Z. marina* y todo aquello que quedaba en el tamiz, se consideraba detritus. Este material se guardaba, por separado, en bolsas de polietileno etiquetadas, y se mantenía en refrigeración hasta su procesamiento en el laboratorio. Posteriormente en el laboratorio se hacía una separación más detallada del material que se utilizaría para las determinaciones de biomasa, tanto de macroalgas como de *Z. marina*.

Todas las macroalgas encontradas en un transecto, sin hacer diferencia entre las verdes, pardas y rojas, eran colocadas en recipientes de aluminio llevados previamente a peso constante. Las muestras se congelaban en espera de ser liofilizadas. La liofilización se hacía a una temperatura de -50°C y una presión de 10 militors durante 24 horas. El peso seco se determinaba después de que las muestras habían permanecido en el horno durante 96 horas a una temperatura de 70°C . Se optó por la liofilización antes del secado en virtud de la gran cantidad de material por procesar y para estandarizar con el tratamiento de las muestras de biomasa de *Z. marina*. Una vez evaluada su biomasa, estas macroalgas eran identificadas.

Un análisis taxonómico independiente, se realizó con material colectado al azar, recorriendo el área cubierta por *Z. marina*, mismo que era mantenido en una solución de formaldehído al 4 0/0.

La identificación taxonómica se hizo utilizando las claves dicotómicas de Dawson (1962b y 1963b), Abbott y Hollenberg (1976). Los ejemplares quedaron depositados en el Herbario Ficológico de la Escuela Superior de Ciencias Marinas, (CMDEX) en Ensenada, Baja California.

A los datos de biomasa se les calculó la media, la desviación estándar y el error estándar de la media. Se hizo una prueba de bondad de ajuste a la distribución normal, encontrándose que ni los datos brutos ni su transformación logarítmica eran normales, por lo cual se realizó un análisis de varianza no paramétrico (Wilson).

green, brown or red ones, were placed in aluminium dishes which were previously taken to constant weight. Samples were kept frozen until they could be lyophilized. The lyophilization was made at -50°C and 10 militors of pressure during 24 hours. Dry weight was determined after the samples had been in oven for 96 hours at a temperature of 70°C . We decided to carry out the lyophilization before the drying process because of the great quantity of material to be processed and to standardize with the *Z. marina* biomass sample treatment. Once their biomass had been evaluated, macroalgae were identified.

An independent taxonomic analysis was made with randomly selected material, going over the *Z. marina* covered area. This material was kept in a 40/0 formaline solution.

The taxonomic identification was made using dicotomic keys from Dawson (1962b, 1963b), Abbott and Hollenberg (1976). The individuals were deposited in the Phycological Herbarium of the Escuela Superior de Ciencias Marinas, (CMDEX) in Ensenada, Baja California.

For the biomass data, average, standard deviation and standard error were calculated. A goodness of fit test to the normal distribution was made, and neither crude data nor their logarithmical transformation were normal; therefore, a non parametric analysis of variance was made (Wilson).

RESULTS

Biomass. The non parametric analysis of variance showed that there were no differences among transects which therefore are shown as a single line. Biomass, expressed in g dry weight/m², has its maximal value at the end of the summer, beginning of autumn (September-November), reaching 124 g dry weight/m². The minimal value was in summer (August) (Fig. 2).

In order to have an idea of the importance of the macroalgae in the ecosystem,

RESULTADOS

Biomasa. El análisis de varianza no paramétrico indicó que no había diferencia significativa entre los transectos, por lo cual se presentan como una sola línea. La biomasa expresada como g peso seco/m², alcanza su valor máximo a finales de verano, principios del otoño (septiembre-noviembre) llegando hasta 124 g peso seco/m². El valor mínimo se presenta en verano (agosto) (Fig. 2).

Con objeto de tener una idea de qué tan importante eran éstas macroalgas en el ecosistema, se llevó a cabo una comparación con la biomasa aérea de *Z. marina* en la misma zona de estudio (Poumian-Tapia, en preparación).

Se puede observar que, por lo general, las macroalgas representan un porcentaje elevado ya que en cuatro de los siete meses se encontraron valores superiores al 60 o/o, pudiendo llegar hasta más de un 100 o/o (Tabla I). En promedio, estas representan un 55 o/o de la biomasa aérea de *Z. marina*.

Composición taxonómica. El estudio taxonómico arrojó un total de diez géneros y once especies, de las cuales son cinco verdes, una parda y cuatro rojas.

La figura 3 detalla especies encontradas, así como su distribución a lo largo del tiempo en cada transecto. Aquellas especies marcadas con un asterisco son cosmopolitas y se han reportado en cuerpos de agua templadas del Hemisferio Norte, como Bahía San Quintín (Dawson, 1962a) y el Estero de Punta Banda (Aguilar Rosas, 1982). Las especies marcadas con una cruz son aquellas que por primera vez se reportan para el área de San Quintín. En esta figura se observa que las algas verdes *Ulva lactuca*, *Enteromorpha clathrata* y las algas rojas *Spyridia filamentosa* y *Cryptopleura spatulata* siempre estuvieron presentes. Fue notoria la presencia de *U. lactuca* todos los meses en todos los transectos. *E. clathrata* y *S. filamentosa* fueron menos frecuentes en el transecto I, pero estuvieron presentes todo el año en el transecto II y en menor

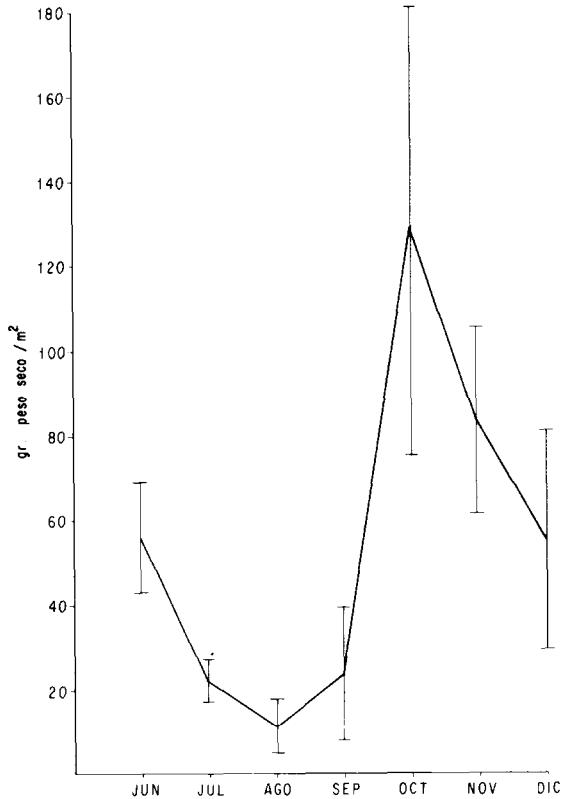


FIG. 2. Biomasa de las algas macroscópicas durante verano y otoño para los tres transectos, en la zona de estudio. Macroscopic algae biomass during summer and autumn for the three transects, in the study zone.

a comparison with aereal biomass of *Z. marina* (Poumian-Tapia, in preparation) was made.

We can see that, in general, macroalgae represent a high percentage of the biomass, since in four of the seven sampled months, we found values up to 60o/o, which could attain 100o/o or more (Table I). In average macroalgae represent 55o/o of *Z. marina*. aereal biomass.

Taxonomic composition. We found ten genera and eleven species from which five were green, one brown and four red.

Species found are shown in Fig. 3, which also shows their distribution in time in each transect. Those marked with an

MACROALGAS FLOTANTES

TIPO	ESPECIE	TRANSECTO I						TRANSECTO II						TRANSECTO III								
		J	J	A	S	O	N	D	J	J	A	S	O	N	D	J	J	A	S	O	N	D
Verdes	* <i>Ulva lactuca</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	+ * <i>Enteromorpha clathrata</i>	X	X			X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
	* <i>Enteromorpha intestinalis</i>								X						X	X						
	<i>Codium magnum</i>	X	X	X	X	X	X	X														
	<i>Cheatomorpha canabina</i>										X			X	X	X	X				X	
Pardas +	<i>Giffordia sandriana</i>							X	X													
Rojas +	<i>Griffithsia furcellata</i>						X															
	* <i>Spyridia filamentosa</i>	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	+ <i>Cryptopleura spatulata</i>			X					X	X	X	X	X	X	X	X				X		
	* <i>Hypnea cervicornis</i>	X					X	X														
	* <i>Centroceras clavulatum</i>								X							X						

FIG. 3. Distribución en espacio y tiempo de todas las especies encontradas en el banco fangoso. Las especies marcadas con asterisco son cosmopolitas (*). Aquellas marcadas con una cruz se reportan por primera vez para la región (+). Space-time distribution of every found species on mudflat. Species marked with asterisk (*) are cosmopolitans. Those marked with a cross (+) are reported firstly for this zone.

grado en el III. Por último, *C. spatulata* fue mas común en los transectos II y III y no estuvo presente ni en el primero ni en el último mes del estudio.

Del análisis de la figura 3 se desprende lo siguiente: a) El marcado desarrollo estacional de las algas, bien representado por *E. intestinalis*, *G. sandriana* y *C. clavulatum* durante el verano y *G. furcellata* en el otoño; b) existe también diferencia en la distribución de las especies en el espacio como en el caso de *C. magnum*; c) hay especies, como *G. sandriana*, que reúnen las dos características antes mencionadas, es decir, marcado desarrollo estacional y presencia sólo en un transecto, y d) el transecto II es el que muestra más especies (nueve especies contra siete en los transectos I y III).

La abundancia relativa, en base al número de especies, de las algas por grupos (verdes, pardas, y rojas) indica que en el transecto I, al iniciar las colectas, las algas verdes y las rojas eran igualmente comunes. Durante los siguientes cinco meses las algas verdes predominan y sólo en diciembre las algas rojas están más representadas (Fig. 4).

asterisk are cosmopolitan and have been reported in tempered water bodies of Northern Hemisphere, as Bahía San Quintin (Dawson, 1962a) and Estero de Punta Banda (Aguilar-Rosas, 1982). Species marked with a cross are those first reported for the San Quintin area. In this figure we can see that the green algae *Ulva lactuca*, *Enteromorpha clathrata* and red algae *Spyridia filamentosa* and *Cryptopleura spatulata* were always present. The presence of *Ulva lactuca* in every month and every transect was notorious. *E. clathrata* and *S. filamentosa* were less frequent in transect I, but they were present all year long in transect II, and to a lesser degree in transect III. Finally, *C. spatulata* was common in transects II and III and was absent in the first and last months of the study.

From an analysis of figure 3 the following can be inferred:

- a) A marked seasonal development of algae, well represented by *E. intestinalis*, *G. sandriana* and *C. clavulatum* during summer and *G. furcellata* during the autumn;
- b) There is a difference in species distribu-

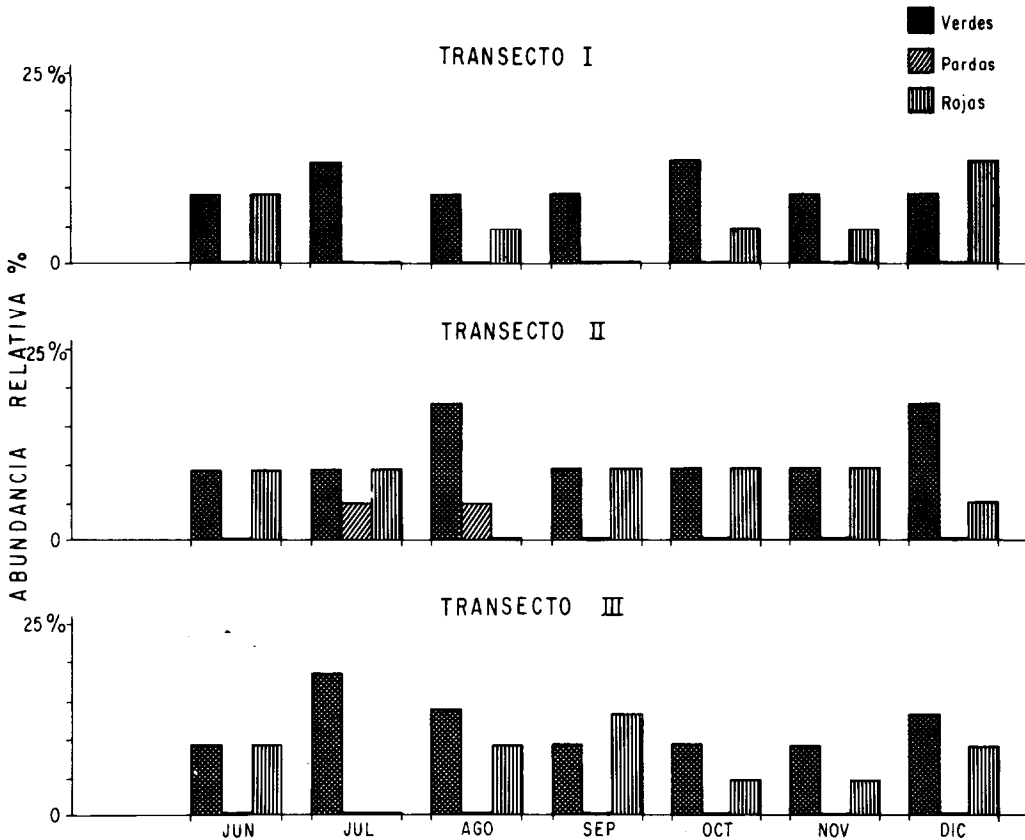


FIG. 4. Abundancia relativa de los tres grupos de algas durante los siete meses del estudio. Esta figura se elaboró tomando en cuenta el número de especies presentes en cada grupo y no los datos de biomasa.
Relative abundance of the three groups of algae during the seven months of the study. This figure was elaborated taking in account the number of species and not the biomass data.

El transecto II se caracteriza porque durante cinco meses las algas rojas son tan comunes como las verdes. Las algas pardas están presentes sólo en verano (julio-agosto) y en agosto y diciembre las algas verdes predominan.

El transecto III muestra tendencias generales semejantes a las del transecto I; en el primer mes algas verdes y rojas presentan el mismo número de especies. Durante cinco meses las algas verdes predominan y en este caso es en septiembre cuando las algas rojas son más comunes. Nótese que este mismo grupo no estuvo representado ese mes en el transecto I (ver figura 3).

tion in space, as is the case with *C. magnum*; and c) There are species, as *G. sandriana*, which have both characteristics, that is to say, a marked seasonal development and presence only in one transect, and d) Transect II has more species (nine, compared to seven in transects I and III).

The relative abundance, found in the number of algal species by groups (green, brown and red) shows that in transect I at the beginning of the sampling, green algae and red algae were equally common. During the next five months green algae were predominant and only in December red algae were better represented (Fig. 4).

Por lo que a la forma de vida se refiere, las macroalgas encontradas estaban en su mayoría en estado flotante, formando masas densas sobre las hojas de *Z. marina* y sobre el sedimento. La excepción la constituye *G. sandriana* que se encontró tanto flotante como epífita en las hojas de *Z. marina*.

DISCUSION

Durante el período de estudio, las algas flotantes mostraron un marcado crecimiento estacional, con un máximo en otoño (octubre). Una situación similar se reporta para Long Island Sound (Welsh, 1980). Por el contrario, para la Bahía de Netarts, en Oregon, en la cual también hay extensas praderas de *Z. marina*, Davis (1982) reporta la mayor biomasa de algas flotantes (*Ulva* y *Enteromorpha*) durante el verano (junio a agosto). El mismo autor reporta una situación similar para la Bahía de Yaquina. Estas variaciones estacionales en el crecimiento algal se han relacionado con las fluctuaciones de luz y temperatura del agua a lo largo del año (Conover, 1958; Pomeroy y Stockner, 1976).

Por lo que a los valores de biomasa se refiere, los datos de la figura 2 representan el peso seco de todas las algas encontradas (Fig. 3). En nuestras muestras predominaban las algas verdes de los géneros *Ulva* y *Enteromorpha*, que por lo tanto eran las que más contribuían a la biomasa medida. Valores de biomasa para *Ulva* incluyen: 70 g peso seco/m² para la costa central de California (Blinks, 1955), 60 g peso seco/m² en Long Island Sound (Welsh, 1980) y 412 g peso seco/m² en la Bahía de Yaquina (Davis, 1982). Para *Enteromorpha*, un valor promedio de 311 g peso seco/m² para la Bahía de Netarts y de 498 g peso seco/m² para Yaquina (Davis, 1982); 115 g peso seco/m² en las costas de Escocia (Owens y Stewart, 1983). La biomasa máxima obtenida en Bahía San Quintín representa valores intermedios respecto a los antes mencionados. Sin embargo, la importancia de esta flora en el ecosistema resulta evidente cuando se expresa su biomasa como porcentaje de la biomasa de *Z. marina* (Tabla I).

Transect II is characterized by the fact that during five months red algae were as common as green algae. Brown algae were present only in summer (July-August) and in August and December green algae were predominant.

Transect III shows general trends similar to those of transect I; in the first month green algae and red algae had the same number of species. During five months green algae were predominant and it was in September that red algae were more common. Note that this group was not represented during that month in transect I (see Fig. 3).

As for their way of life, most of the macroalgae found were drift algae forming big masses on *Z. marina* leaves and on the sediment. An exception is *G. sandriana* which was found as drift algae as well as an epiphyte on *Z. marina* leaves.

DISCUSSION:

During the study period, drift algae showed a noticeable seasonal growth, with a maximal value in autumn (October). A similar situation is reported for Long Island Sound (Welsh, 1980). On the other hand, for Netarts Bay, Oregon, which has also great pradares of *Z. marina*, Davis (1982) reports the highest drift algae biomass (*Ulva* and *Enteromorpha*) during summer (June to August). He also reports a similar situation for Yaquina Bay. Those seasonal variations in algal growth have been related to light and water temperature fluctuations along the year (Conover, 1958; Pomeroy and Stockner, 1976).

As for biomass values, figure 2 data represent the dry weight of all the algae found (Fig. 3). In our samples, green algae of the genera *Ulva* and *Enteromorpha* were predominant and therefore, contributed more to measured biomass values. *Ulva* biomass values include: 70 g dry weight/m² for the central coast of California (Blinks, 1955), 60 g dry weight/m² in the Long Island Sound (Welsh, 1980) and 412 g dry weight/m² in the Yaquina Bay (Davis, 1982). For

TABLA I. Porcentaje de macroalgas respecto a la biomasa aérea total de *Z. marina* en Bahía San Quintín. La biomasa aérea total comprende hojas, tallos y vainas.
Macroalgae percentage with regard to *Z. marina* areal biomass in Bahía San Quintín. Total areal biomass including leaves, stems and pads.

Mes	O/o de macroalgas respecto a la biomasa aérea total de <i>Z. marina</i> .
Junio	66
Julio	14
Agosto	5
Septiembre	15
Octubre	105
Noviembre	85
Diciembre	93

El que la flotabilidad de las macroalgas dificulte su muestreo, se refleja en los elevados valores que obtuvimos para el error estándar de la media, e indica la necesidad de incluir un número mayor de réplicas. Así, Chock y Mathieson (1983) utilizan de 10 a 12 réplicas de 0.06 m² para determinar la biomasa de las macroalgas en Cedar Point, New Hampshire. Cox (1976) sugiere que se tome un mínimo de 20 a 25 muestras en trabajos de ecología. En la práctica, el número de réplicas empleadas será función no sólo del nivel de precisión deseado, sino de la cantidad de material que puede ser procesado.

Esta misma flotabilidad de las algas impide la observación de una zonación marcada en el banco fangoso trabajado.

En cuanto a las especies encontradas, tenemos como antecedentes el trabajo de Conover (1958), quien estudió las macroalgas en las praderas de *Z. marina* y *Ruppia maritima* en Great Pond, Massachusetts (70°35'N; 41°35'E) en la costa atlántica. Este autor menciona entre las especies más comunes a *Enteromorpha compressa*, *Ulva lactuca*, *Agardhiella tenera*, *Gracilaria verrucosa*, *Ceramium rubrum*, *Hypnea musciformis*, *S. filamentosa* y un número de especies de *Dasya*, *Ceramium*, *Champia*, *Lomentaria* y *Polysiphonia*. Por otro lado, Keller (1963) quien estudió las praderas de *Z. marina* en la Bahía de Humboldt, California (216 millas náuticas al NO de San Francisco) menciona la abundancia de *Ulva* sp. y *Enteromorpha* sp.

Enteromorpha, an average value of 311 g dry weight/m² for Yaquina Bay (Davis, 1982); 115 g dry weight/m² in Scotland Coasts (Owens and Stewart, 1983). The biomass values found in Bahía San Quintín are intermediate with those previously mentioned. However, the importance of this flora in the ecosystem is evident when its biomass is expressed as a percentage of the *Z. marina* biomass (Table I).

The difficulty of sampling drift macroalgae is evidenced by the high values of the standard error of the mean, which indicates the need of including a larger number of replicates. Thus, Chock and Mathieson (1983) use 10 to 12 replicates of 0.06 m² to determine macroalgae biomass in Cedar Point, New Hampshire. Cox (1976) suggest a minimal number of 20 to 25 samples for Ecological studies. In practice the number of replicates used will depend not only on the desired level of precision, but also on the amount of material that can be processed.

The buoyancy of drift macroalgae did not allowed the observation of a marked zonation on the mudflat.

Regarding the species found, we have as antecedents the work of Conover (1958) who studied macroalgae in *Z. marina* and *Ruppia maritima* beds in Great Pond, Massachusetts (70°35'N; 41°35'E) in the Atlantic Coast. The author mentions among the most common species *Enteromorpha compressa*, *Ulva lactuca*, *Agardhiella tenera*, *Gracilaria verrucosa*, *Ceramium rubrum*, *Hypnea musciformis*, *S. filamentosa* and a number of species of *Dasya*, *Ceramium*, *Champia*, *Lomentaria* and *Polysiphonia*. On the other hand, Keller (1963) who studied *Z. marina* beds in Humboldt Bay, California (216 nautical miles NW of San Francisco), mentions the abundance of *Ulva* sp and *Enteromorpha* sp.

For the studied area, Dawson (1962a) reports in Bahía Falsa, *P. mollis*, *C. magnum*, *H. cervicomis*, *Griffithsia tenuis*, *C. clavulatum*, *Gracilaria subsecundata* and *Lomentaria baileyana*. In the November sample, only *Ulva*, *Codium* and *Centroceras* were abundant and conspicuous.

Para el área de estudio, Dawson (1962a) reporta en Bahía Falsa a *P. mollis*, *C. magnum*, *H. cervicornis*, *Griffithsia tenuis*, *C. clavullatum*, *Gracilaria subsecundata* y *Lomentaria baileyana*. Para noviembre, sólo *Ulva*, *Codium* y *Centroceras* fueron abundantes y conspicuas.

De los géneros antes mencionados, en este estudio encontramos a *Enteromorpha*, *Ulva*, *Spyridia*, *Centroceras* e *Hypnea*, que son géneros cosmopolitas. De estos, los tres primeros se consideran representativos por su presencia y dominancia en el área de estudio durante los meses de verano y otoño. Estos mismos géneros han sido también considerados cosmopolitas por Aguilar Rosas (1982) en el Estero de Punta Banda. En el caso particular de *S. filamentosa*, se le encuentra todo el año en el Estero de Punta Banda (Aguilar Rosas, 1982), formando tapetes en la marisma, o como epífitas sobre los tallos de *Spartina foliosa* y las hojas de *R. maritima* (Aguilar Rosas, en preparación). Esto coincide con las observaciones de Dawes *et al.* (1978).

Al reportar por primera vez para Bahía San Quintín a *E. clathrata*, *G. sandriana* y *C. spatulata*, se eleva el número total a 30 géneros con 39 especies y 1 variedad, considerando los reportes previos de E. Y. Dawson.

El marcado desarrollo estacional de las algas en Bahía San Quintín ya había sido estudiado por Dawson (1962a), especialmente para *C. magnum*, *S. filamentosa*, *P. mollis*, *Griffithsia tenuis*, *G. multiramosa* (= *G. furcellata*), *Gigartina tepida* e *Hypoglossum attenuatum*, las cuales evidenciaron estados juveniles, o no desarrollados, en primavera (abril), un gran desarrollo en verano (agosto) y su decaimiento en el otoño tardío (noviembre y diciembre).

Si bien en nuestro caso los meses del muestreo correspondieron al verano y otoño, algunas especies mostraron este mismo comportamiento siendo el caso de *E. intestinalis*, *G. sandriana*, *C. clavullatum* y *C. magnum*.

Es importante hacer notar que sólo un ejemplar de *G. sandriana*, se encontró

From mentioned genera, we found in this study *Enteromorpha*, *Ulva*, *Spyridia*, *Centroceras* and *Hypnea* which are cosmopolitan genera. From those, the first three are considered as representative for their presence and dominance in the study area, during summer and autumn months. These genera have been also considered as cosmopolitan by Aguilar-Rosas (1982) in Estero de Punta Banda. In particular, *S. filamentosa* is found all year long in Estero de Punta Banda, (Aguilar Rosas, 1982), forming mats in the marsh stems, or as epiphyte on *Spartina foliosa*, stems and on *R. maritima* leaves (Aguilar-Rosas, in preparation). This coincides with the observation of Dawes *et al.* (1978).

With the first report of *E. clathrata*, *G. sandriana* and *C. spatulata*, in Bahía San Quintín, the total number of genera reaches 30, with 39 species and 1 variety, considering previous reports from E.Y. Dawson.

The marked seasonal development of Bahía San Quintín algae, had been studied by Dawson (1962a), specially for *C. magnum*, *S. filamentosa*, *P. mollis*, *Griffithsia tenuis*, *G. multiramosa* (= *furcellata*), *Gigartina tepida* and *Hypoglossum attenuatum*, which evidenciate juvenile or not developed stages, in spring (April), a great development in summer (August) and a decline in later autumn (November and December). Although, in our case the sampling months corresponded to summer and autumn, some species showed the same behaviour, such as *E. intestinalis*, *G. sandriana*, *C. clavullatum* and *C. magnum*.

It is important to mention that only one specimen of *G. sandriana* was found as epiphyte on *Z. marina* leaves. This same species was mentioned previously as epiphyte of the same grass in Beaufort, North Carolina (34° 30'N, 34° 40'N and 76° 40'W) during spring (Brauner, 1975). On the other hand, other epiphytic forms of brown algae are common on *Z. marina* leaves during summer in the San Diego area, California. (J. Stewart, personal communication).

como epífita en las hojas de *Z. marina*. Esta misma especie ya había sido reportada previamente como epífita del mismo pasto en Beaufort, Carolina del Norte (34° 30'N; 34° 40'N y 76°40'O) durante la primavera (Brauner, 1975). Por el contrario, otras formas epífitas de algas pardas cubren comúnmente las hojas de *Z. marina* durante el verano en el área de San Diego, California (J. Stewart, comunicación personal).

Como anteriormente se hizo mención, el muestreo no se diseñó para las macroalgas, por lo cual no se consideró la posibilidad de hacer el reconocimiento de las especies presentes en la costa rocosa. Esto nos hubiera permitido conocer el origen de las algas encontradas en el bajo, así como confirmar su forma de vida (fija o desprendida). En base a nuestras observaciones, consideramos que las macroalgas que se encontraron en la pradera de *Z. marina* no se originan ahí, sino que son transportadas y depositadas por efectos mecánicos del movimiento del agua. Prueba de esto es el haber encontrado a *C. magnum* únicamente en el transecto I, el más profundo. Con anterioridad Dawson (1950) ya había indicado para la misma área que *C. magnum* se encontraba fijo a las rocas o formando grandes masas no fijas sobre las planicies fangosas.

Esta posibilidad de encontrar a una especie tanto fija como en un estado de vida libre la menciona también Boney (1966). En algunos casos, a estas formas de vida libre se les designa como "ecad", para describir a plantas que experimentaron cambios fenotípicos debido a su nuevo habitat. Por lo general, estas formas de vida libre se originan por crecimiento vegetativo de aquellas ramas que se han desprendido de la planta fija, aunque también pueden originarse a partir de oosporas de la planta normal que son transportadas al nuevo habitat y se desarrollan directamente en la forma "ecad". La primera forma de crecimiento ha sido observada también por Chock y Mathieson (1966) para *Ascophyllum nodosum* ecad *scorpioides*. Las formas de vida libre se encuentran en marismas y habitats protegidos en los que hay substrato lodoso y un aporte de agua dulce en el área (Boney, 1966).

As we already mentioned this sampling was not designed for macroalgae, and this is the reason why the possibility of making a species recognizance in the rocky coast was not considered. This would have allowed us to know the origin of algae found in the mudflat, as well as to confirm which is their way of life (fixed or free). Based on our observations, we consider that macroalgae found on the *Z. marina* bed did not originate there, but were transported and deposited by mechanical effects of water motion. As a proof, we shall mention the fact that *C. magnum* was found only in transect I, the deepest one. Previously, Dawson (1950) mentioned for the same area that *C. magnum* was found fixed to rocks or forming great masses not fixed on the mudflats.

The possibility of finding a species in a fixed as well as in a free stage way of life was mentioned by Boney (1966). Sometimes, those free life forms have been named "ecad" to describe plants which go through phenotypic changes due to their new habitat. In general, those free life formas are generated from the vegetative growth of branches which have become loose from fixed plants, although they can be generated too from oosporas from normal plants which were transported to new habitat and have "ecad" form development. The first type of growth was observed too by Chock and Mathieson (1966) in *Ascophyllum nodosum* ecad *scorpioides*. Free life forms occur in marshes and protected habitats and protected habitats with a muddy substrate and a fresh water input (Boney, 1966).

This study about space-time variations of drift macroalgae in Bahía Falsa, San Quintín, represents a first approximation which lays down the foundations allowing to deepen and enlarge regional investigations that will discover the energetic dynamics of coastal water bodies.

CONCLUSIONS

1. The maximal biomass found in Bahía San Quintín (autumn) represents an average value in relation to those reported in literature.

Este estudio sobre las variaciones espacio-temporales de las macroalgas flotantes en Bahía Falsa, San Quintín, representa una primera aproximación que provee bases para profundizar y ampliar las investigaciones a nivel regional que permitan desentrañar la dinámica energética de los cuerpos de agua costeros.

CONCLUSIONES

1. La máxima biomasa encontrada en Bahía San Quintín (otoño) representa un valor intermedio a los reportados en la literatura.

2. Las macroalgas representan, en promedio, un 55 % de la biomasa aérea de *Z. marina* entre junio y diciembre de 1982.

3. Las algas verdes *U. lactuca* y *E. clathrata*, así como las algas rojas *S. filamentosa* y *C. spatulata* fueron las más comunes.

4. Se reportan por primera vez para Bahía San Quintín a *E. clathrata*, *C. sandriana* y *C. spatulata*.

5. Las macroalgas se encontraban flotando, formando masas densas sobre *Z. marina* y el sedimento. Sólo *C. sandriana* se encontró como epífita en las hojas de *Z. marina*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la P.O. Miriam Poumian Tapia, técnico del grupo de Ecología Vegetal Bentónica del CICESE, su valiosa ayuda en el trabajo de campo y laboratorio. Al Dr. Rubén Lara Lara y a la M. en C. Anamaría Escofet del CICESE, a la Dra. Joan Stewart de SCRIPPS Institution of Oceanography y al M. en C. José A. Zertuche, del IIO, por la revisión crítica del manuscrito. Al personal de la biblioteca de CICESE por la ayuda brindada en la búsqueda bibliográfica., a la sección de dibujo de la División de Oceanología del CICESE por la realización de las figuras.

2. Macroalgae represents, in average, a 55 % of the aerial biomass of *Z. marina* between June and December 1982.

3. Green algae *U. lactuca* and *E. clathrata*, as well as red algae *S. filamentosa* and *C. spatulata* were the most common.

4. *E. clathrata*, *C. sandriana* and *C. spatulata* were reported for the first time in Bahía San Quintín.

5. Macroalgae were found as drift algae forming dense masses on *Z. marina* and on the sediment. Only *C. sandriana* was found as epiphyte on *Z. marina* leaves.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank P.O. Miriam Poumian Tapia, Ecología Vegetal Bentónica (CICESE) technician, for her help in field and laboratory work.

Dr. Ruben Lara-Lara and M.C. Anamaría Escofet from CICESE, Dr. Joan Stewart from Scripps Institution of Oceanography and M.C. Jose A. Zertuche, from I.I.O., for their critical revision of the manuscript.

The library staff from CICESE for their help in bibliographical search.

The drawing section from Division de Oceanología from CICESE for the figures.

The Grupo de Ecología de Lagunas Costeras y Mares Adyacentes from CICESE, for lending us part of the equipment used in sample processing.

The Escuela Superior de Ciencias Marinas from UABC for the Laboratory and instruments used.

The final step of this work was supported by the Dirección Adjunta de Desarrollo Científico del CONACYT, through project No. PCCBCNA-020120.

This work was presented in the 9th Mexican Congress of Botany held in México City, from the 9th to 14th of September, 1984.

Al grupo de Ecología de Lagunas Costeras y Mares Adyacentes del CICESE el habernos facilitado parte del equipo utilizado en el procesamiento de las muestras. A la Escuela Superior de Ciencias Marinas de la UABC por el uso del laboratorio e instrumental.

La fase final de este trabajo recibió el apoyo de la Dirección Adjunta de Desarrollo Científico del CONACyT, mediante el proyecto No. PCCBCNA-020120.

Este trabajo se presentó en el IX Congreso Mexicano de Botánica realizado en la ciudad de México, del 9 al 14 de septiembre de 1984.

LITERATURA CITADA

- ABBOTT, I.A. and G. J. Hollenberg. 1976. Marine algae of California. Stanford University Press, Stanford, Calif. 827p.
- AGUILAR, R. R. 1982. Identificación y distribución de las algas marinas del Estero de Punta Banda, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 8 (1): 78-87.
- . Notas ecológicas sobre *Ruppia maritima* en el Estero de Punta Banda, B.C. (en preparación).
- BARNARD, J. L. 1962. Benthic marine exploration of Bahía San Quintín, B.C., 1960-61. *Pacific Nat.*, 3: 249-274.
- BLINKS, L.R. 1955. Photosynthesis and productivity of littoral marine algae. *J. Mar. Res.*, 14 (4): 363-373.
- BONEY, A. D. 1966. A biology of marine algae. Hutchinson Educational, 209 pp.
- BRAUNER, J. F. 1975. Seasonality of epiphytic algae on *Zostera marina* at Beaufort, North Carolina. *Nova Hedwigia*, 26: 125-133.
- CONOVER, J.T. 1958. Seasonal growth of benthic marine plants as related to environmental factors in an estuary. *Publ. Inst. Marine Science, Texas*, 5: 97-147.
- COX, G.W. 1976. *Laboratory Manual of General Ecology*, 3rd. edn. W. C. Brown, Dubuque, Iowa, 237 pp.
- CHOCK, J.S. and A. C. Mathieson. 1976. Ecological studies of the salt marsh eelgrass *Scorpioides* (Homemann) Hauck of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis. *J. exp. Mar. Biol. Ecol.*, 23: 171-190.
- . 1983. Variations of New England estuarine seaweed biomass. *Botanica Marina*, XXVI: 87-97.
- DAVIS, M.W. 1982. Production dynamics of sediment-associated algae in two Oregon Estuaries. Ph. D. Thesis. Oregon State University, 135 p.
- Ocean. Sergio Pou A., translated this paper into English.
-
- DAWES, J. C., M. E. Ralph and D.A. Mary. 1978. The photosynthetic and respiratory rates and tolerances of benthic algae from a mangrove and salt marsh estuary: a comparative study. *Est. Coast. Mar. Sci.* 6: 175-185.
- DAWSON, E. Y. 1950. A giant new *Codium* from Pacific Baja California. *Bull. Tourey Bot. Club*, 77 (4): 298-300.
- . 1953. Marine red algae of Pacific México, part 1. Bangiales to Corallinaceae subf. Corallinoideae. *Allan Hancock Pacific Exp.*, 17 (1): 239 pp.
- . 1954. Marine red algae of Pacific México, part 2. Cryptonemiales (cont.). *Allan Hancock Pacific Exp.*, 17 (2): 250-398.
- . 1960. Marine red algae of Pacific México, part 3. Cryptonemiales Corallinaceae subf. Melobesioideae. *Pacific Nat.*, 2 (1): 1-125.
- . 1961. Marine red algae of Pacific México, part 4. Gigartinales. *Pacific Nat.*, 2 (5): 189-343.
- . 1962a. Marine and marsh vegetation of Bahía of San Quintín. *Pacific Nat.*, 3: 275-280.
- . 1962b. Marine red algae of Pacific México. VII. Ceramiales: Ceramiaceae, Delesseriaceae. *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 26: 207 pp.
- . 1963a. Marine red algae of Pacific México. VI. Rhodomeniales. *Nova Hedwigia*, 5: 437-476.
- . 1963b. Marine red algae of Pacific México. VIII. Ceramiales: Dasyaceae, Rhodomelaceae. *Nova Hedwigia*, 6: 401-481.
- EMERY, K. O., R.E. Stevenson and J. W. Hedgpeth. 1957. Estuaries and lagoons. In: Hedgpeth, J. W. (ed). *Treatise on marine ecology and paleoecology*. The Geological Society of America. *Memoir* 67, vol. I 673-750.
- HOLLENBERG, G.J. 1961. Marine red algae of Pacific México. V. The genus *Polysiphonia*. *Pacific Nat.*, 2 (5-6): 345-375.
- . Mexico. V. The genus *Polysiphonia*. *Pacific Nat.*, 2 (5-6): 345-375.
- KELLER, M. 1963. The growth and distribution of eelgrass (*Zostera marina*) in Humboldt Bay, California. M.S. Thesis. Faculty of Humboldt State College, 55 p.
- LARA LARA, J.R., S. Alvarez Borrego y L. F. Small. 1980. Variability and tidal exchange of ecological properties in a coastal lagoon. *Est. Coast. Mar. Sci.* 11: 613-637.
- ODUM, E.P. 1968. Natural Production in estuaries, a source of food for oysters. In: Thomas, L.L. (ed). *Proceedings of the oyster culture workshop*, Marine Fisheries Div. Brunswick, Georgia. *Contr. Ser. No. 6*: 3pp.
- OWENS, N.J.P. and W.D.P. Stewart. 1983. *Euteromorpha* and the cycling of nitrogen in a small estuary. *Est. Coast. Shelf. Sci.*, 17: 287-296.
- POMEROY, W.M. and J.G. Stockner. 1976. Effects of environmental disturbance on the distribution and primary production of benthic algae on a British Columbia Estuary. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33: 1175-1187.

MACROALGAS FLOTANTES

- POUMIAN Tapia, M. Determinación de la biomasa aérea de *Zostera marina* y sus epífitas en Bahía Falsa, San Quintín. Tesis Profesional (en preparación).
- SHUBIN, B.A. 1975. The algae. In: The marine resources agency. Depart. Fish and Game. Fish. Bull., 165:37-39.
- WELSH, B.L. 1980. Comparative nutrient dynamics of a marsh-mudflat ecosystem. Est. Coast. Mar. Sci., 10:143-164.
- ZOTTOLI, R. 1973. Introduction to marine environments. The C.V. Mosby Co. 98-102.