

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Facultad de Ciencias Físicas  
Escuela de Biología

Productividad Primaria, Biomasa del Ecosistema  
y la Relación con Parámetros Físico - Químicos en el  
Arrecife Coralino del Parque Nacional Corcovado



Tesis para optar al grado de  
Licenciatura en Biología

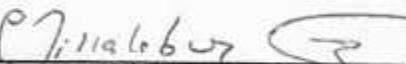
Presentada por:

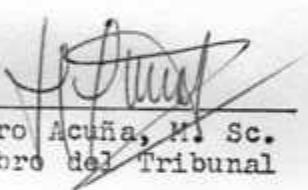
Doña Margarita Estela Gómez Gómez

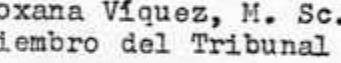
San José, Julio 1986

Esta Tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Licenciatura de la Universidad de Costa Rica como requisito para optar al grado de Licenciada.

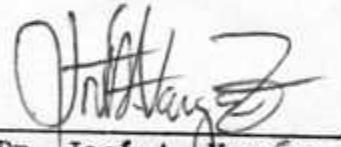
  
Dr. Manuel Murillo  
Director de Tesis

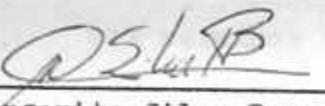
  
Carlos Villalobos, M. Sc.  
Director Escuela de Biología

  
Jenaro Acuña, M. Sc.  
Miembro del Tribunal

  
Roxana Viquez, M. Sc.  
Miembro del Tribunal

  
Gerardo Umaña, M. Sc  
Miembro del Tribunal

  
Dr. José A. Vargas  
Miembro del Tribunal

  
Ana Margarita Silva Benavides  
Candidata

A mis padres (Allan y Margarita) y a  
mis hermanos Guisselle, Katty y Allan

#### AGRADECIMIENTO

Merece mi especial reconocimiento el Dr. Manuel M. Murillo, Director de Tesis, por su valiosa, desinteresada y eficaz ayuda brindada durante el desarrollo de la investigación; por facilitarme los viajes a Cahuita y por poner a mi disposición el laboratorio de Química Marina del CIMAR.

Al profesor Jenaro Acuña, M.Sc. por su magnifica y desinteresada y valiosa ayuda y consejos que durante el desarrollo de la investigación me brindó.

Al profesor Gerardo Umaña, M.Sc. y al Dr. José A. Vargas, por sus valiosos consejos y ayuda generosa que fueron de inestimable valor para el desarrollo de la investigación.

A la profesora Roxana Víquez, M.Sc. por la paciencia que demostró para conmigo en la identificación del fitoplancton.

A mis padres, compañeros y amigos, quienes me brindaron siempre la mejor colaboración, estimularon mi interés para la culminación del presente trabajo. Sin su ayuda hubiera sido imposible la culminación de mis estudios.

A todos mi sincero agradecimiento. Muchas gracias.

## INDICE

Miembros del Tribunal .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimientos .....	iv
Indice General .....	v
Indice de Ilustraciones .....	vii
Indice de Cuadros .....	ix
Resumen .....	x
Introducción .....	1
Materiales y Métodos .....	7
Resultados .....	16
Discusión .....	46
Referencias citadas .....	53
Apéndices:	
1. Determinación de la productividad primaria, clorofila y fcoopiegamentos .....	59
2. Coeficiente de Similitud .....	62
3. Densidad de géneros de fitoplancton (número de células $l^{-1}$ ) en la Estación N° 1; 12:00 horas en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita. Setiembre 1985 a Marzo 1986.....	63
4. Densidad de géneros de fitoplancton (número de células $l^{-1}$ ) en la Estación N° 2; 6:00 horas en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita. Setiembre 1985 a Marzo 1986.....	65
5. Densidad de géneros de fitoplancton (número de células $l^{-1}$ ) en la Estación N° 2; 12 horas en el arrecife coralino del Parque Nacional Caguita. Setiembre 1985 a Marzo 1986.....	67

6. Densidad de géneros de fitoplancton (número de células $l^{-1}$ ) en la Estación N° 2; 18:00 horas en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita. Setiembre 1985 a Marzo 1986.....	69
7. Densidad de géneros de fitoplancton (número de células $l^{-1}$ ) en la Estación N° 4; 18:00 horas en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita. Setiembre 1985 a Marzo 1986.....	71

INDICE DE ILUSTRACIONES

Número		Página
1	Ubicación del área de estudio. Arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita.	9
2	Concentración promedio de los nutrientes ( $\mu \text{ mol l}^{-1}$ ) en las estaciones N° 1, 2, 4 durante los muestreos efectuados de setiembre 1985 a marzo 1986 en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita.	20
3	Concentración promedio de los nutrientes ( $\mu \text{ mol l}^{-1}$ ) durante los muestreos efectuados de setiembre 1985 a marzo 1986 en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita.	23
4	Densidad de géneros de fitoplancton (número de individuos $l^{-1}$ ) en las estaciones N° 1, 2, 4 durante los muestreos efectuados de setiembre 1985 a marzo 1986 en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita.	25
5	Densidad de géneros de fitoplancton (número de individuos $l^{-1}$ ) en la Estación N° 2, a las 6:00, 12:00, 18:00 horas durante los muestreos efectuados de setiembre 1985 a marzo 1986 en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita.	27
6	Densidad de géneros de fitoplancton (número de individuos $l^{-1}$ ) en la Estación N° 1 a las 12:00 horas, durante los muestreos efectuados de setiembre 1985 a marzo 1986 en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita.	29

Número	Página
7	Densidad de géneros de fitoplancton (número de individuos $\text{I}^{-1}$ ) en la Estación N° 2 a las 12:00 horas durante los muestreos efectuados de setiembre 1985 a marzo 1986 en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita. 31
8	Densidad de géneros de fitoplancton (número de individuos $\text{I}^{-1}$ ) en la Estación N° 4 a las 12:00 horas, durante los muestreos efectuados de setiembre de 1985 a marzo 1986 en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita. 33
9	Diagrama de Trellis para los coeficientes de similitud de los géneros de fitoplancton entre las estaciones muestreadas en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita. 38
10	Concentración de clorofila total ( $\text{mg m}^{-3}$ ) en la estación 2 a las 6:00, 12:00, 18:00 horas durante los muestreos efectuados de setiembre 1985 a marzo 1986 en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita. 41
11	Concentración total de feopigmentos ( $\text{mg pig m}^{-3}$ ) en la estación N° 2 a las:6:00 12:00, 18:00 horas durante los muestreos efectuados de setiembre 1985 a marzo 1986 en el arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita. 44

## INDICE DE CUADROS

Número	Página
1 Parámetros físico-químicos determinados en las estaciones Nº 1, 2, 4 del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita de setiembre 1985 a marzo 1986, 12:00 horas.	17
2 Concentración de nutrientes ( $\mu\text{ mol l}^{-1}$ ) determinados en las estaciones Nº 1, 2, 4 del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, durante el período de setiembre 1985 a marzo 1986, 12:00 horas.	18
3 Análisis de diversidad para los géneros de fitoplancton según el índice de Simpson y Shannon-Wiener en las estaciones Nº 1, 2, 4 durante el período setiembre 1985 a marzo 1986, en el arrecife coralino, Parque Nacional Cahuita, 12:00 horas.	35
4 Concentración de clorofila a, b, c y feopigmentos totales (mg pig $m^{-3}$ ) en la estación 2 del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, durante el período de setiembre de 1985 a marzo de 1986.	39
5 Productividad primaria (Productividad primaria neta, productividad primaria bruta y respiración) del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita para el período octubre 1985 a marzo 1986.	45

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita con el objeto de determinar la productividad primaria y la biomasa del fitoplancton; asimismo, se trató de establecer la relación de esos valores con los principales parámetros físico-químicos.

Para tal propósito se estableció tres estaciones de muestreo: dos en la parte interna del arrecife y una fuera de la cresta externa. Los muestreos se llevaron a cabo un día de cada mes desde setiembre de 1985, hasta marzo de 1986. En cada muestreo se obtuvo datos sobre:

- a) Temperatura, salinidad y transparencia del agua.
- b) Nutrimentos ( $\text{SiO}_4^{-4}$ ,  $\text{PO}_4^{-3}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) y concentración de oxígeno disuelto.
- c) Concentración de clorofila y productividad primaria.
- d) Constitución de la comunidad de fitoplancton a nivel de géneros.

Los muestreos de fitoplancton fueron realizados con una red para plancton de  $25 \mu\text{m}$  de foco y  $25 \mu\text{m}$  de decímetro; la productividad primaria fue determinada mediante el método de Gramm (1930-1932); la clorofila y los nutrimentos fueron medidos mediante los métodos de Strickland-Parsons (1977).

Se encontró oscilación en la estructura de la comunidad fitoplanctónica, en los valores de la productividad primaria y en la biomasa, que se atribuyen al efecto de los factores físicos (turbulencia y corrientes) y a factores químicos (nutrimentos). Estos últimos pueden considerarse los factores reguladores más importantes.

## INTRODUCCION

La estructura de la biomasa de una comunidad fitoplantónica están condicionadas por una combinación de parámetros oceanográficos de carácter químico, físico y biológico. Los factores químicos claves son la concentración y distribución de macronutrientos (nitrógeno, fósforo, silicio) y el pH (Bouges, 1976; Lehman, 1980; Parsons y otros, 1984).

Los macronutrientos son incorporados por el fitoplanctón en materia orgánica, principalmente aminoácidos y vitaminas esenciales para el desarrollo de las células (Raymont, 1980; Parsons y otros, 1984).

Los parámetros físicos (temperatura, salinidad y luz) son, asimismo, importantes (Lara 1980; Raymont, 1980; Rhee, 1983; Parsons y otros, 1984). El fitoplancton responde a variaciones en la temperatura mediante cambios en la composición de sus células. En Skeletonema costatum, por ejemplo, hay un incremento en las enzimas fotosintéticas y se duplica el contenido de carbono por célula, cuando la temperatura disminuye de 20° C a 7° C (Rice y otros, 1975). Además, en respuesta a diferentes intensidades lumínicas las células del fitoplancton experimentan cambios en la tasa de división, en la composición química, en el contenido de clorofila de las células, en el

contenido de pigmentos y en la cantidad de enzimas fotosintéticas. De igual manera, la salinidad puede influir en la división celular del fitoplancton (Waffar y otros, 1984).

Los factores biológicos, como la depredación y la competencia influyen en el condicionamiento de una comunidad fitoplancótica (Hamen y otros, 1946; Ignatiades, 1979, Parsons y otros, 1984; Roden, 1984).

La cantidad de materia orgánica elaborada por organismos autótrofos por unidad de tiempo recibe el nombre de productividad primaria (Dufour, 1986). Los iones de nitrógeno-amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y los compuestos del fósforo, que se encuentran en el agua del mar en tres formas: fósforo orgánico disuelto, fósforo inorgánico disuelto y fósforo particulado (Strickland-Parsons, 1969; Grasshoff, 1984) tienen función reguladora sobre la productividad primaria. El fitoplancton asimila el fósforo inorgánico disuelto (ión ortofosfato), aunque puede incorporar también el fósforo orgánico disuelto (Parsons y otros, 1984).

Cuando el fósforo inorgánico se encuentra en pequeñas cantidades, el fitoplancton sintetiza una enzima extracelular, la fosfatasa, que hidroliza el fósforo de los componentes orgánicos y lo hace accesible al fitoplancton, (Rhee, 1975; Parsons

y otros, 1984).

El nitrógeno y el fósforo constituyen elementos importantes para los procesos biológicos del fitoplancton. El nitrato, el nitrito y el amonio son utilizados como fuentes de nitrógeno por la mayoría de las especies de algas. El  $\text{NH}_4^-$  puede ser usado directamente en la síntesis de aminoácidos. La diferencia en el crecimiento en varias especies de algas, puede deberse a la ausencia de enzimas de reductasa celular para la reducción de  $\text{NH}_4^+$ , (Raymont, 1980). Asimismo, el fósforo es un constituyente esencial de la materia viva, principalmente en el adenosin trifosfato (ATP), los aminoácidos y fosfolípidos de las células del fitoplancton (Raymont, 1980). Por otro lado, la sílice es utilizada por las diatomeas y radiolarios para la construcción de sus frístulas (Waffar y otros, 1983). Por vía química, la sílice experimenta una precipitación orgánica por efecto de los electrolitos con los que forman sales insolubles, o por absorción o coprecipitación con materia coloidal o semicoloidal aportada por los ríos provocada por los mismos electrolitos (Kamatoni y otros, 1984).

Las aguas oceánicas tropicales se caracterizan por una baja productividad primaria y por sus bajos niveles de nutrientes disueltos. Blakbourn y otros (1983) encontraron valores de  $0,07 \mu \text{mol l}^{-1}$  para el nitrato; Ricard (1981) midió concen-

traciones máximas de silicato y de fosfato de 2,9 y  $0,03 \mu \text{mol l}^{-1}$ , respectivamente, en aguas ecuatoriales oceánicas. Sin embargo, la situación es diferente en las zonas costeras (estuarios, lagunas y en los arrecifes coralinos), donde los valores de productividad primaria y la concentración de nutrientes son mayores. Waffar y otros (1983) determinaron valores de  $11,5 \mu \text{mol l}^{-1}$ ,  $0,31 \mu \text{mol P l}^{-1}$  y  $2,3 \mu \text{mol Si l}^{-1}$  en una zona costera de Morlaix Bay, Canal de la Mancha. Corredor (1978), encontró concentraciones de  $2-3 \mu \text{mol N l}^{-1}$  en el área de afloramiento en la península de la Guajira, Colombia, y Walsh (1971), obtuvo valores de  $30 \mu \text{mol N l}^{-1}$  en el afloramiento de las costas del Perú. Asimismo, Ricard (1984) determinó concentraciones de  $0,45-1,12 \mu \text{mol N l}^{-1}$  y de  $16,0 \mu \text{mol Si l}^{-1}$  en Tiahura Lagoon (Isla de Moorea).

Los procesos de remineralización, mezcla y regeneración por medio de microorganismos pueden ser responsables de las altas tasas de productividad primaria medida en los arrecifes coralinos (Andrews y otros, 1983; Crossland y otros, 1983). Así, no obstante su baja concentración, los nutrientes están siempre accesibles. Levinton (1982) considera que los zooplancton asciadas a los polípos de coral y a las anémonas, las algas bentónicas y el fitoplancton, contribuyen a la alta productividad de un arrecife.

Se ha observado que bajo condiciones favorables hay una incorporación neta de fósforo por parte de los corales, este fósforo participa en los procesos de calcificación y de crecimiento de corales. Bajo condiciones desfavorables, hay excreción de fósforo (Lewis, 1971; Richard, 1981). De igual modo que ocurre con el fósforo, se ha notado que el nitrógeno es reciclado en un arrecife. Esta dinámica de los nutrientes y su efecto regulador sobre los corales, obedece a que en éstos las zooxantelas están incorporados en los tejidos de los polípos, facilitando la incorporación eficiente de los componentes nitrogenados por el complejo zooxantela-coral (Lewis, 1977).

La comunidad del fitoplancton constituye la base de la cadena trófica en un sistema marino, es importante por consiguiente estudiar su estructura tomando en cuenta los parámetros físico-químicos que la regulan. Para entender las características de esta relación en el caso concreto del arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita, se han planteado los siguientes objetivos:

- 1.- Medir la concentración de nutrientes (iones nitrato, nitrito, amonio, fosfato y silicato) en tres localidades del arrecife.
- 2.- Determinar la productividad primaria del arrecife en función del oxígeno disuelto.

- 3.- Relacionar los niveles de concentración de nutrientes con los valores de productividad primaria encontrados.
- 4.- Determinar la variación diurna en la biomasa y del fitoplancton en función de la concentración de clorofila.
- 5.- Llevar un registro de parámetros físicos (temperatura, salinidad, profundidad de la penetración de la luz), en las localidades estudiadas.
- 6.- Interpretar los valores de densidad y de abundancia de los grupos mayores de fitopláncton.

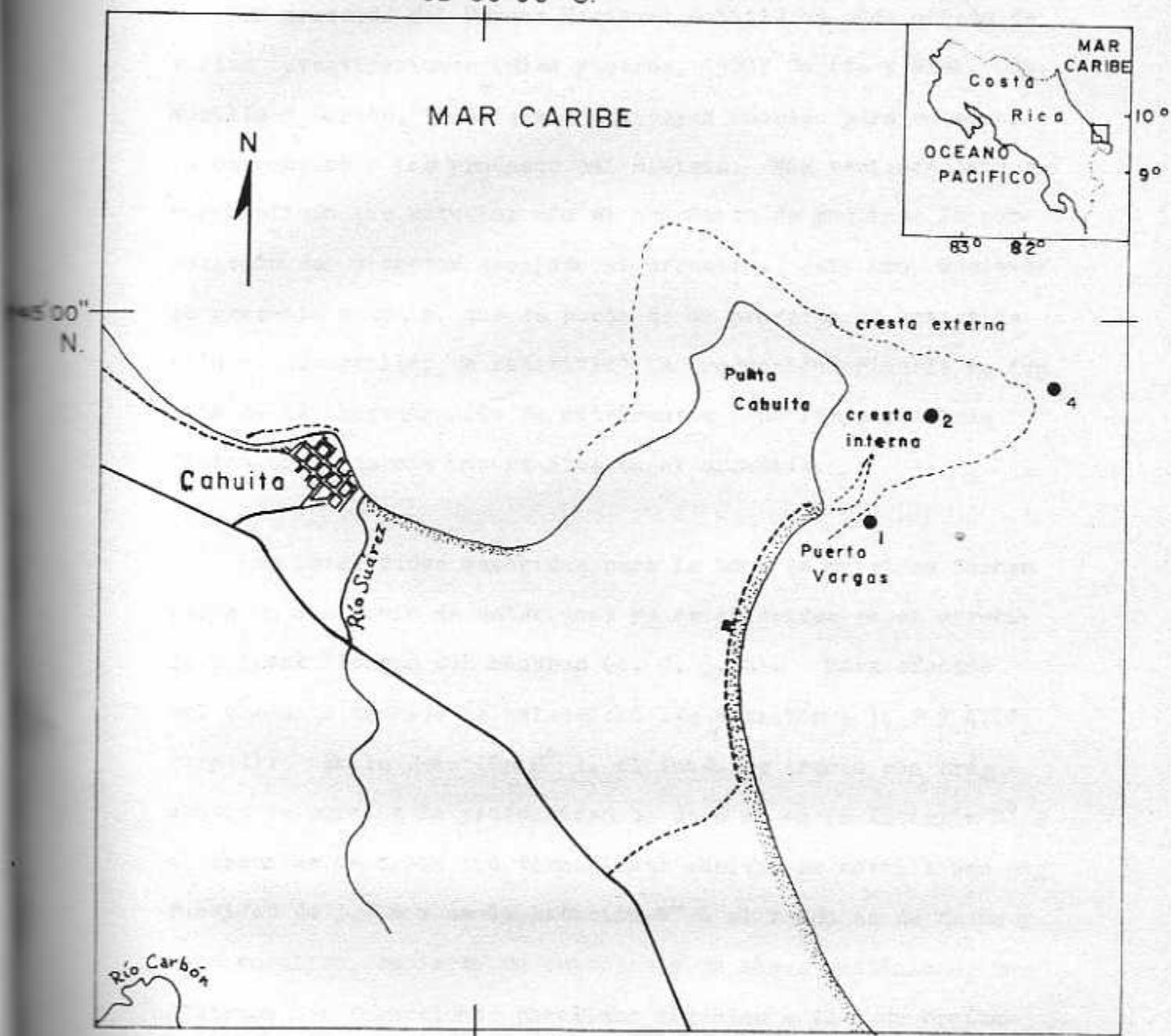
## MATERIALES Y METODOS

### A. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El arrecife coralino del Parque Nacional Cahuita se localiza en la costa Atlántica de Costa Rica (figura 1). Esta costa tiene 212 km de largo y una estructura rectilínea (Flores, 1982). En su parte meridional se encuentra el arrecife del Parque Nacional Cahuita, el cual es de tipo marginal y posee dos crestas. La cresta externa tiene una dirección de noroeste a sureste, que comienza hacia el norte de Punta Cahuita y sigue hacia el sur extendiéndose una distancia aproximada de 4 km, la cresta dobla hacia el sur en dirección a Puerto Vargas, donde se forma una segunda cresta, la cresta interna, ubicada a menos de 100 m de la costa. Esta última cresta delimita una laguna somera con escasa fauna y flora. Predominan Thalassia testudinum y Sargassum, holotúridos y algunos corales cerca de la cresta. En la cresta interna se observan dos parches con gran abundancia y diversidad de octocorales. La cresta externa posee pocos corales, sobre todo en la zona somera del sector este, donde predomina Sargassum. En la zona entre 5-10 m dominan varias especies de esponjas y corales; en la parte más profunda (14-15 m) se encuentran colonias laminares de Siderastrea siderea, Montastraea cavernosa, Agaricia fragilis, Madracis decactis (Risk y otros, 1980; Cortés y otros, 1985).

FIGURA 1. UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO. ARRECIFE CORALINO  
DEL PARQUE NACIONAL CAHUITA.

82° 50' 00" O.



El arrecife del Parque Nacional Cahuita ha sido objeto de varias investigaciones (Risk y otros, 1980; Cortés y Risk, 1984; Murillo y Cortés, 1984) que constituyen aportes para entender la estructura y los procesos del sistema. Más recientemente se han ampliado los estudios con el propósito de analizar la composición del plancton asociado al arrecife. Asimismo, mediante el presente estudio, que es parte de un proyecto de investigación en desarrollo, se cuantificó la producción primaria en función de la concentración de nutrientes y de los parámetros físico-químicos más importantes en el arrecife.

Las localidades escogidas para la toma de muestras forman parte de una serie de estaciones ya establecidas en el arrecife e identificadas con números (1, 2, 3, 4). Para efectos del presente trabajo se seleccionó las estaciones 1, 2 y 4, (figura 1). En la Estación N° 1, el fondo es lodoso con fragmentos de coral y la profundidad es de 6 m; en la Estación N° 2 el fondo es de arena con formaciones masivas de coral a una profundidad de 3,5 m y en la Estación N° 4 el fondo es de arena y roca coralina, cubierto de esponjas y de algas bentónicas, que alternan con formaciones coralinas pequeñas a 12 m de profundidad.

#### B. METODOS

Las muestras fueron colectadas una vez al mes, a partir de

setiembre de 1985 hasta marzo de 1986 (no se tomó muestras en el mes de diciembre).

Durante el período de estudio se determinó los factores químicos, (concentración de oxígeno disuelto y se midió los nutrientes: silicato, fosfato, nitrato, nitrito y amonio); los factores físicos (temperatura, salinidad, turbidez del agua) y los factores biológicos, como la concentración de clorofila, feopigmentos, densidad y composición del fitoplancton y productividad primaria.

#### B.1. FACTORES QUÍMICOS

##### B.1.1 CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO

La concentración de oxígeno disuelto se midió en la Estación N° 1 y se utilizó el método Winkler modificado (Williams y otros, 1979; Williams y otros, 1983).

##### B. 1. 2. DETERMINACIÓN DE NUTRIENTES

Las especies químicas iónicas, nitrito, nitrato, amonio, fosfato y silicato se estimaron a partir de dos muestras de agua de 500 ml cada una, tomadas con botella de Niskin, al medio día y a una profundidad de tres metros en la columna de agua en las tres estaciones. En el campo las muestras se conservaron a

-20° C; en el laboratorio se las descongeló y se las filtró en un filtro Millipore 0,42  $\mu\text{m}$ , excepto para la determinación de silicatos; luego se aplicaron los métodos químicos según Strickland-Parsons (1977), modificado para volúmenes de 10 ml.

#### B. 2. FACTORES FISICOS

La temperatura del agua y del aire se midieron con un termómetro con escala Celsius; la salinidad se midió con un refractómetro ( T/C), la transparencia del agua y la profundidad de la zona eufótica fueron determinados en cada estación con un disco de Secchi.

#### B. 3. FACTORES BIOLOGICOS

##### B. 3. 2. IDENTIFICACION Y CUANTIFICACION DE FITOPLANCTON

El fitoplancton se identificó hasta el nivel de género, utilizando las claves de Navarro (1981, 1982), Simonsen (1965) y Cupp (1943). Se tomó muestras en las Estaciones N° 1,2 y 4 a las 12:00 horas y además, se tomó muestras a las 6:00 y 18:00 horas en la Estación N° 2.

Para la colecta del fitoplancton se utilizó una red de 25  $\mu\text{m}$  siguiendo una trayectoria circular a una velocidad de dos nudos durante cinco minutos. Se obtuvo una muestra de 250 ml que se

preservó en lugol ácido. El conteo e identificación del fitoplancton se realizó en una celdilla de Palmer-Malone.

Se calculó el número de individuos por metro cúbico para cada uno de los géneros y el número total de individuos contados en cada una de las estaciones, siguiendo el procedimiento descrito en el manual de UNESCO (1978).

#### B. 3. 3. MEDICION DE CLOROFILA Y FEOPIGMENTOS

Para la determinación de los pigmentos del fitoplancton (clorofila a, b, c) se utilizaron las muestras tomadas en la Estación N° 2. Se tomó dos muestras a tres metros de profundidad con la botella de Niskin. Se tomó tres series de muestras, 6:00 horas, 12:00 horas y 18:00 horas. Se conservó las muestras en botellas oscuras hasta el momento de efectuar el análisis en el campo.

Cada muestra fue filtrada de inmediato usando un filtro Milipore de 0,45 mm. Los filtros fueron conservados en un tubo de ensayo, en la oscuridad, a -20° C. Cada filtro se trituró en el laboratorio con un homogenizador LAB-LINE y se centrifugó el líquido sobrenadante, se decantó en una celda de vidrio de 1 cm y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro Shimadzu UV-140-02 a las siguientes longitudes de onda: 750, 665, 645, 630, 480 nm.

Los cálculos de las concentraciones de clorofila a, b y c y feopigmentos se realizaron según el método de Strickland-Parsons, (1977).

#### B. 3. 4. MEDICION DE LA PRODUCCION PRIMARIA

Para determinar la producción primaria se usó el método de Gram (1931-1932), según Grassoff (1983), que consiste en la utilización de botellas claras y oscuras. Las muestras fueron incubadas en períodos de cuatro horas en la mañana y en la tarde. En cada incubación se usaron cuatro botellas claras y dos botellas oscuras con capacidad de 120 ml. Se incubó a la profundidad equivalente a un 50 % de intensidad lumínica. En febrero y marzo de 1986 se incubó a profundidades en las que la intensidad lumínica alcanzó el 50 % y 25 %, luego se determinó el cambio en la concentración de oxígeno en las botellas claras y oscuras mediante el método de Winkler modificado (Williams y otros, 1979; Williams y otros, 1983).

#### B. 3. 5. ANALISIS ESTADISTICO

Para cada una de las estaciones muestreadas durante los meses de estudio se determinó la diversidad a nivel de género aplicando el índice de Simpson y de Shannon-Wierner.

Para obtener los índices de diversidad, se usó el Programa de Pesquerías 2 (AMULPES 2), Campos y Bornemiza 1985).

Para cada uno de los géneros se calculó la densidad en células por litro y se determinó la significancia de la variación del número de individuos entre estación y entre meses. El mismo análisis se realizó para las concentraciones de nutrientes y clorofila.

## RESULTADOS

### A. FACTORES QUÍMICOS

#### A.1. CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO

La concentración de oxígeno disuelto varió en un ámbito de  $7,80 - 9,83 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ , obteniéndose la concentración más baja durante el muestreo de octubre ( $7,80 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ ), y la más alta en marzo ( $9,83 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ ). En el cuadro I se resume los valores obtenidos.

#### A. 2. NUTRIMENTOS

Las concentraciones de los nutrientes disueltos resultaron bajas durante el período de estudio y no mostraron diferencias significativas entre las estaciones de muestreo (Cuadro II). En la figura 2 se observa la concentración promedio de los nutrientes en cada una de las estaciones.

El ión silicato se presentó en mayor concentración durante los días muestreados, con un ámbito de  $0,30-133,01 \mu \text{mol l}^{-1}$ . Las concentraciones de los iones fósforo y nitrito resultaron bajas. El ión fosfato varió entre  $0,03-2,83 \mu \text{mol l}^{-1}$  excepto en los días de muestreo de noviembre y enero donde no se detectó.

CUADRO I. PARAMETROS FISICO-QUIMICOS, DETERMINADOS EN LAS ESTACIONES  
Nº 1, 2, 4 DEL ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE NACIONAL CAHUITA  
DE SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986, 12:00 HORAS.

Parámetros	Mes-Día	4 SEPTIEMBRE			4 OCTUBRE			25 NOVIEMBRE			2 ENERO			25 FEBRERO			28 MARZO		
		1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4
Oxígeno disuelto (mg O <sub>2</sub> l <sup>-1</sup> )					7,80			9,23			9,20			8,81			9,83		
Salinidad (%)	32	32	32	32	32	32	32	33	33	33	34	34	34	34	34	34	32	32	32
Profundidad del disco de Secchi(m)	3,5	3,5	17,0	3,0	4,0	12,0	3,0	3,0	13,0	3,0	4,0	11,0	4,0	4,0	9,0	6,0	6,0	7,0	
Temperatura(°C)																			
- Agua	28	28,5	28,5	29	29	29	28	28	29	28	28	28	30	30	29	28	28	28	
- Aire	27,5	27,5	28,0	26	25,5	26,5	27	27	28	27	27	27	32	32	32	28	27	26	
Precipitación (mm)*													344,4	68,1	273,4				

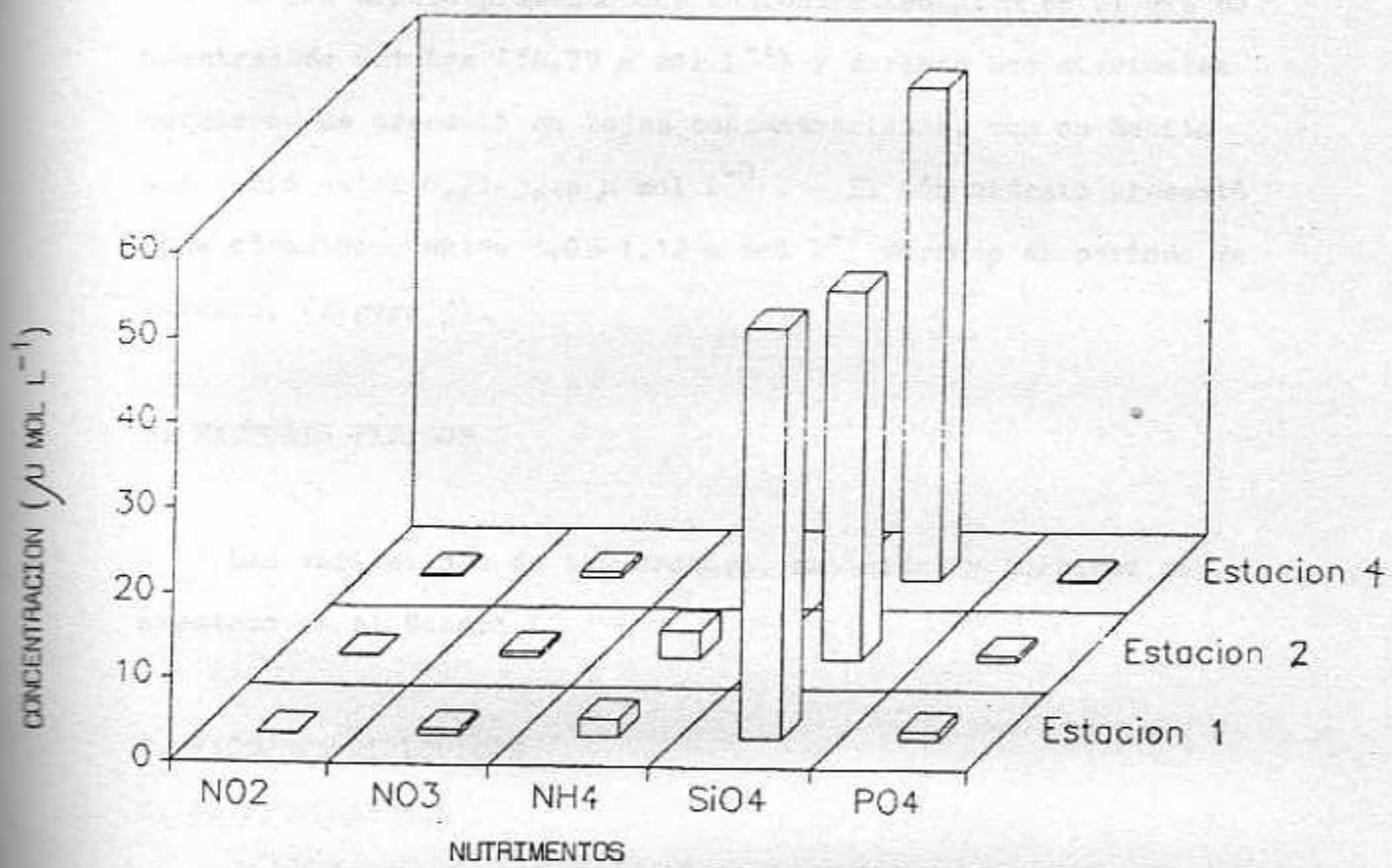
\* Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Agricultura  
y Ganadería, Costa Rica. Registro diario de Observaciones  
Pluviómetras, Limón. 1985-1986.

CUADRO II. CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES ( $\mu\text{Mol l}^{-1}$ ) DETERMINADOS EN LAS ESTACIONES  
1, 2 Y 4 DEL ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE NACIONAL CARMITA, DURANTE EL  
PERIODO DE SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986, 12:00 HORAS.

MES-ESTACION ( $\mu\text{Mol l}^{-1}$ )	SETIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO			
	1	2	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	
NITRATOS	0,07	0,34	0,34	0,23	0,80	N.D.	N.D.	N.D.	0,27	0,27	0,53	N.D.	N.D.	N.D.	0,15	0,31	0,15	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,07	0,02	0,21	0,20	0,70	0,46	0,37	0,37	1,40	1,42	1,05	0,13	0,20	0,66	0,62	0,31	0,57	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9,58	14,75	0,62	0,63	N.D.	N.D.	N.D.	0,56	1,68	3,46	0,22	0,19	0,50	0,19	N.D.	N.D.	0,21	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	12,8	14,6	133,8	119,8	126,8	101,0	92,2	96,9	17,3	18,2	37,6	15,3	13,2	26,8	0,5	0,5	0,37	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	
SiO <sub>4</sub> <sup>4-</sup>	2,85	2,70	2,50	0,97	1,73	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	

N.D. = No detectable.

FIGURA 2. CONCENTRACION PROMEDIO DE LOS NUTRIENTES ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ )  
EN LAS ESTACIONES N° 1, 2, 4 DURANTE LOS MUESTREOS  
EFFECTUADOS DE SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986 EN EL  
ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE NACIONAL CANUITA.



El ión nitrito no se detectó durante los días de muestreo de noviembre y febrero y en los otros muestreos el ámbito comprendió de  $0,07$ - $0,08 \mu\text{mol l}^{-1}$ .

El ión amonio presentó una concentración alta en el día de muestreo de octubre ( $14,75 \mu\text{mol l}^{-1}$ ) y durante los siguientes muestreos se presentó en bajas concentraciones, con un ámbito que varió entre  $0,21$ - $3,46 \mu\text{mol l}^{-1}$ . El ión nitrato presentó concentraciones entre  $0,02$ - $1,12 \mu\text{mol l}^{-1}$  durante el periodo de estudio, (figura 3).

#### B. FACTORES FISICOS

Las variaciones de temperatura, salinidad y turbidez se muestran en el Cuadro I.

#### C. FACTORES BIOLOGICOS

##### C. 1. FITOPLANCTON

No se presentaron diferencias significativas en la densidad de la comunidad fitoplanctónica, (figura 4), ni entre las horas muestreadas, 6:00, 12:00, 18:00 horas en la Estación 2 (Figura 5).

Se observa en las figuras 6, 7 y 8 la distribución de los géneros a lo largo de los seis muestreos a las 12:00 horas, en

FIGURA 3. CONCENTRACION PROMEDIO DE LOS NUTRIMENTOS ( $\mu\text{ mol l}^{-1}$ )  
DURANTE LOS MUESTREOS EFECTUADOS DE SETIEMBRE 1985  
A MARZO 1986 EN EL ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE  
NACIONAL CAHUITA.

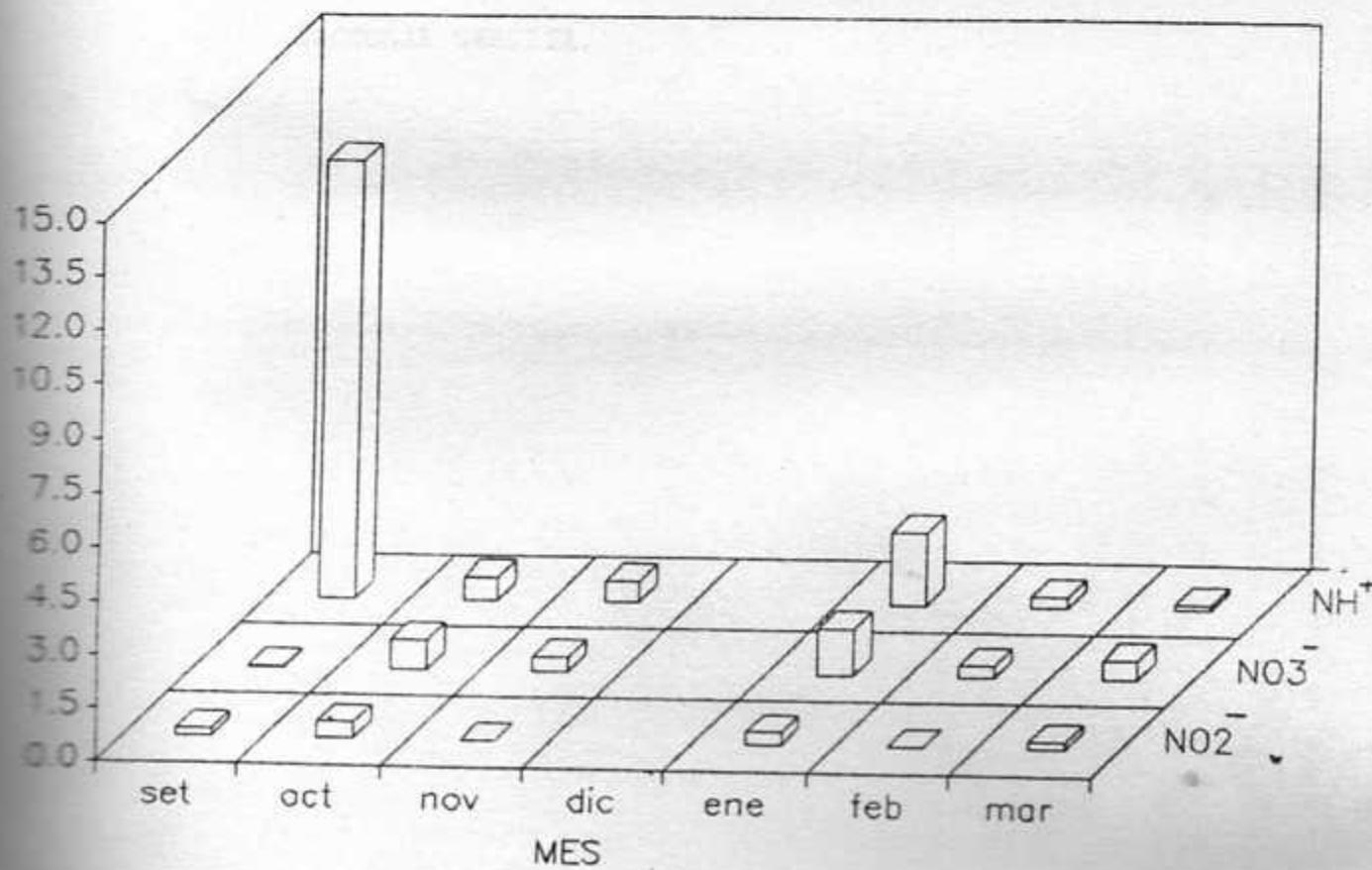
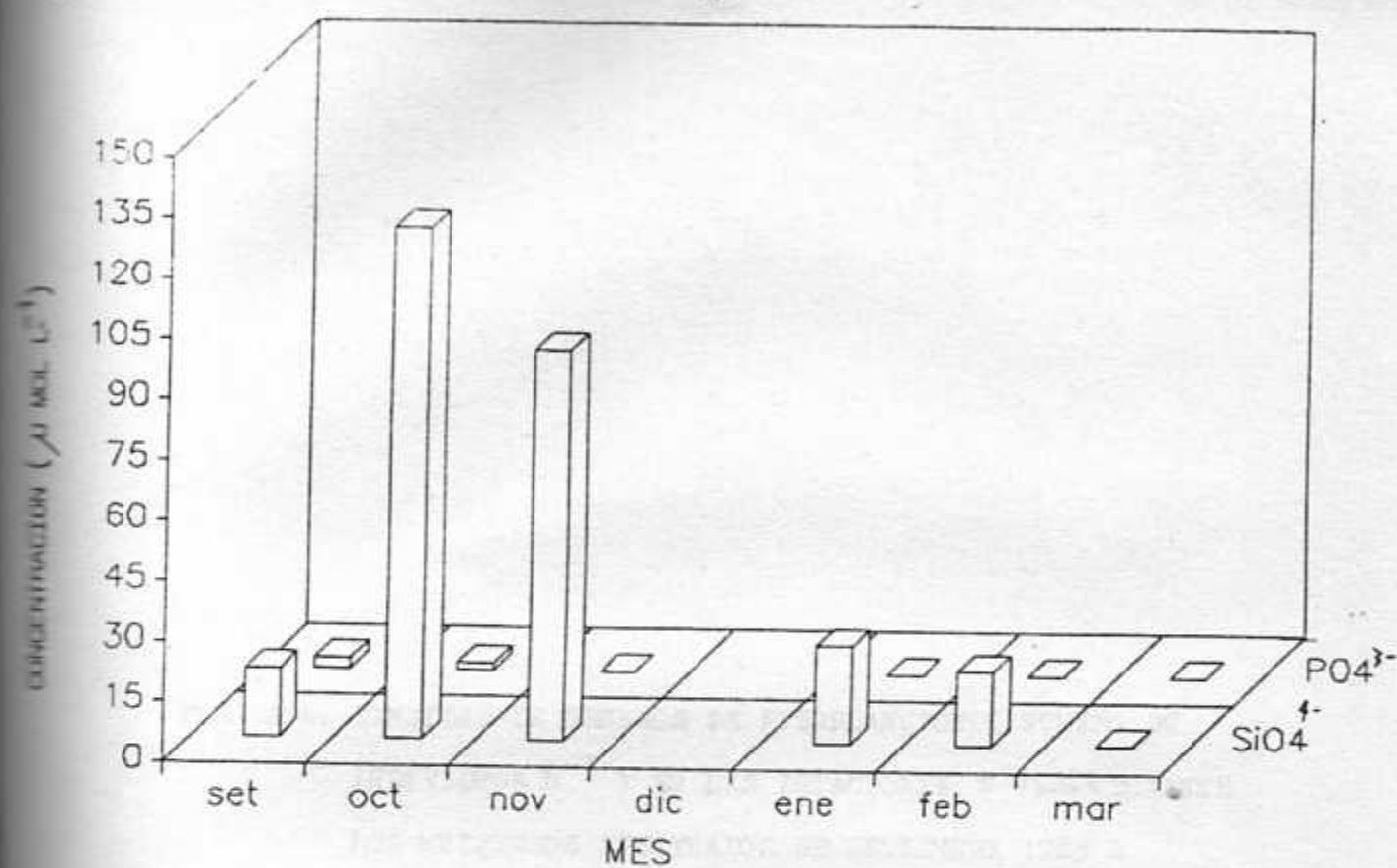


FIGURA 4. DENSIDAD DE GENEROS DE FITOPLANCTON ( NUMERO DE INDIVIDUOS  $\text{m}^{-1}$  ) EN LAS ESTACIONES N 1,2,4 DURANTE LOS MUESTREOS EFECTUADOS DE SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986 EN EL ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE NACIONAL CAHUITA.

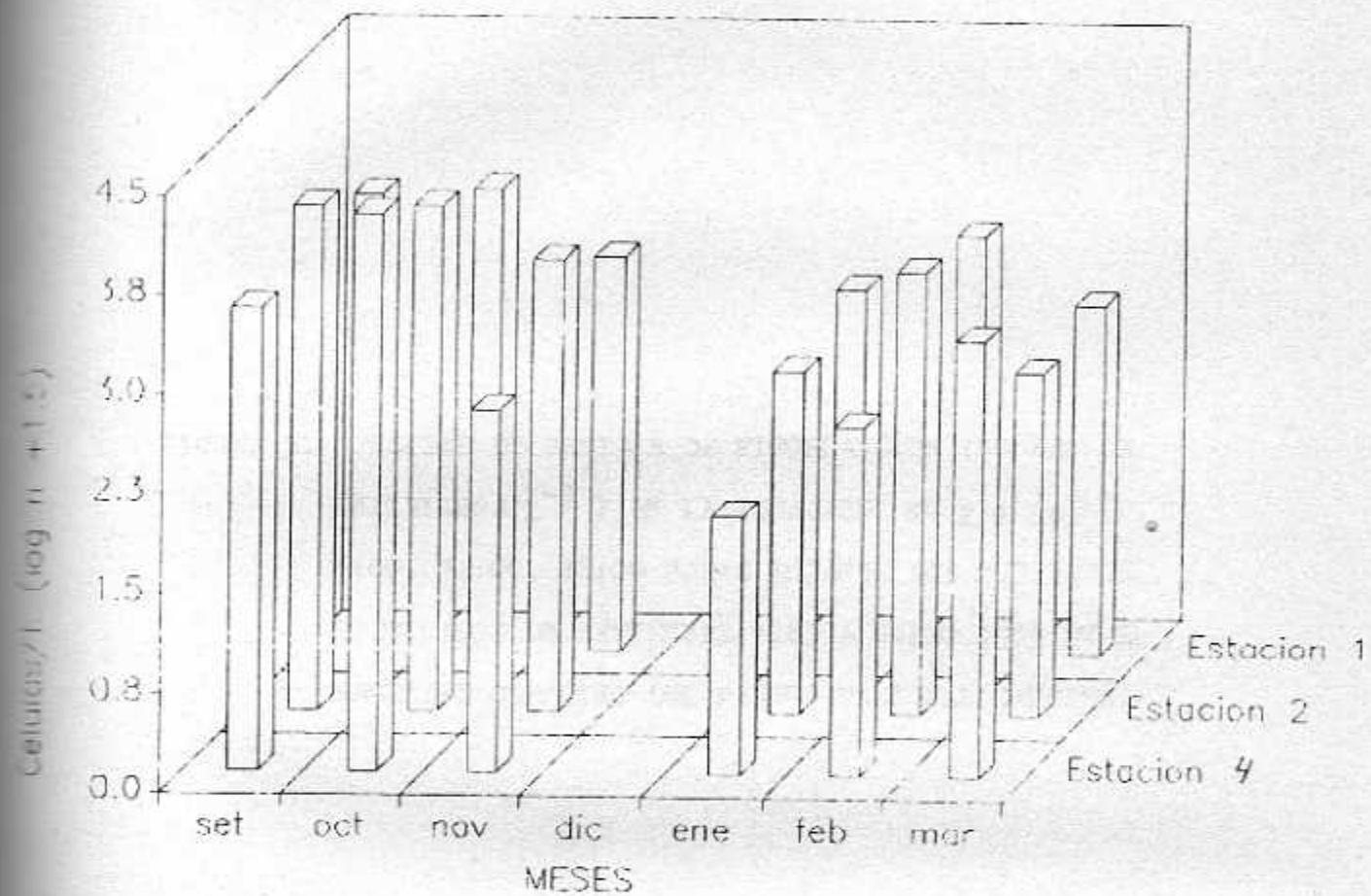


FIGURA 5. DENSIDAD DE GENEROS DE FITOPLANCTON (NUMERO DE INDIVIDUOS  $m^{-1}$ ) EN LA ESTACION N° 2 A LAS 6:00, 12:00, 18:00 HORAS DURANTE LOS MUESTREOS EFECTUADOS DE SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986 EN EL ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE NACIONAL CAHUITA.

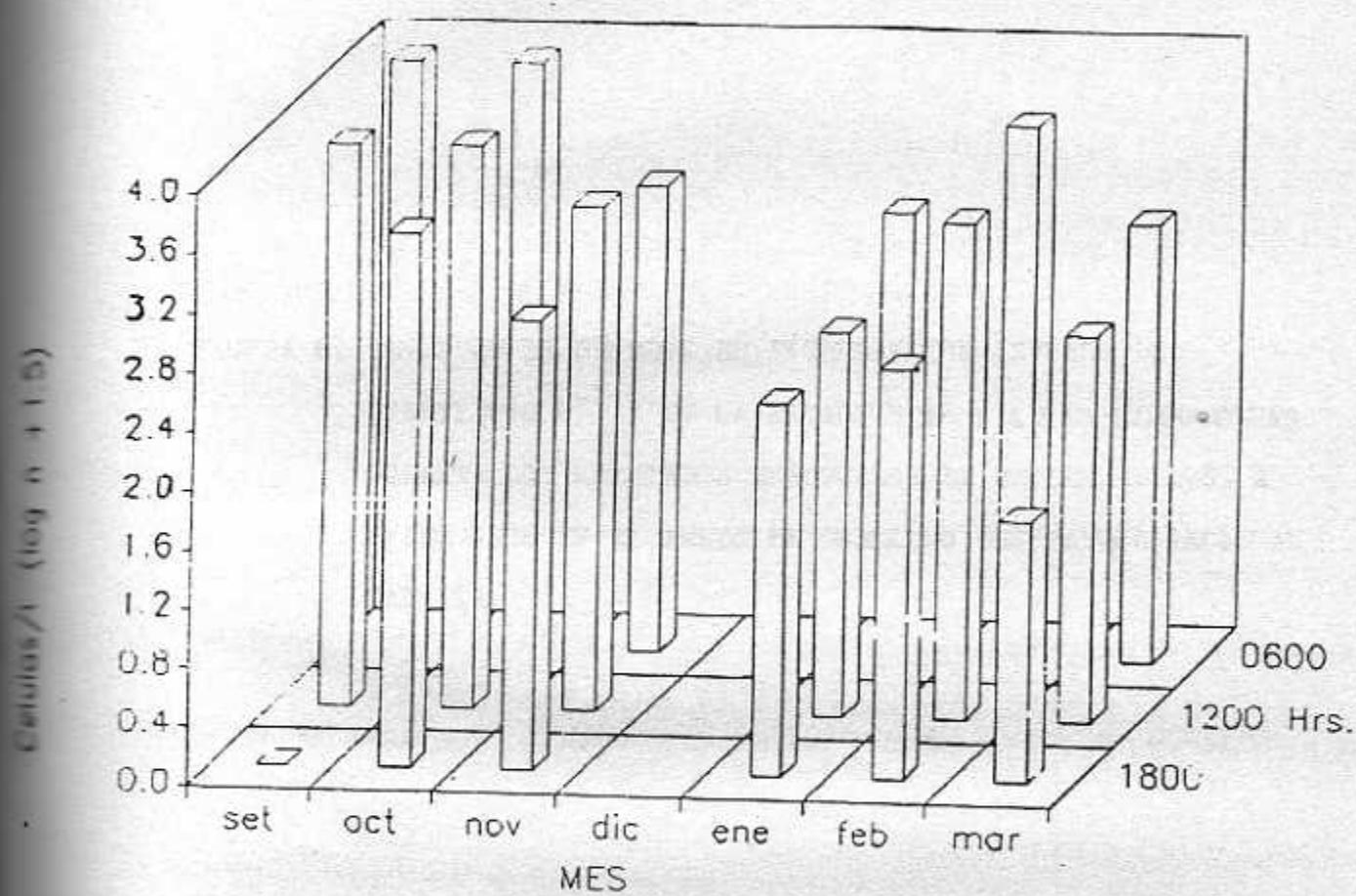


FIGURA 6. DENSIDAD DE GENEROS DE FITOPLANCTON (NUMERO DE INDIVIDUOS  $\text{m}^{-3}$ ) EN LA ESTACION N° 1 A LAS 12:00 HORAS DURANTE LOS MUESTREOS EFECTUADOS DE SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986 EN EL ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE NACIONAL CAHUITA.

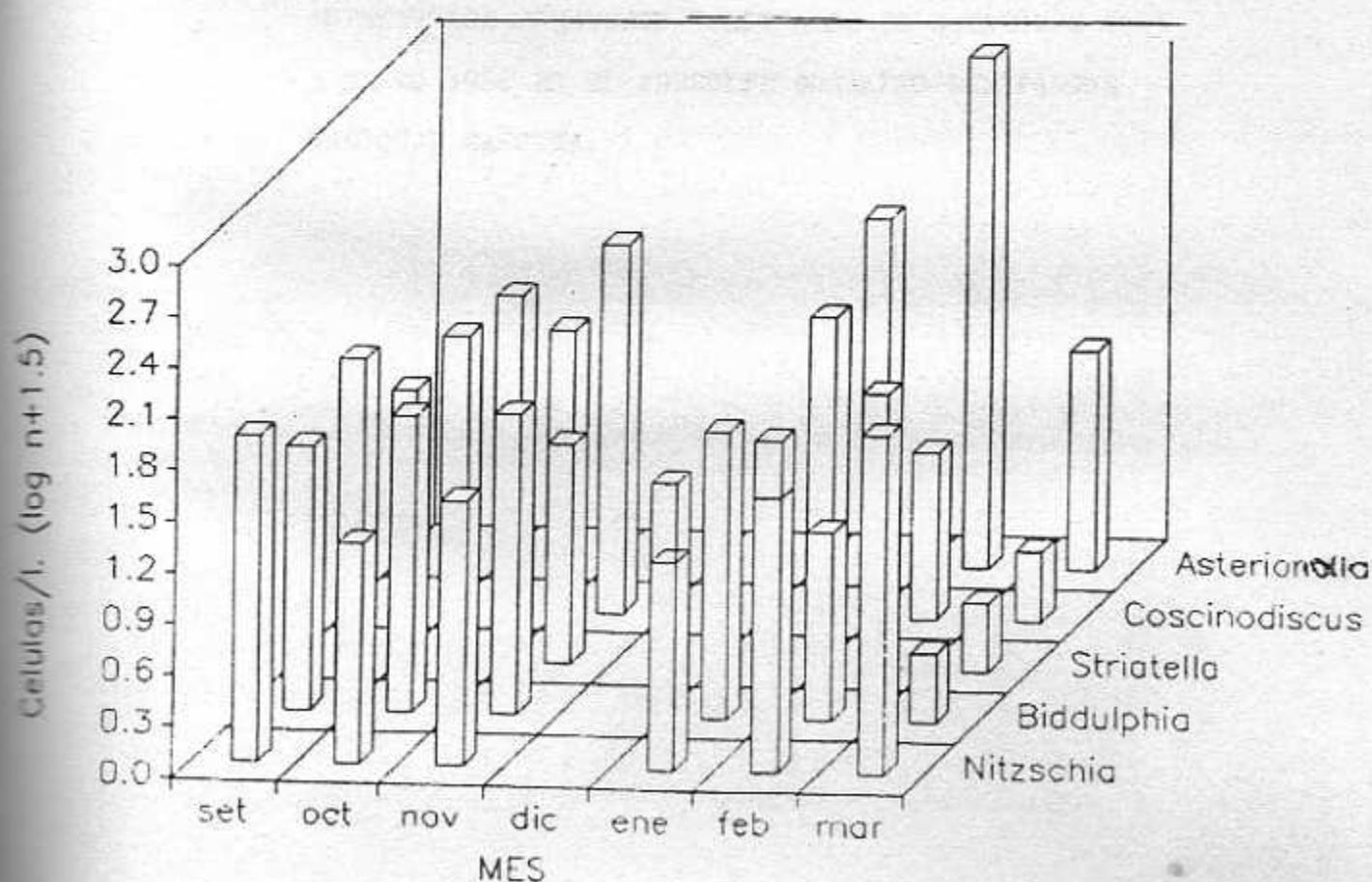
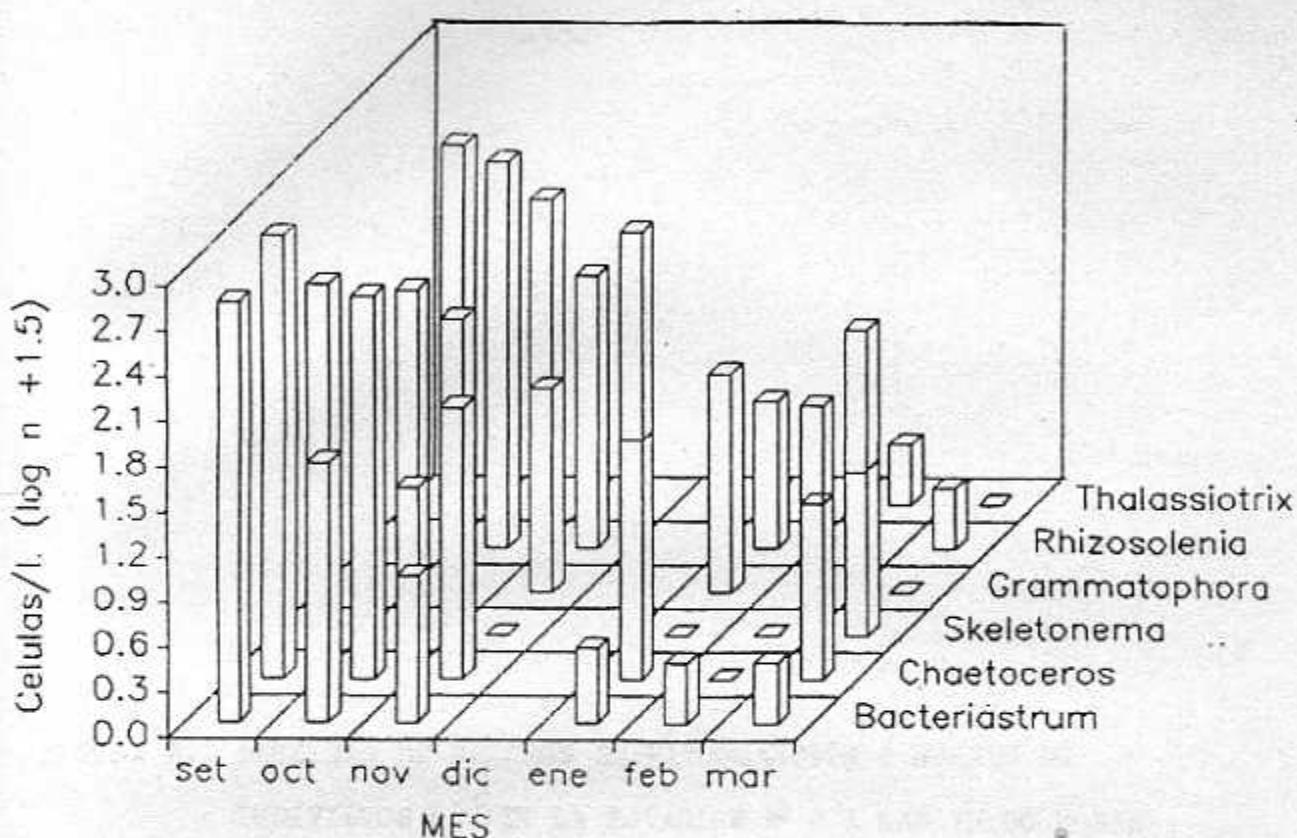


FIGURA 7. DENSIDAD DE GENEROS DE FITOPLANCTON ( NUMERO DE INDIVIDUOS  $m^{-1}$ ) EN LA ESTACION N° 2 A LAS 12:00 HORAS DURANTE LOS MUESTREOS EFECTUADOS DE SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986 EN EL ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE NACIONAL CAHUITA.

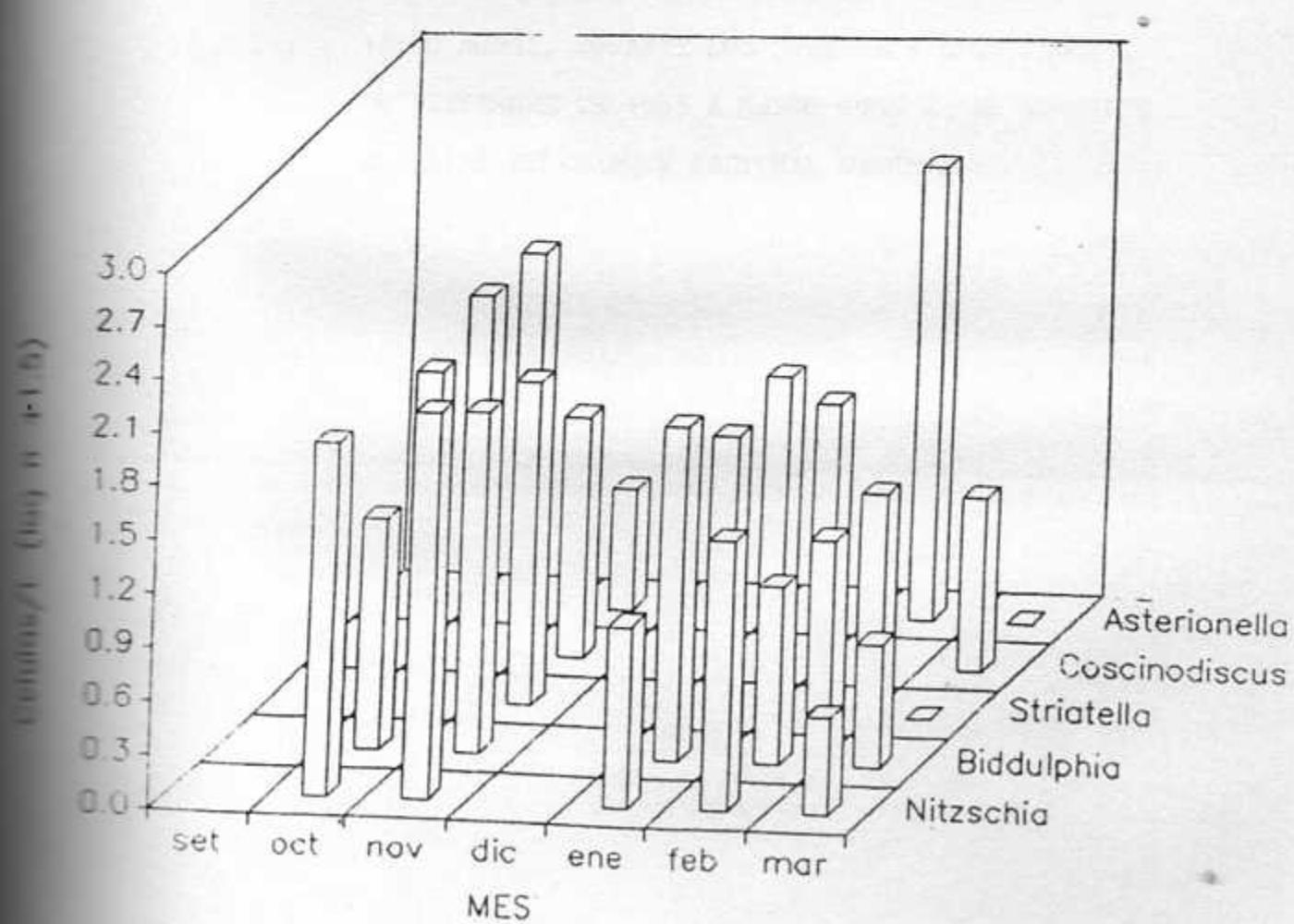
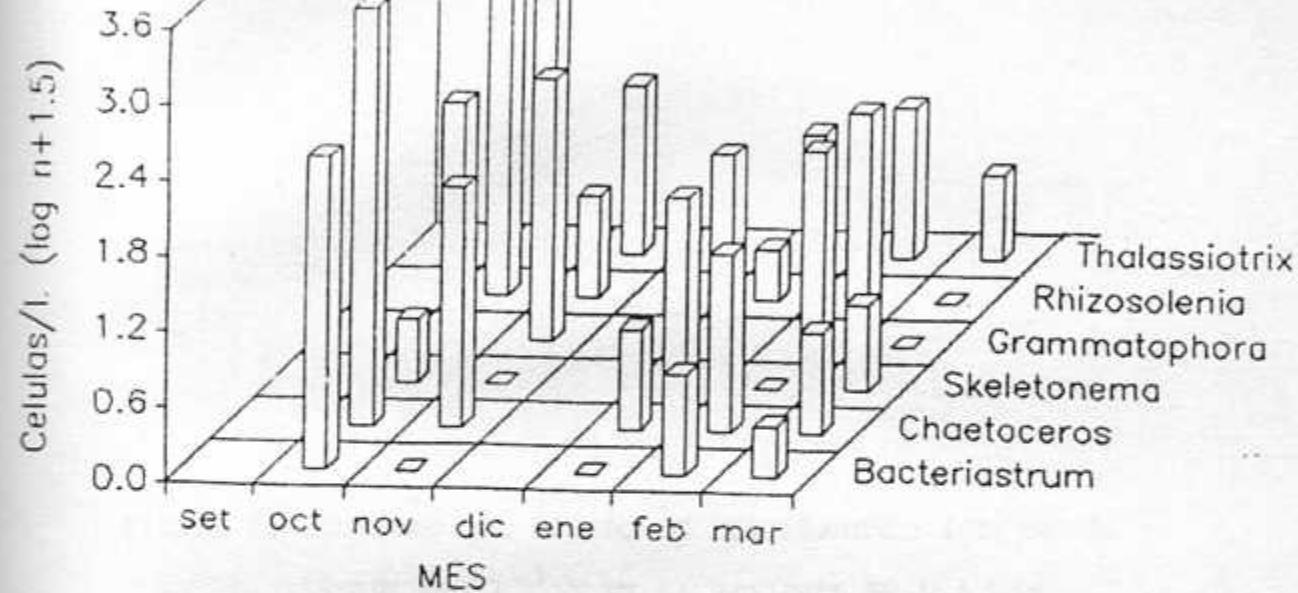
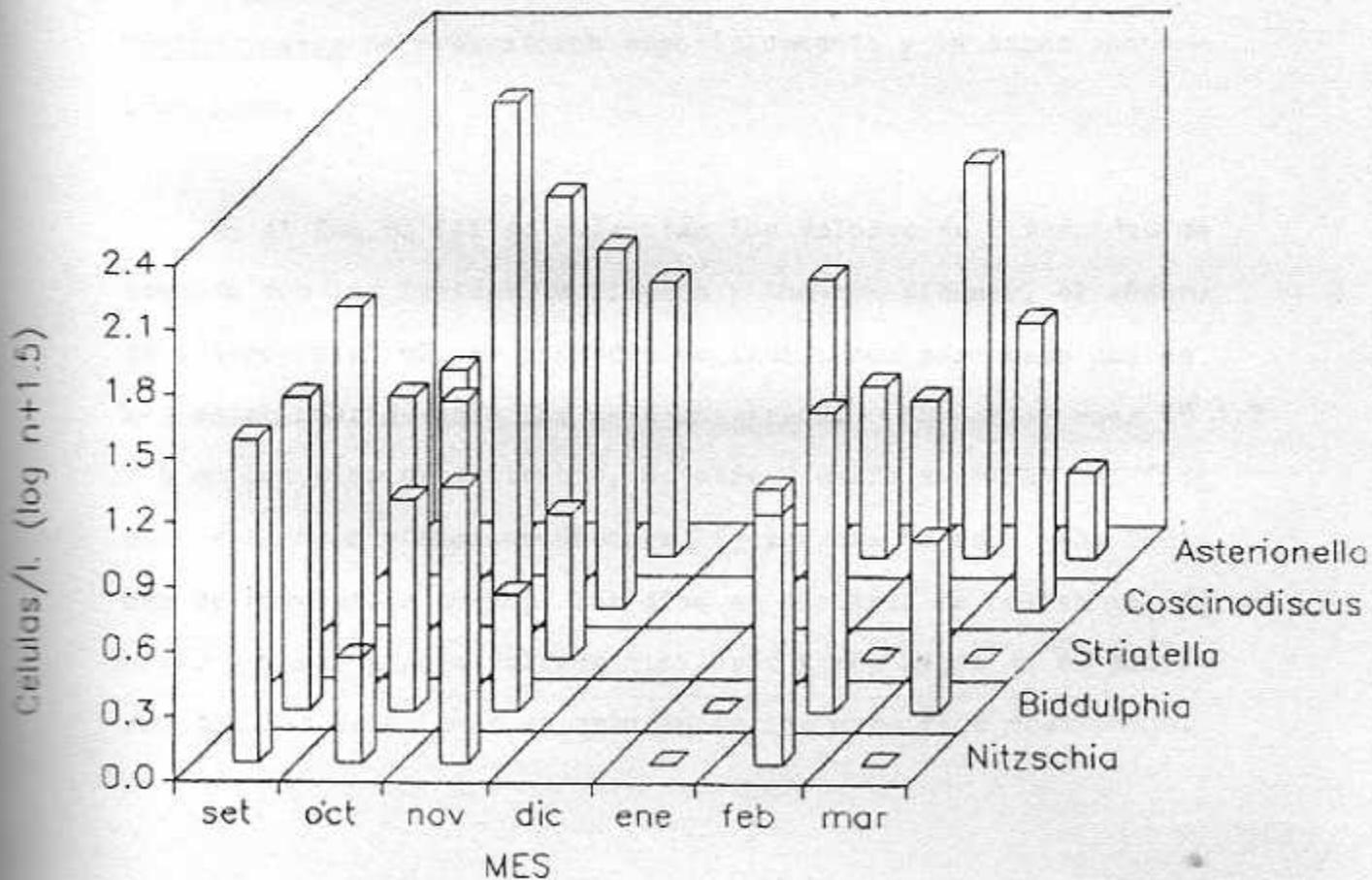
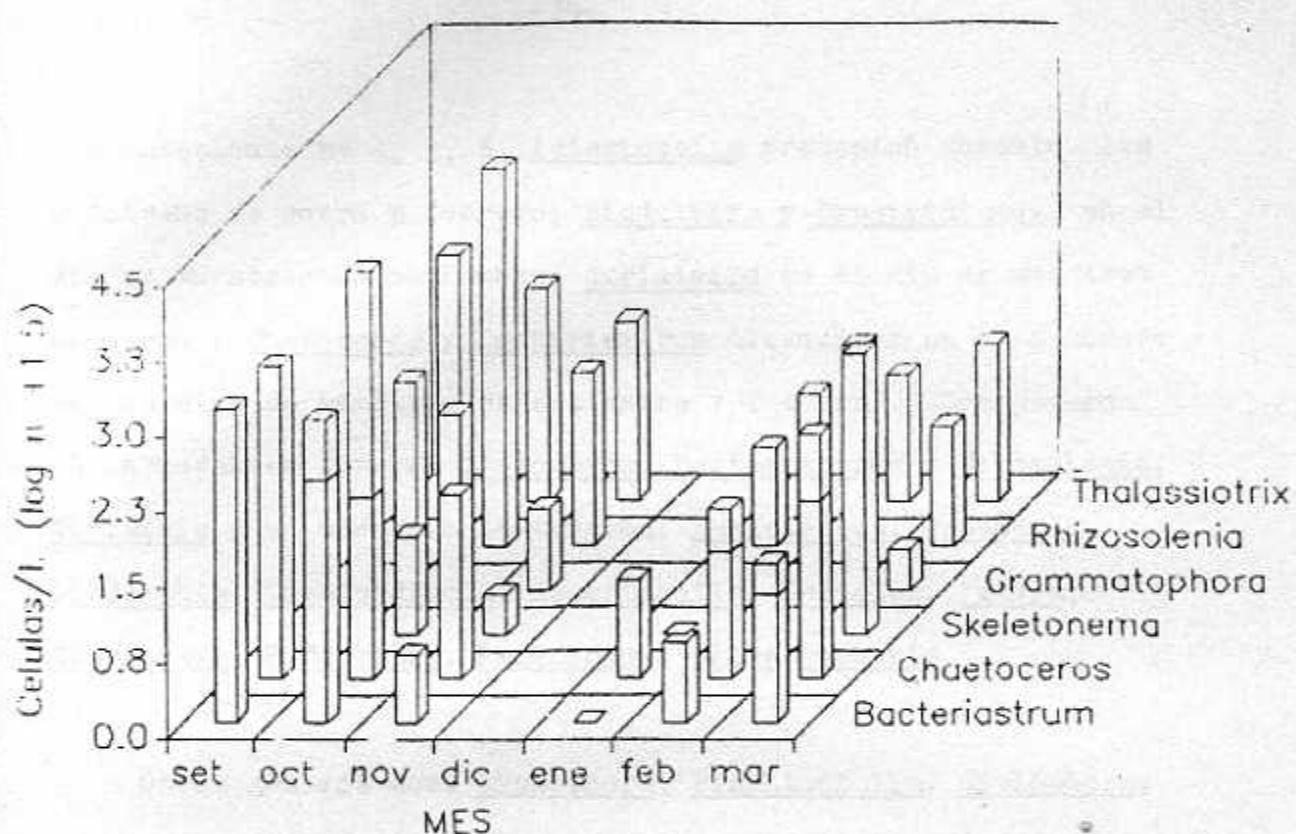


FIGURA 8. DENSIDAD DEL GENERO DE FITOPLANCTON (NUMERO DE INDIVIDUOS  $l^{-1}$ ) EN LA ESTACION N° 4 A LAS 12:00 HORAS, DURANTE LOS MUESTREOS EFECTUADOS DE SETIEMBRE DE 1985 A MARZO 1986 EN EL ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE NACIONAL CAHUITA.



las estaciones N° 1, 2, 4. Asterionella predominó durante los muestreos de enero y febrero; Biddulphia y Coscinodiscus en el día de muestreo de noviembre; Striatella en el día de muestreo de marzo y Chetoceros y Bacteriastrum alcanzaron un alto número en los días de muestreo de setiembre y octubre. Los géneros más abundantes fueron: Chetoceros, Bacteriastrum y Rizosolenia, Nitzschia y en menor concentración: Skeletonema, Rabdonema, Biddulphia, Coscinodiscus, Asterionella, Hemialus, Istmia, Stauroncis, Podocystes, Peridinium, Climascophenia.

Otros géneros como Lycmophora, Planktoniella, Cyclophora, Fragilariosis, Triceratium, Dytilium, Fragilaria, Ceratium y Thalassionema se presentaron esporádicamente y en bajas concentraciones.

En el Cuadro III se presentan los valores de diversidad de acuerdo con los índices de Simpson y Shannon-Wienner, el número de géneros y el número promedio de individuos para cada uno de las estaciones durante los seis muestreos. Las estaciones N° 1, 2 y 4 en los días de setiembre, octubre y enero muestran los índices de Simpson y Shannon-Wienner ligeramente bajos. Los índices de diversidad durante los días de muestreo de noviembre, febrero y marzo poseen valores similares y más altos si se comparan con las estaciones de estudio de los muestreos realizados.

CUADRO 271 ANALISIS DE DIVERSIDAD SEGUN EL INDICE DE SIMPSON Y SHANNON WIENER  
EN ESTACIONES 1, 2 Y 4, DURANTE EL PERIODO SETEMBRE 1985 A MARZO  
1986, ARRECIFE CORALINO, PARQUE NACIONAL DE CAYUCITO, 12:00 HORAS.

DIA - MES ESTACION	04 SEPTIEMBRE			04 OCTUBRE			25 NOVIEMBRE			27 ENERO			25 FEBRERO			26 MARZO			TO 'A'		
	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4
Número de Géneros	23	19	15	26	27	15	16	21	22	20	17	9	21	15	14	15	20	22	131	31	27
Número de Individuos	985	2429	1275	565	2244	7903	293	496	178	196	227	36	554	877	143	157	188	645	2752	646	160
C	0,774	0,650	0,638	0,546	0,559	0,562	0,872	0,882	0,894	0,701	0,839	0,811	0,493	0,313	0,835	0,811	0,766	0,642	0,696	0,710	0,675
H	1,931	1,574	1,257	2,251	0,739	1,032	2,304	2,375	2,476	2,622	2,189	1,859	1,326	0,838	2,058	2,035	1,539	1,412	2,650	1,453	1,385
A	0,600	0,395	0,476	0,409	0,219	0,381	0,813	0,269	0,801	0,805	0,757	0,846	0,443	0,302	0,754	0,668	0,656	0,457	0,072	0,540	0,425

C = Índice de Simpson

H = Índice de Shannon-Wiener

A = Índice relativo de Shannon-Wiener

Los coeficientes de similitud se organizaron en diagramas de Trellis como se muestra en la figura 9. La figura indica que la estación 1 posee en la mayoría de los muestreos una alta semejanza en la composición de géneros con la Estación N° 2 y a la misma vez ésta mostró similitud con la Estación N° 4.

#### C. 2. CLOROFILA Y FCOPIGMENTOS

El cuadro IV resume las concentraciones de las clorofilas a, b, c y de los productos de degradación como los fcoígenos y clorofila a, muestreados a las 6:00, 12:00 y 18:00 horas.

En la figura 10 se observa que la concentración de clorofila total presentó diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) a lo largo de los muestreos. En el día de muestreo del mes de noviembre se presentó la concentración de clorofila más alta, con un valor promedio de  $74,32 \text{ mg pig m}^{-3}$  y la concentración más baja se obtuvo en el día de muestreo de marzo con un promedio de  $12,31 \text{ mg pig m}^{-3}$ . Se observó un aumento en la concentración de clorofila a las 12:00 horas en los días de muestreo de setiembre, octubre, enero y febrero con un valor máximo de  $89 \text{ mg pig m}^{-3}$ ; en el día de muestreo de noviembre se obtuvo la mayor concentración ( $24,91 \text{ mg pig m}^{-3}$ ) a las 18:00 horas y en el día de muestreo de marzo la mayor concentración se midió a las 6:00 horas ( $20,31 \text{ mg pig m}^{-3}$ ), con respecto a las otras horas muestreadas.

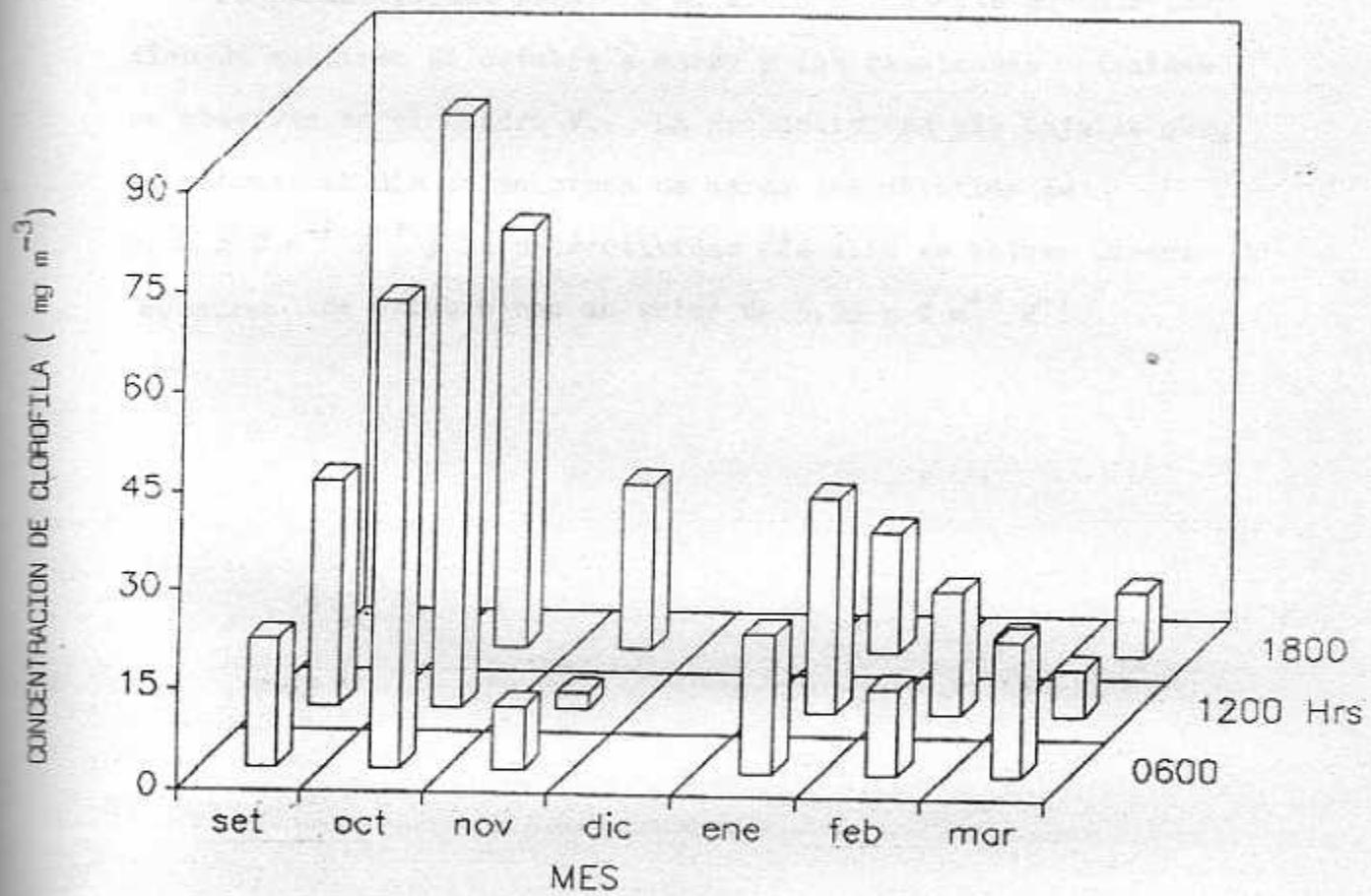
FIGURA 9. DIAGRAMA DE TRELLIS PARA LOS COEFICIENTES DE  
SIMILITUD DE LOS GRUPOS DE FITOPLANCTON ENTRE  
LAS ESTACIONES MUESTREADAS EN EL AN ECOPE CONALINO  
DEL PARQUE NACIONAL CANVITA.

ESTIMAT.	SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			FEBRERO			MARZO		
	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4	1	2	4
0,600	0,535	0,476	0,709	0,239	0,381	0,813	0,750	0,801	0,805	0,757	0,846	0,443	0,302	0,756	0,668	0,656	0,457	
1	86	66	81	72	67	80	71	71	47	80	51	69	61	77	67	74		
2																		
3																		
4																		

CUADRO IV. CONCENTRACIÓN DE CLOROFILAS a, b, c Y FENÓMENOS TOTALES (mg. pig. m<sup>-3</sup>)  
DETERMINADOS EN LA ESTACIÓN 2 DEL ARRECIFE CORALINO, PARQUE NACIONAL  
VIRGINIS, DURANTE EL PERÍODO 25 SEPTIEMBRE DE 1965 A 8 DE OCTUBRE DE 1966.

Día	Año	Estación	CLO		QUIN		ANOM		Ene 65		Febrero		P.M.Z.
			a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	
25	1965	2	0,010	6,00	1,00	0,002	6,00	1,00	1,00	12,00	13,00	6,00	12,00
26	1965	2	0,011	7,55	1,10	0,005	15,24	0,23	0,78	0,52	9,66	11,50	8,43
27	1965	2	0,010	6,63	0,85	0,009	15,39	0,55	15,62	1,56	0,93	11,36	2,02
28	1965	2	0,011	21,00	2,00	0,013	52,13	0,73	42,35	7,00	3,62	3,61	1,56
29	1965	2	0,012	12,52	1,13	0,013	25,42	0,33	23,33	2,51	2,31	22,51	1,30
30	1965	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,009	0,007	0,002	0,007
31	1965	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,013	0,013	0,002	0,007
1	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
2	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
3	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
4	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
5	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
6	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
7	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
8	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
9	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
10	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
11	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
12	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
13	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
14	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
15	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
16	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
17	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
18	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
19	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
20	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
21	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
22	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
23	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
24	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
25	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
26	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
27	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
28	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
29	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
30	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
31	1966	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
1	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
2	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
3	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
4	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
5	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
6	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
7	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
8	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
9	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
10	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
11	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
12	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
13	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
14	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
15	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
16	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
17	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
18	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
19	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
20	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
21	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
22	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
23	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
24	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
25	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
26	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
27	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
28	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
29	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
30	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
31	1967	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
1	1968	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
2	1968	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
3	1968	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
4	1968	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
5	1968	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
6	1968	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
7	1968	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
8	1968	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
9	1968	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0,007
10	1968	2	0,012	6,24	0,28	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015	0,015	0,002	0

FIGURA 10. CONCENTRACION DE CLOROFILA TOTAL (mg m<sup>-3</sup>) EN LA ESTACION N° 3, A LAS 6:00, 12:00, 18:00 HORAS  
DURANTE LOS MUESTREOS EFECTUADOS DE SEPTIEMBRE 1985  
A MARZO 1986 EN EL ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE  
NACIONAL CARIBITA.



La concentración de feopigmentos presentó valores comprendidos en un ámbito de 0,001-0,067 mg pig m<sup>-3</sup> (figura 11)

### C. 3. PRODUCTIVIDAD PRIMARIA

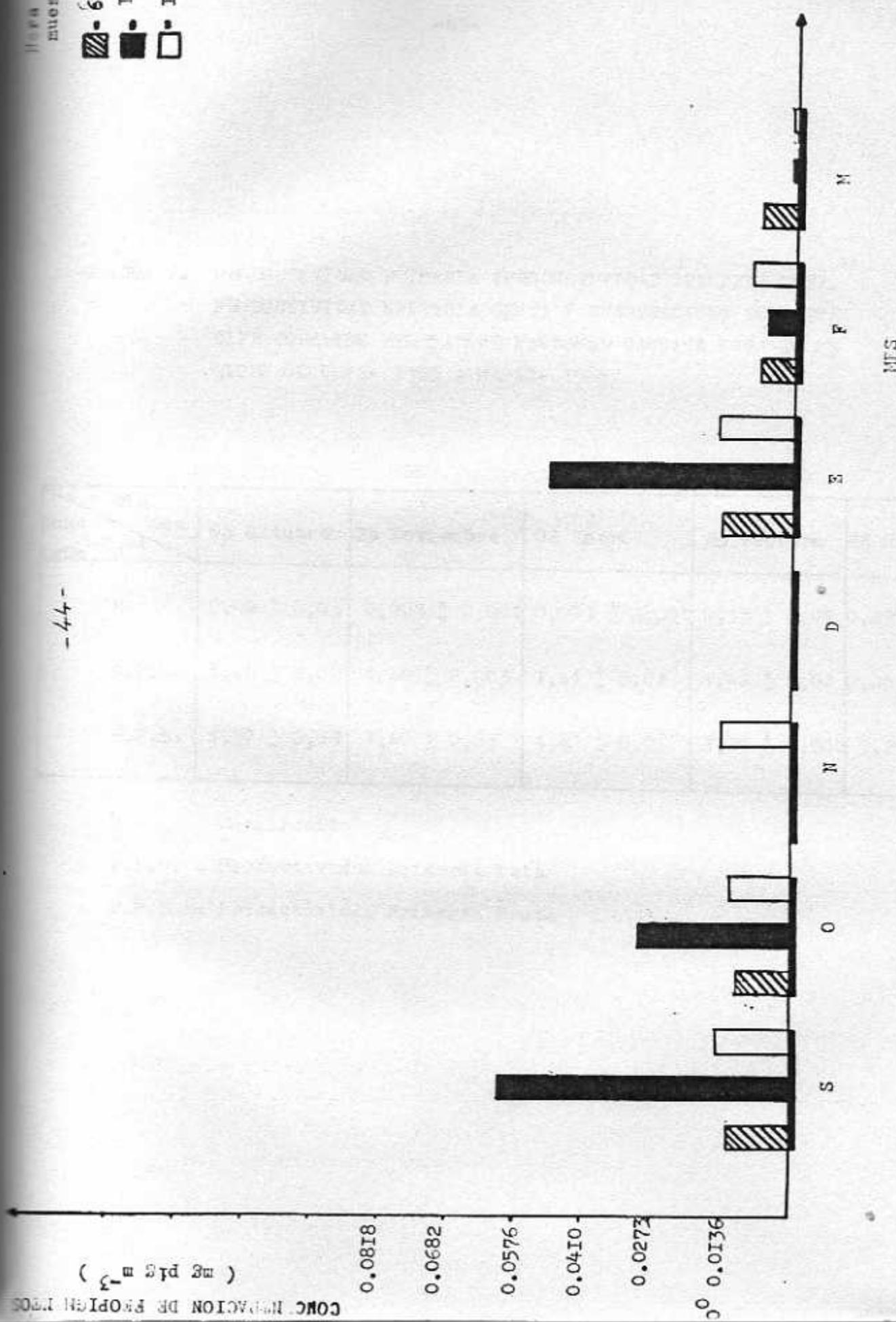
La productividad primaria se midió únicamente durante los días de muestreo de octubre a marzo y los resultados obtenidos se observan en el Cuadro V. La productividad más baja se obtuvo durante el día de muestreo de marzo con un valor de 0,46 g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> y la productividad más alta se obtuvo durante el muestreo de octubre con un valor de 3,53 g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>.

FIGURA 11. CONCENTRACION TOTAL DE FEOPIGMENTOS ( $\text{mg pig m}^{-3}$ ) EN  
LA ESTACION N° 2, A LAS 6:00, 12:00, 18:00 HORAS  
DURANTE LOS MUESTREOS EFECTUADOS DE SETIEMBRE 1985  
A MARZO 1986 EN EL ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE  
NACIONAL CAHUITA.

Línea de  
muestreo

- - - 6 : 00
- - - 12 : 00
- - - 18:00

- 44 -



CUADRO V. PRODUCTIVIDAD PRIMARIA (PRODUCTIVIDAD PRIMARIA NETA,  
PRODUCTIVIDAD PRIMARIA BRUTA Y RESPIRACION) DEL ARRE  
CIFE CORALINO DEL PARQUE NACIONAL CAHUITA PARA EL PE  
RIODO OCTUBRE- 1985 A MARZO- 1986.

Conc (gCm <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	Día Mes	04 Octubre	25 Noviembre	02 Enero	25 Febrero	28 Marzo
R		0,09 ± 0,03	0,003 ± 0,001	0,003 ± 0,001	0,13 ± 0,02	0,22 ± 0,03
P.P.N.		1,44 ± 0,02	1,40 ± 0,003	1,41 ± 0,02	1,42 ± 0,02	0,00 ± 0,01
P.P.B.		1,57 ± 0,03	1,40 ± 0,03	1,41 ± 0,01	1,29 ± 0,002	0,29 ± 0,003

R = Respiración

P.P.N. = Productividad Primaria Neta

P.P.B. = Productividad Primaria Bruta

DISCUSION

Smayda (1975) y Hickman (1979) encontraron que los nutrientes, la luz, la temperatura, la salinidad y la turbidez, condicionan la abundancia de las especies, el tamaño de las poblaciones y la sucesión en el fitoplancton. Harris (1978); Raymont (1980); Worrest y otros (1980) encontraron un efecto similar sobre el contenido de clorofila. Los nutrientes, la temperatura, la salinidad y la turbidez fueron medidos en el presente estudio, con el propósito de dilucidar la forma en que afectan en la diversidad y en la densidad del fitopláncton, así como su efecto sobre la concentración de clorofila.

En el arrecife de Cahuita se encontró diferencias significativas en la concentración de nutrientes que se pueden relacionar con la dinámica de las corrientes y con la turbidez local. El efecto neto de esa dinámica y de la turbulencia es la remoción y el transporte de sedimentos y detritus del fondo que contribuyen a la incorporación de nutrientes a la columna de agua. Estas observaciones coinciden con lo encontrado por Waffar y otros, (1983) en la Bahía de Morlaix (costa Británica). En los muestreos de setiembre, octubre y enero, se encontró que el arrecife y las zonas adyacentes estuvieron expuestas a una alta temperatura, cuyo efecto fue importante en la resuspensión de sedimentos en la columna del agua. Esta turbidez

coincidió con los valores más altos en la concentración de nutrientes. Asociado a este aumento en la concentración de nutrientes se presentó la mayor biomasa en términos de concentración de clorofila ( $\text{mg m}^{-3}$ ) en la estación N° 2 a las 12:00 horas (figura 10). Herblant y otros (1985) en un estudio realizado en el Océano Atlántico Ecuatorial encontraron la mayor biomasa de clorofila en las regiones donde la concentración de nitrógeno fue alta y Raymond (1980) sugiere por medio de experimentos realizados en el laboratorio que el contenido de clorofila se reduce en aguas donde el nutriente limitante es el nitrógeno. En el presente estudio, esta situación no prevaleció, pues en general el nitrato y amonio estuvieron presentes y en concentraciones más altas que otros nutrientes. Es posible que esta condición fuera favorable para la alta biomasa medida en el arrecife de Cahuita si se compara con valores determinados en otras áreas como el arrecife de Tiahura Lagoon, Polynesia Francesa ( $0,20$ ;  $0,06 \text{ mg pig m}^{-3}$ , Ricard, 1981), o en una zona costera de Nueva Escocia donde se han determinado valores de  $0,59 - 0,62 \text{ mh l}^{-1}$  (Rao y otros, 1969). Paralelamente al efecto que puedan ejercer los nutrientes sobre la clorofila se considera el efecto de la suspensión de sedimentos en la columna (situación que prevaleció en la mayoría de los muestreros). Según Worrest y otros (1980), esta condición reduce la penetración de la intensidad de la luz e induce disminución en la capacidad fotosintética del fitopláncton, en el presente

estudio, sin embargo, parece que la concentración de clorofila no experimentó cambio, pues se obtuvo valores altos, aún en los días en que prevaleció una alta turbidez. Esta observación es consistente con lo propuesto por Harris, (1978) y Malone y otros, (1981) los cuales sugieren que cuando las células crecen en un medio turbio con bajos niveles de irradiación, la concentración de pigmentos, así como el número de tilacoides para mantener altas tasas de fotosíntesis.

Asimismo, los valores de productividad primaria determinados en el arrecife Cahuita, se pueden relacionar con factores ambientales: físicos, químicos y biológicos. La precipitación, que mostró diferencias durante los meses muestreados, (cuadro I ) probablemente contribuyó a las variaciones en la turbidez, la cual es consecuencia del acarreamiento de sedimentos por parte de las corrientes. Estos sedimentos aportan nutrientes como nitrógeno, fósforo y sílice (Bologna y otros, 1984; Goodman y otros, 1984), que sumados a los liberados del fondo por la turbulencia local establecen condiciones favorables para la productividad primaria; sin embargo, Mc Carthy y otros (1977) ; Smayda (1983) afirman que en aguas turbias se presenta una disminución de la intensidad lumínica en la columna de agua y por consiguiente la productividad primaria puede reducirse.

Durante el muestreo que se realizó en marzo, la productividad primaria bruta fue igual a la respiración, por consiguiente la productividad neta fue igual a cero. De acuerdo con

Parsons (1984) situaciones como ésta podrían deberse a la fotorespiración, la cual causa una sobre-estimación de la respiración. Esto es usual en aguas turbias y poco profundas, sin embargo, la baja productividad primaria de este muestreo no parece ser consecuencia de este fenómeno, pues el agua se caracterizó por ser clara y calma. Estos resultados podrían ser afectados por la respiración bacteriana en las botellas de incubación, provocando una sobre-estimación de ésta en las botellas oscuras y una subestimación en las botellas claras (Marra y otros, 1984), por lo tanto, en estas condiciones únicamente la productividad primaria bruta es correctamente medida.

La productividad primaria en un arrecife es limitada por la baja concentración de algunos nutrientes, especialmente, del nitrógeno y el fósforo (Pizarro, 1976; Smith, 1984; Carpenter, 1985). En el presente estudio, al contrario de lo expuesto por Ricard (1981) y Smith (1984) los cuales proponen que el nitrógeno es el nutriente limitante para el crecimiento del fitoplancton, el fósforo se determinó en bajas concentraciones, lo que sugiere que probablemente constituyó el nutriente limitante. Esta observación concuerda con lo propuesto por Redfield (1958); Brooker y otros (1982) los cuales concluyen que la disponibilidad del fósforo limita la productividad neta del mar.

El valor más alto de productividad primaria se obtuvo en

el muestreo de octubre ( $3,53 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) que coincidió con un aumento en la concentración de nutrientes. En los siguientes muestreos se observó una disminución de la productividad primaria (cuadro V), paralelo a una disminución en la concentración de nutrientes especialmente el fósforo y del silicato; el nitrógeno, sin embargo se presentó en todos los muestreos, lo que parece indicar que:

1) Los iones fosfato se determinó en bajas concentraciones, lo que probablemente influyó en la productividad primaria del arrecife. Con respecto al ión silicato, las observaciones de Smayda (1983) indica que el silicato puede limitar el crecimiento del fitoplancton. Asociado con la abundancia de este nutriente, Coscinodiscus y Biddulphia mostraron su mayor abundancia durante los muestreos de octubre y noviembre favorecidos seguramente por la alta concentración de este elemento, pues son géneros que necesitan una gran cantidad de sílice para la construcción de sus fústulas (Smayda, 1983).

2) La turbidez probablemente favoreció el aumento de la productividad primaria, pues las mayores concentraciones coincidieron con aguas turbulentas. De acuerdo con Grobbelaar, (1985), la mezcla vertical puede incrementar la productividad en la columna de agua debido a las variaciones en la calidad y cantidad de la luz. Una situación semejante descrita por Walsh, (1983) cuyos datos son indicativos de una sobreestimación cercana al 30 % de la eficiencia fotosintética en condiciones de luz fluctuante comparada con condiciones de iluminación cons-

tante.

Por otro lado, Carpenter (1980) y Smayda (1983) han demostrado diferencias en la diversidad del nitrógeno del fitoplancton entre estaciones en el Golfo de Panamá y en el Carmans estuary, New York. Ambos autores lo relacionan con la concentración de nutrientes y salinidad. En el arrecife de Cahuita las diferencias y similitudes en la composición de géneros probablemente no se relacionan con los factores ambientales antes mencionados, pues ambos no presentaron diferencias significativas entre estaciones ( $P < 0,05$ ). La distribución de géneros, en este caso, probablemente se relaciona con el transporte realizado por las corrientes. Raymont (1980) y Parsons (1984) han demostrado que la concentración de nutrientes, cantidad de luz y temperatura no son suficientes para explicar la distribución del fitoplancton, pues este es el resultado del movimiento de masas de agua. En el arrecife de Cahuita, esta observación se corrobora con el análisis de diversidad de géneros y el diagrama de Trellis.

Durante el muestreo realizado en setiembre y octubre las estaciones muestreadas presentaron bastante similitud en la composición de géneros, lo que probablemente indica una distribución homogénea de éstos como consecuencia de la corriente que proviene del norte del arrecife. La baja diversidad de géneros en la estación 2 durante el muestreo de octubre a pesar

que muestra bastante similitud en la composición de géneros con la estación 1, probablemente se debe a dominancia de los géneros Biddulphia, Chaetoceros y Striatella en la estación N° 2 (Apéndice V).

En el muestreo realizado en noviembre y marzo, la mayor similitud entre las estaciones 1 y 4 y las estaciones N° 2 y 4 parece indicar el flujo de una corriente que proviene del norte, lo cual probablemente diverge, una rama se introduce en la laguna, mientras que otra siguió una dirección hacia el sur, en ambos casos, las estaciones 1 y 2 se favorecieron por la distribución de géneros provenientes de la estación N° 4.

Otro aspecto que probablemente favoreció la similitud en la mayoría de los muestreos entre las estaciones fue la permanencia de parches de géneros sobre todo de Chetoceros, Bacteriastrum, Rizosolenia, Thalassiotrix cuya densidad fue alta durante los muestreos de setiembre, octubre y noviembre en las estaciones. Raymont (1980) en sus observaciones ha comprobado que el fitopláncton se puede encontrar formando parches que pueden variar entre pocos metros hasta varios kilómetros.

LITERATURA CITADA

- Andrews, J. and H. Nuller. 1983. Space-time variability of nutrients in a lagoonal patch reef. *Limnol. Oceanogr.* 28: 215-227.
- Bishop, S.S.; J.A. Yoder and G.A. Paffenhoffer. 1979. Phytoplankton and nutrient variability along a cross shelf off Savannah, Georgia, U.S.A. *Marin. Biol.*
- Boloșa, A.; M. Userlu and P.T. Frângopol. 1981. Planktonic primary productivity of the Romaian surface coastal waters ("Black Sea) in 1979. *Oceanol. Acta* 4 (3): 343-349.
- Bougis, P. *Marine Plankton Ecology*. North Holland publishing Company, Amsterdam Oxford American Elsevier Publishing Company Inc. New York. 1976, 349 p.
- Campos y Bornemiza. 1985. Programa Múltiple de Pesquerías 2 (ANULPFL 2).
- Carpenter, R. 1985. Relationships between primary production and irradiance in coral reef algal communities. *J. Mar. Res.* 40 (2): 491-502.
- Corredor, J. E. 1978. Aspects of phytoplankton dynamics in the Caribbean sea and adjacent regions. Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science. University of Miami, Miami, Florida, U.S.A. 101-113.
- Cortés, J. 1984. El Arrecife Coralino del Parque Nacional Cahuita, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32 (1): 109-121.
- Cortés, J. y C.C. Risk. 1984. El Arrecife Coralino del Parque Nacional Cahuita, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 32 (1): 109-121.
- Cortés, J. y E. Guzmán. 1985. Arrecifes coralinos de la costa Atlántica de Costa Rica. *Brenesia*, 25: 275-292.
- Crossland, C.; N. Matcher; M. Atkinson and S. Smith. 1983. Circulation of nutrients of a high-latitude coral reef, Great Barrier Reef, Australia, *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 14 (2/3): 159-164.

- Cupp, E.S. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography of the University of California, La Jolla, California. 5 (1): pp. 1-238.
- Dufour, P. 1986. Phytoplankton et production primaire. Rapports de l' Unesco sur les sciences de la mer. Téthodologie d'étude des lagunes côtières. Unesco.
- Flores, E. Geografía de Costa Rica. 2a. Ed. San José, Costa Rica, EU-NED, 1982. 476 p.
- Gelmartin, M.M. and N. Revelante. 1978. The Phytoplankton Characteristics of the Barrier Island Lagoons of the Gulf of California. Est. Coast. Mar. Sc. 7: 29-47.
- Goodman, D.; R.W. Eppley and F.M. Reid. 1984. Summer phytoplankton assemblages and the environmental correlates in the Southern California Bight. J. of Mar. Res. 42: 1019-1049.
- Grasshoff, K.; M. Ehrhart and K. Kreling. Methods of seawater analysis. ed by K. Grasshoff 2; Deerfield Beach. Florida. 1983. 419 p.
- Grobbelaar, J.V. 1985. Phytoplankton productivity in turbid waters. J. Plankton Res. 7 (5): 653-663.
- Harding, L.W.; B.W. Meeson y B.W. Sweeney. 1982. Diel periodicity in photosynthesis of marine phytoplankton. Mar. Biol. 61: 95-105.
- Harris, G. 1978. Photosynthesis, productivity and growth: the physiological ecology of phytoplankton. Arch. Hydrobiol. Beih. (10): I-IV, 1-171.
- Herbland, A.; A. Le Bautciller y P. Raimbault. 1985. Size structure of phytoplankton biomass in the equatorial Atlantic Ocean. Deep-Sea Research. 32 (7): 819-836.
- Hickman, M. 1979. Phytoplankton of shallow lakes: seasonal succession, standing crop and the chief determinants of primary productivity, Cooking Lake, Alberta, Canada. Hol. Ecol. 1 (4): 337-350.
- Ignatiades, S.S. 1979. The influence of water stability on the vertical structure of a phytoplankton community. Mar. Biol. 52: 97-104.

- Instituto Meteorológico Nacional. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. Boletín Climatológico Mensual. 6 (7-8): 1-10. 1985.
- Joint, I.R., and Pomeroy, A.J. 1981. Primary production in a turbid Estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sc.* 13: 303-316.
- Kamatoni, A.; M. Takano. 1984. The behaviour of dissolved silica during the mixing of river and sea waters in Tokyo Bay. *Est. Coastal Marin. Sci.* 19 (5): 305-513.
- Krebs, C.J. 1978. Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance. Harper-Row Publishers N.Y. p. 454-459.
- Lara-Lara, J.B. 1980. Variability and tidal exchange of ecological properties in a Coastal lagoon. *Est. and coast. Marin. Sc.* 2: 631-637.
- Lehman, J.T. 1980. Release and cycling of nutrients between planktonic algae and herbivores. *Limnol. Oceanogr.* 25 (4): 620-632.
- Levinton, J. Marine Ecology. Prentice Hall Inc. 1982. 526 p.
- Lewis, J. 1977. Processes of organic production on coral reefs. *Biol. Rev.* 52: 303-347.
- McCarthy, J. 1977. Nitrogenous nutrition of the plankton in the Chesapeake Bay. I. Nutrient availability and phytoplankton preferences. *Limnol. Oceanogr.* 22 (6): 996-1011.
- 
- Malone, T.C. and Heale, P.J. 1981. Parameters of light-dependent photosynthesis for phytoplankton size fractions in temperate estuarine and coastal environments. *Mar. Biol.* 61: 289-297.
- Marra, J.E.; and K. Heineman. 1984. A comparison non contaminating and conventional incubation procedures in primary production measurements. *Limnol. Oceanogr.* 29 (2): 389-392.
- Murillo, M. y J. Cortés. 1984. Alta mortalidad en la población del erizo de mar Diadema antillarum Philippi (Echinodermata: Echinoidea), en el Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica.

- Navarro, J.N. 1981. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. I Suborders Coscinodiscineae and Rhizosolenaceae. Bot. Mar. 24: 427-439.
- Navarro, J.N. 1981. A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. II. Suborder Biddulphineae: Families Biddulphiaceae, Lithodesmiaceae and Eupodiscaceae. Bot. Mar. 24: 615-630.
- Parsons, T. Takahashi, M. and Hargrave, R. Biological Oceanographic Processes. 3 r. Edición Pergamon Press, New York, 1984, 323 p.
- Pielou, R. An introduction to quantitative ecology. Mc Graw-Hill. New York. 1974, 532 p.
- Pizarro, M. 1976. Estudios de ecología fitoplanctónica en la Bahía de Valparaíso. IV. Condiciones físicas y químicas del ambiente. Rev. Biol. Mar. Dep. Oceanol. Univ. Chile. 16 (1): 35-69.
- Rao, S. y T. Platt. 1969. Optimal extraction conditions of Chlorophylls from cultures of five species of marine phytoplankton. J. Fish. Res. Bd. Canadá. 26: 1625-1630.
- Raymont, J. Plankton and productivity in the Oceans. 2 ed. Ed. Pergamon Press. New York, 1980. 489 p.
- Redfield, A.C. 1958. The biological control of chemical factors in the environment. Am. Sc. 46: 205-222.
- Rhee, C. 1978. Effects of N: P atomic ratios and nitrate limitation on algal growth, cell composition and nitrate uptake. Limnol. Oceanogr. 23: 10-25.
- Ricard, M. 1977. Phytoplankton contribution to primary productivity in two coral reef areas of Fiji Islands and French Polynesia. Proceedings. Third International Coral Reef Symposium, University of Miami, U.S.A. 544-547.
- Rice, T.R. ; R.S. Ferguson. Response of estuarine phytoplankton to environmental conditions in F.J. Vernberg. 1975. Physiological ecology of estuarine organisms. University of South Carolina. Press. p.: 1-44.
- Risk, H.J.; M.M. Murillo y J. Cortés. 1980. Observaciones biológicas preliminares sobre el arrecife coralino en el Parque Nacional Cahuita, Limón, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 28 (2): 361-382.

- Simonsen, R. The diatom plankton of the Indian Ocean. Expeditions R/V "Meteor" 1964-1965. Graduate School of Oceanography Narragansett Marine Laboratory. University of Rhode Island. 42 p.
- Smayda, T. 1965. A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama. II on the relationship between C-14 assimilation and the diatom standing crop. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. 9 (7):467-537.
- Smayda, T. 1983. The phytoplankton of estuaries. Estuaries and Enclosed Seas, edited by B.H. Ketchum. 101 p.
- Smith, S.V. 1984. Phosphorus versus nitrogen limitation in the marine environment. Limnol. Oceanogr. 29 (6): 1149-1160.
- Strickland, J.D. y J.R. Parsons. A tropical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 167 (Second edition), 1977, 310 p.
- Valiela, I. Marine Ecological processes. Springer-Verlag, New York, 1964, 546 p.
- Unesco. A review of methods used for quantitative phytoplankton studies final report of SCOR working group 33. Paris. 1974. 127 p.
- Vinogradov, M. y E.A. Shushkina. 1978. Some development patterns of plankton communities in the upwelling of the Pacific Ocean. Marin. Biol. 48: 357-366.
- Waffar, M.V.; P le Corre and J.L. Birrier. 1983. Nutrients and primary production in permanently well-mixed temperate coastal waters. Est. Coastal and Shelf Sc. 17: 431-446.
- Webb, M.; T. Du Paul; W. Wiebe; and R.E. Johannes, 1975. Enewetak (Eniwetok) atoll: aspects of the nitrogen cycle on a coral reef. Limnol. Oceanogr. 20 (1-3): 198-209.
- Williams, P.K.; R. Heinemann; Y. Maura. 1983. Comparison of  $^{14}\text{C}$  and  $\text{O}_2$  measurements of phytoplankton production in oligotrophic waters. Nature. 305 (1): 49-52.

Worrest, R.; D.L. Brooker and H. Van Dyke. 1980. Results of a primary study as affected by the type of glass in the cultive bottles. Limnol. Oceanogr. 25 (2): 360-364.

## APENDICE I

### A. DETERMINACION DE LA PRODUCTIVIDAD PRIMARIA

Los cálculos de respiración, fotosíntesis neta y fotosíntesis bruta se realizaron, según Grasshof (1983) utilizando las siguientes ecuaciones:

Productividad Primaria Neta:

$$(F_c - J) \cdot 10^3 = P.P. \text{ Neta} \text{ (mg m}^{-2}\text{)} \cdot$$

Productividad Primaria Bruta:

$$(F_c - J + J - F_0) \cdot 10^3 = P.P. \text{ Bruta} \text{ (mg m}^{-2}\text{)} \cdot$$

Respiración:

$$(J - F_0) \cdot 10^3 = R \text{ (mg m}^{-2}\text{)} \cdot$$

J = Concentración inicial de oxígeno (mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>)

F<sub>c</sub> = Concentración final de oxígeno en botellas claras  
(mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>)

F<sub>0</sub> = Concentración final de oxígeno en botellas oscuras  
(mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>)

### B. DETERMINACION DE CLOROFILA Y FEOPIGMENTOS

Se cuantificó cada tipo de clorofila mediante las ecuaciones:

$$P.S.C \text{ (Clorofila a)} = 11.6 \mathcal{E}_{650} - 1.31 \mathcal{E}_{645} - 0.14 \mathcal{E}_{630}$$

$$P.S.C \text{ ( Clorofila b) } = 20.7 \mathcal{E}_{645-4.34} \mathcal{E}_{665-4.42} \mathcal{E}_{630}$$

$$P.S.C. \text{ ( Clorofila c) } = 55 \mathcal{E}_{630-4.64} \mathcal{E}_{665-16.3} \mathcal{E}_{645}$$

Donde  $\mathcal{E}$  es igual al valor de extinción a la longitud de onda indicada. Estos valores se utilizaron para determinar la concentración de clorofila mediante la ecuación:  $mg\ pig\ m^{-3} = C/V$ . Donde C es un valor obtenido en las ecuaciones anteriores para las clorofilas a, b, c y V es el valor de agua filtrada (Parsons- Strickland, 1977).

Para la determinación de los feopigmentos se acidificó las muestras con HCl y se midió el coeficiente de extinción en el espectrofotómetro a las siguientes longitudes de onda: 665 y 750 mm.

La concentración de feopigmentos y de clorofila a, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Clorofila a (mg m}^{-3}\text{)} = \frac{26.7 (665_0 - 665_a) v}{V \times 1}$$

$$\text{Feopigmentos ( mg m}^{-3}\text{)} = \frac{26.7 (1.7 665_a - 665) v}{V \times 1}$$

donde  $665_0$  es el valor de la extinción a la longitud de onda  $665^{\circ}\text{A}$  antes de acidificar,  $665_a$  es el valor de la extinción a la longitud de onda de  $665^{\circ}\text{A}$  después de acidificar, v es el

volumen de la acetona usada para la extracción ( ml), V es el volumen de agua filtrada (l) y l es la longitud de la celda ( 1 cm) ( Parsons-Strickland, 1977).

## APENDICE II

### COEFICIENTE DE SIMILITUD

Los coeficientes de similitud fueron obtenidos para comparar la similitud en la composición de los géneros entre las estaciones (Krebbs, 1978).

$$\text{Indice de Similitud} = \frac{2c}{a+b}$$

donde a es el número de géneros presentes en una estación, b es el número de géneros en otra estación y c es el número de géneros comunes en ambas estaciones. El ámbito de valores varía desde cero, cuando las dos estaciones no tienen ningún género en común, a uno cuando las dos estaciones tienen igual composición.

Los índices de similitud fueron organizados en matrices de Trellis para identificar diferentes estaciones y sus cambios en el tiempo y en espacio.

APENDICE III

DENSIDAD DE GEMEROS DE FITOPLACTON (NUMERO DE CELULAS  $\text{L}^{-1}$ ), EN  
LA ESTACION N° 1; 12:00 HORAS EN EL ARRECIFE CORALINO DEL  
PARQUE NACIONAL CAHUITA. SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986.

Género \ Mes	Setiembre	Octubre	Noviembre	Enero	Febrero	Marzo
Asterionella	0,6	0,7	0	3,4	30,0	0,6
Bacteriastrum	19,8	1,7	0,3	0,1	0,08	0,08
Biddulaphia	1,1	1,7	1,8	1,5	0,4	0,08
Cerataulina	0	0	0,4	0,15	0,1	0
Ceratium	0,5	0,15	0,6	0,1	0	0,08
Chaetoceros	28,0	11,0	2,0	1,4	0	2,1
Climacophenia	0,08	0,08	0	0,07	1,1	0,08
Cocconeis	0	0,15	0	0,3	0,3	0,15
Coscinodiscus	0,6	2,2	4,5	1,8	0,3	0,08
Cyclophora	0	0	0	0	2,1	0
Ditylum	0,2	0,08	0	0	0	0,08
Dynophysis	0,19	0	5,2	0,1	0	0
Fragilaria	0,15	0,5	0,4	0,5	0,4	0
Fragilariopsis	0	0,5	0	0,3	0	0,08
Grammatophora	1,7	2,0	0,7	0,9	0,5	0
Hemiaulus	0	0	0,6	0,3	0,15	0,15
Istmia	0,61	0,8	0	1,5	2,6	0
Lycophora	0,15	0	0	0,15	0,5	0,1
Nitzschia	2,5	0,61	1,1	1,5	2,7	3,0
No identificado	0,8	0,4	3,2	0,6	0,9	0,3

Género \ Mes	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo
Péridinium	6,2	0,15	1,1	0,15	0	0
Podocystes	0,07	0,8	0	0,07	0,15	0
Planktonicella	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma	0,46	0,15	0,15	0,4	1,3	0,2
Rabdonema	0,46	3,0	0	0,3	0,3	0
Rizosolenia	1,6	11,3	2,0	0,3	0,1	0,08
Skeletonema	6,8	0,3	0	0	0	3,4
Stauroneis	0	0	0,3	0,7	0	0,08
Striatella	1,8	2,5	0,6	0,4	1,3	0,08
Thalassionema	0	0,4	0	0	0	0
Thalassiotrix	7,4	3,3	2,0	0	0,08	0
Triceratium	0	0	0	0	0	0
TOTAL	75,57	44,47	26,95	16,99	45,36	10,80

APENDICE IV

DESIDAD DE GRAMOS DE "TICOPLANTON" (MMGRO DE CELULAS  $m^{-3}$ ) EN  
LA ESTACION N° 2; 6:00 HORAS EN EL ARRECIFES CORALINO DEL  
PARQUE NACIONAL CAUTTA, SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986

Género \ Mes	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo
Asterionella	4,0	2,0	17,4	2,7	98,0	0,8
Bacteriastrum	60,7	9,6	0,08	1,1	0,2	1,0
Biddulphia	1,5	2,5	5,0	2,1	0,3	0,2
Cerataulina	0	0,12	0	0,2	0	0,3
Ceratium	0	0,3	0,2	0,3	0,2	0,11
Chaetoceros	178,0	185,5	0,9	0,2	0,0	10,3
Clinascorpenia	0,15	0,15	0,2	0,1	0,7	0
Coccocie	0,3	0,15	0,07	0,2	0,15	0,08
Coccinodiscus	1,0	3,0	2,2	12,0	0,3	0,3
Cycophora	0,1	0	0	0	1,7	0,1
Ditylum	0,5	0	0	0	0	0,07
Dynophysis	0	0	1,3	0,03	0,4	0
Fragilaria	0	0,6	0	0,2	0,3	0
Fragilaropsis	0	0,2	0,08	0,07	0,2	0
Grammatophora	2,0	1,0	2,0	2,5	0,4	0
Hemiculus	0	0	0,5	0,5	0,1	0,15
Istmia	0,5	0,4	0	0,61	1,6	0,8
Lycophora	0,4	0,4	0,6	0,07	0,4	0,8
Mitzachia	4,0	1,7	2,3	2,2	5,6	4,6
No identificado	0,4	0	0	0,9	0,9	0,9

Género \ Mes	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
<i>Peridinium</i>	0,15	0	0,4	0,07	0,2	0,11	
<i>Podocystes</i>	0	0	0,2	0,07	0,1	0	
<i>Planktoniella</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Pleurosigma</i>	0,3	0,15	0,1	0,4	0,2	0,3	
<i>Rabdonema</i>	0,9	3,6	0	0,15	0	0,15	
<i>Pizosolenia</i>	5,1	17,8	0,7	0,7	0,4	0,3	
<i>Skeletonema</i>	15,0	4,0	0	0,07	0	6,7	
<i>Stauroneis</i>	0	0,08	0	0,07	0,08	0	
<i>Striatella</i>	0,9	6,5	1,4	0,3	0,6	0,08	
<i>Thalassionema</i>	0	0	0	0	0	0	
<i>Thalassiotrix</i>	7,0	7,0	0,3	0,6	0	0,15	
<i>Triceratium</i>	0,7	0	0,08	0,07	0	0	
TOTAL	291,5	254,78	35,81	30,18	145,43	28,30	

APENDICE V

DENSIDAD DE CELULAS DE FITOPLANCTON (NUMERO DE CELULAS  $1^{-1}$ ) EN  
LA ESTACION N° 2; 12:00 HORAS EN EL ARRECIFE CORALINO DEL  
PARQUE NACIONAL CANUITA. SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986.

Género \ Mes	Setiembre	Octubre	Noviembre	Enero	Febrero	Marzo
Asterionella	2,3	0,7	0,3	5,6	55,5	1,5
Bacteriastrum	41,9	1,1	0,2	0,3	0,5	0,2
Biddulphia	0,6	2,0	6,6	2,5	0,4	0,3
Ceratulina	0	0	0	0	0	0,3
Seratium	0,2	0,15	0,15	0	0	0
Chaetoceros	94,1	147,5	4,5	1,3	1,3	0
Climacophenia	0	0,15	1,5	0,1	0,5	0
Cocconeis	0	0	0	0	0	0,08
Coscinodiscus	1,4	2,0	0,7	0,1	0,8	0,2
Cyelophora	0	0,31	0	0	0	0,15
Ditylum	0,08	0	0	0,07	0,08	0
Dynophysis	0	0	0,4	0	0	0
Fragilaria	0,2	0,30	0,7	0	0,4	0,08
Fragilaricopsis	0	0,08	0,15	0	0,3	0
Grammatophora	7,5	3,0	4,7	2,1	1,5	0,15
Hemiculus	0,2	0	0	0,2	0,2	0,15
Tetra	0,7	0,53	0,6	0	3,0	0
Lycophora	0,12	0,15	0,61	0,6	0,2	0,3
Mitzschia	3,2	0,3	3,0	1,6	1,1	3,1
No identificado	0	0	0	0	0	1,2

Genero \ Mes	Septiembre	Octubre	Noviembre	Dicero	Febrero	Marcio
Peridinium	0	0	0,2	1,0	0	0,08
Podocystes	0	0,2	0,07	0	0,08	0,08
Planktoniella	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma	0,3	0	0,07	0,2	0,4	0,2
Rabdonema	1,1	3,3	0	0,54	0,08	0
Pizosolenia	0,7	6,0	3,2	0,2	0,8	0,2
Skeletonema	0,8	0,10	0	0	0	6,01
Stauronema	0	0,7	0	0	0	0
Striatarella	0,6	3,0	0	0,7	0,4	0,15
Thalassionema	0	0,3	7,5	0,15	0	0
Thalassiotrix	16,0	0,7	2,6	0	0	0,15
Triceratium	0	0,19	0,07	0	0	0
Total	186,23	172,97	38,07	18,11	67,54	14,58

APENDICE VI

DENSIDAD DE CELULAS DE FITOPLANCTON (NUMERO DE CELULAS  $\text{cm}^{-3}$ ) EN  
LA ESTACION N° 2; 13:00 HORAS EN EL AGUA PROFUNDA DEL  
PARQUE NACIONAL CHANITA. SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986

Género \ Mes	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo
Asterionella		3,0	0,15	0,5	10,6	0
Bacteriastrum		0,6	0	0	0,2	0,08
Biddulphia		0,6	7,5	2,3	0,3	0,15
Cerataulina		0,15	0	0	0	0,08
Ceratium		0,15	0,2	0	0,2	0
Chaetoceros	66,7	7,5	0,2	0,9	0,2	0
Climacophenia	0,15	0,3	0,2	0,5*	0	0
Cocconeis	0,4	0	0	0,2	0	0
Concinodiscus	2,2	0,7	1,3	0,3	0,3	0
Cydiophora	0	0	0	0	0	0
Ditylum	0	0,07	0	0	0	0,08
Dynophysis	0	0,15	0	0,08	0	0
Fragilaria	0,5	0,3	0,2	0,08	0	0
Fragilariopsis	0,15	0,08	0	0	0	0
Grammatophora	7,-	3,3	1,0	1,1	0	0
Hemiaulus	0	0	0	0,08	0	0
Istmia	0,2	0,8	2,1	1,2	0,08	0
Lycophora	0	1,4	0,5	0,08	0,15	0
Nitzschia	3,0	1,6	0,4	1,0	0,11	0
No identificado	5,9	0,7	0,11	0,2	0	0

Genero	Mes	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Febrero	Marzo
Leridinium		0,15	0	0,08	0,2	0,2	
Podocystis		0,15	0	0,1	0,08	0	
Planktonella		0,2	0	0	0	0	
Planctonella		0,15	1,2	0,08	0,28	0,03	
Rhabdonema		1,2	0,4	0,5	0	0	
Sphaeroplela		22,0	0,2	0,08	1,0	0	
Chetotrichia		0,1	0	1,0	0	0,15	
Stauronema		0,15	0	0	0	0	
Steinella		2,4	2,0	1,1	0,3	0	
Thalassiorum		0,3	0,7	0	0,15	0	
Thalassiphytum		5,6	0,7	0,3	0,5	0,15	
Triceratium		0,15	0,02	0,23	0	0	
TOTAL		129,55	27,43	12,48	19,23	1,81	

APENDICE VII

DENSIDAD DE GENEROS DE FITOPLANCTON ( NUMERO DE CELULAS  $m^{-3}$ ) EN LA ESTACION N° 4; 12:00 HORAS EN EL ARRECIFE CORALINO DEL PARQUE NACIONAL CANUITA. SETIEMBRE 1985 A MARZO 1986.

Género \ Mes	Setiembre	Octubre	Noviembre	Enero	Febrero	Marzo
Asterionella	0,23	1,5	0,6	0,2	2,2	0,08
Bacterialstrum	41	31,5	0,15	0	0,2	1,2
Ridduiphia	0,9	0,3	0,11	0	0,8	0,2
Cerataulina	0	0	0	0	0	0,5
Ceratium	0,07	1,5	0,4	0,5	1,4	0,15
Chaetoceros	40	365,8	2,1	0,3	1,0	21,8
Climacophenia	0	0	0	0	0	0
Coccocyclis	0	0	0	0	0	0,08
Concinna'ccus	0,3	7,27	1,0	1,1	0,9	0,7
Cyelophora	0	0	0	0	0	0,08
Ditylum	0	0	0,07	0	0	0,7
Dynophysis	0	0	1,9	0,15	0	0,15
Fragilaria	0	0	0,07	0	0	0
Fragilaricystis	0	0	0	0	0	0,08
Grammatophora	0,21	1,0	0,2	0,07	0,00	0,08
Hormidium	0	1,4	0,45	0	0,5	0,3
Tetula	0	0	0	0	0	0
Lycophora	0	0	0,11	0	0	0,08
Mitschelia	1,0	0,2	0,6	0	,6	0
No identificado	0	0	0,7	0	0	0,15

Género \ Mes	Setiembre	Octubre	Noviembre	Enero	Febrero	Marzo
Poridinium	0,23	0,5	0,3	0	0,3	0,4
Podocystes	0	0	0,07	0	0,08	0
Planktoniella	0	0	0	0	0	0
Pleurostigma	0	0	0,23	0	0	0
Rabdonema	0	0	0	0	0	0,15
Rizocolenia	1,4	186	1,7	0,3	3,2	0,5
Skeletonema	1,6	0,5	0,08	0	0,08	20,0
Stauroneis	0	0	0	0	0	0
Striatella	0	9,5	0,15	0,15	0	0
Thalassionema	0,07	0,3	0,3	0	0	0,5
Thalassiotrix	9,5	4,4	2,0	0,15	0,6	1,2
Triceratium	0	0	0	0	0	0
TOTAL	96,64	616,37	15,29	2,92	11,84	49,08