

Bol. Cient. CIOH	Cartagena I Colombia I	No. 8	Pg. 3-26	Julio 1988	ISSN 0120-0542
------------------	---------------------------	-------	----------	------------	----------------

FITOPLACTON Y ECOLOGIA PELAGICA EN EL ARCHIPIELAGO  
DE SAN ANDRES Y PROVIDENCIA : CRUCERO OCEANO VI EN  
EL CARIBE COLOMBIANO

Por:

Catalina Téllez R.  
Germán Márquez C.

Biólogo U. N.  
Biólogo M.S.C. Profesor Departamento  
Biología, Universidad Nacional de  
Colombia.  
Biólogo Marino, Centro de Investiga-  
ciones Oceanográficas e Hidrográficas

Francisco Castillo G.

RESUMEN

El presente trabajo contiene resultados del análisis de muestras superficiales de fitoplancton coleccionadas en aguas oceánicas del Archipiélago de San Andrés y Providencia durante el crucero oceanográfico OCEANO VI, realizado en junio de 1983 a bordo del ARC PROVIDENCIA de la Armada Nacional.

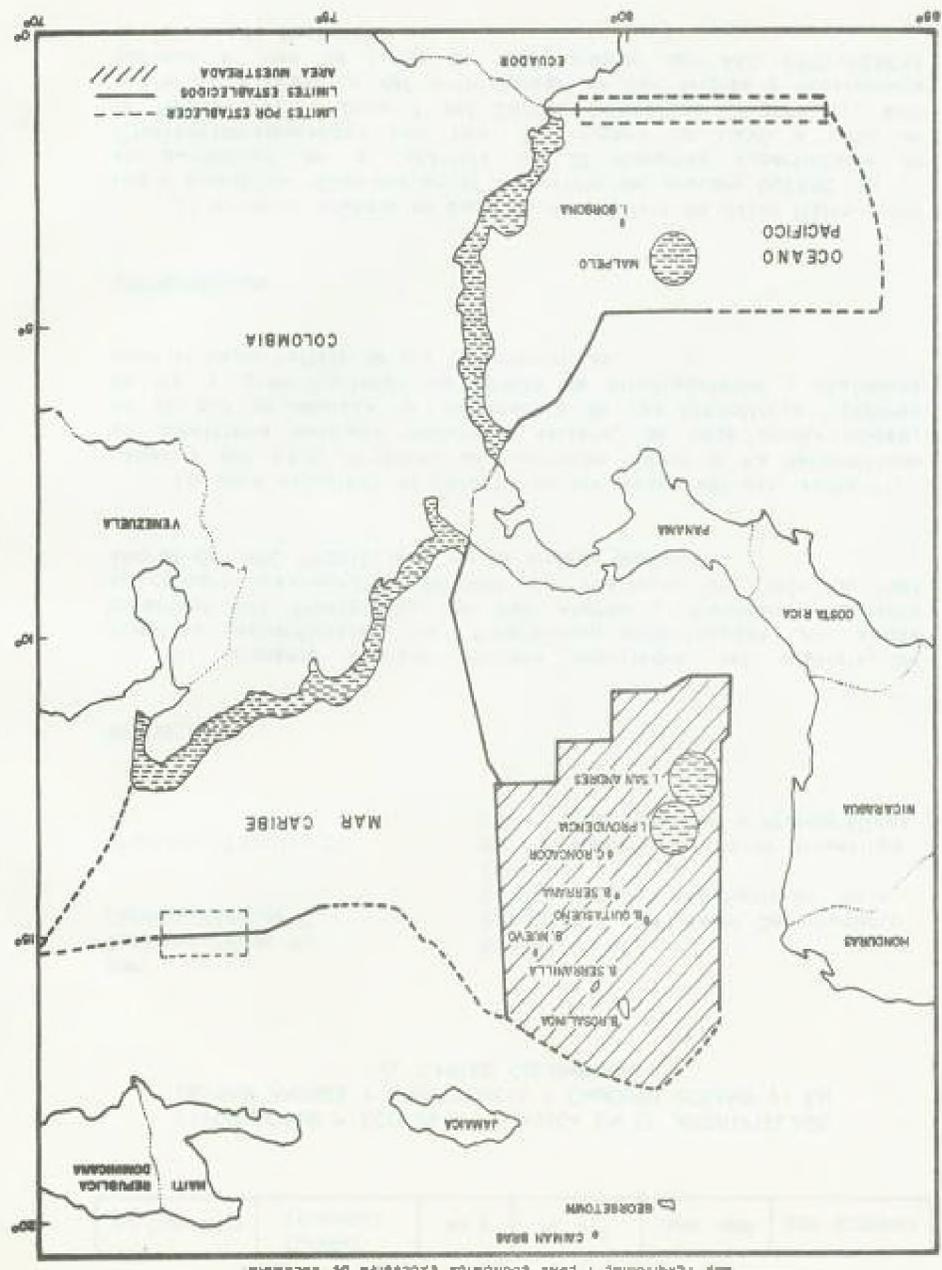
La zona estudiada se caracteriza por aguas cálidas, estratificadas y con bajo contenido de nutrientes donde se ha desarrollado un ecosistema pelágico maduro y estable, de baja productividad, en el que se destaca la importancia de las cianofíceas fijadoras de  $N_2$  y gran variedad de formas de dinoflagelados y diatomeas como el mejor reflejo de sus características.

INTRODUCCION

El presente trabajo se basa en el análisis de datos físico-químicos y biológicos obtenidos en el desarrollo del crucero OCEANO VI y en particular en el análisis de 32 muestras superficiales de fitoplancton colectadas con red. El crucero se llevó a cabo en la Región III - Zona 3 del Caribe Colombiano (Figura 1), ésta es la parte oceánica del Archipiélago de San Andrés y Providencia durante el mes de junio de 1983, a bordo del ARC PROVIDENCIA de la Armada Nacional.

EL OCEANO VI fue el primero de una serie de cuatro cruces en un ciclo de un año que se llevaron a cabo en la misma zona. Estos cruces forman parte del programa "condiciones Oceanográficas

FIGURA 1 AREA MUESTREADA CORRESPONDIENTE A LA REGION III - ZONA 3 DEL MAR CARIBE COLOMBIANO. (Tomado del PDCM. CRUCERO OCEANO VI - JUNIO 1983)



MAP TERRITORIAL Y ZONA ECONOMICA EXCLUSIVA DE COLOMBIA

en el Caribe y pacífico Colombianos", dirigido por el C.F. Rafael Steer R. y que la Armada Nacional lleva a cabo a través del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOM). Estos trabajos están incluidos dentro del Plan de Desarrollo de las Ciencias y las Tecnologías del Mar en Colombia (PDCTM) formulado por el Departamento Nacional de Planeación con el apoyo de COLCIENCIAS y la Comisión Colombiana de Oceanografía (CCO).

El presente trabajo, en particular forma parte del proyecto "Estudios de la biomasa del fitoplancton y su distribución geográfica durante el crucero OCEANO AREA 1: LEVANTAMIENTO PROVIDENCIA en el Caribe Colombiano" de la Sección de Ecología, Departamento de Biología, Universidad Nacional, financiado por el Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Nacional (CINDEC) para participar en el programa del CIOM y dirigido por el segundo autor.

Con el análisis de las muestras colectadas durante el Crucero se busca contribuir al conocimiento de la ecología del mar Caribe en las regiones adyacentes al Archipiélago de San Andrés y Providencia, mediante estudios de la composición cualitativa y cuantitativa del fitoplancton interpretando su distribución a partir abundancias relativas, analizando distribución y abundancia de componentes importantes del fitoplancton tales como *Oscillatoria* y relacionando las observaciones realizadas con las condiciones oceanográficas dominantes.

En la zona, caracterizada por aguas cálidas, estratificadas y con bajo contenido de nutrientes, ha evolucionado un ecosistema pelágico maduro y estable de baja productividad, en el sentido de MARGALEF (1969).

El fitoplancton está compuesto por cianofíceas, dinoflagelados y diatomeas principalmente, dominando las primeras sobre los otros dos grupos.

Se evidencia la importancia ecológica de las cianofíceas en el suministro de nutrientes, siendo la base del mantenimiento de todo el sistema.

La variedad de formas en los dinoflagelados y la alta diversidad en este grupo son considerados como el reflejo del alto grado de organización y el estado evolutivo avanzado del ecosistema pelágico. Tanto las variables bióticas como abióticas consideradas reflejan una gran heterogeneidad especial del sistema.

A pesar de que se han hecho varios estudios con el objeto de tener un conocimiento sobre el fitoplancton del mar Caribe, éstos no son suficientes para tener una clara idea de la ecología de toda la zona y de los diversos ambientes que se presentan en ella. Gran parte de dichos trabajos son taxonómicos o simplemente descriptivos; se citan especies encontradas, su abundancia relativa y las condiciones del agua en las cuales se encontraron

pero sin hacer análisis que relacionen esos parámetros. Por su parte los trabajos de HULBURT (1968) y MARGALEF (1969) tienen un sentido más ecológico; analizan la estructuración y distribución de las comunidades fitoplanctónicas en relación con las condiciones físicas y químicas del agua y los movimientos de las masas de agua, evidenciando en esa forma la importancia del fitoplancton como excelente indicador de las características del ecosistema pelágico. De los tres grupos principales del fitoplancton, las cianofíceas, en especial las del género Oscillatoria (=Trichodesmium), han sido muy estudiadas en todos sus aspectos, taxonomía, distribución, abundancia, productividad, fisiología, debido a su importancia ecológica en los mares tropicales. Los dinoflagelados y las diatomeas han sido tratadas principalmente desde el punto de vista taxonómico.

En cuanto a la zona del mar Caribe que se analizan en este trabajo no se tiene conocimiento de estudios sobre fitoplancton que se hayan realizado en ella; el presente constituye el primer trabajo específico al respecto.

## MÉTODOS

Se colectaron 32 muestras de fitoplancton mediante arrastres superficiales horizontales con una red cónica de 100µ de ojo de malla a la cual se adaptó un fluómetro digital. Los arrastres tuvieron una duración de 10 minutos a una velocidad de 2 nudos. Las muestras se fijaron con formol puro neutralizado con una solución saturada de Borato de Sodio y 2 ó 3 gotas de Iugol. Las estaciones de muestreo se indican en la fig.2.

Se tomaron también muestras con botellas Nansen para análisis de temperatura, salinidad, pH, oxígeno y nutrientes.

Los conteos de células en el laboratorio se hicieron mediante una modificación del método de EDMONSON (VOLLENWEIDER, 1969).

Para el análisis de los resultados obtenidos se tuvieron en cuenta las características físicas y químicas del agua, la distribución y abundancia de los grandes grupos taxonómicos, la forma y el tamaño de los organismos y la relación existente entre los diversos aspectos.

## OCEANOGRAFIA REGIONAL

El área de estudio se caracteriza por una temperatura superficial que fluctúa entre 28. 2°C y 30. 3°C, siendo estos

valores más altos que otros reportados anteriormente para el Caribe por ATWOOD(1976) y PERLROTH (1971); se confirma así la presencia de aguas tropicales cálidas en la capa de mezcla y la influencia de factores atmosféricos locales sobre este parámetro.

La temperatura en la columna de agua fluctúa entre 30.2°C en la superficie y 17.8°C a 100 metros de profundidad, mostrando tres perfiles característicos (Figura 3) a lo largo de toda la zona. Estos perfiles reflejan el grado de estratificación de los mares tropicales cálidos en donde la inestabilidad de la columna de agua es muy baja. Sólo en algunos casos hay indicios de hundimiento de aguas superficiales.

La salinidad fluctúa entre 34.41‰ siendo alta en la mayor parte del área y estando sujeta también a los factores atmosféricos.

Las concentraciones de nutrientes presentan los siguientes rangos de variación: Amonio: 0.1-15.9 ug-at N-NH<sub>4</sub> /lt; Nitritos: 0.01-0.16 ug-at N-NO<sub>2</sub> /lt; Nitratos: 0.01-6.96 ug-at N-NO<sub>3</sub> /lt. (fig.4); Fosfatos: 0.03-1.53 ug- al P-PO<sub>4</sub> /lt.(fig.5). Estos valores reflejan la pobreza de nutrientes en la mayor parte del área como consecuencia de la baja turbulencia y el alto grado de estratificación de las aguas. Al parecer la mayor parte del fósforo y el nitrógeno se presentan en forma orgánica ya sea materia disuelta o particulada o como biomasa, lo que incide sobre la baja concentración en el agua.

El nitrógeno se presenta principalmente en forma de amonio y el fósforo como fosfatos; la relación P/N indica que el nitrógeno es probablemente un factor limitante más crítico que el fósforo. Existe una zona al suroeste de los Bancos de Rosalinda y Secranilla en donde las concentraciones de amonio, nitratos y fosfatos alcanzan valores muy altos debido posiblemente a mezcla por efecto de masa de Isla producido por un cambio brusco en la topografía del fondo.

## FITOPLANKTON

El fitoplancton de la zona está constituido por cianofíceas, diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados y coccolitofóridos. Un listado de las cianofíceas y dinoflagelados se presenta en la tabla 1; los otros grupos no se trabajaron taxonómicamente con tanto detalle.

Las cianofíceas están representadas por varias especies de Oscillatoria y por el endosimbionte Richelia intracellularis. Dentro de las diatomeas encontramos numerosas especies de Rhizosolenia, Chaetoceros, Bacteriastrium y Nitzschia; también Coccolodiscus,

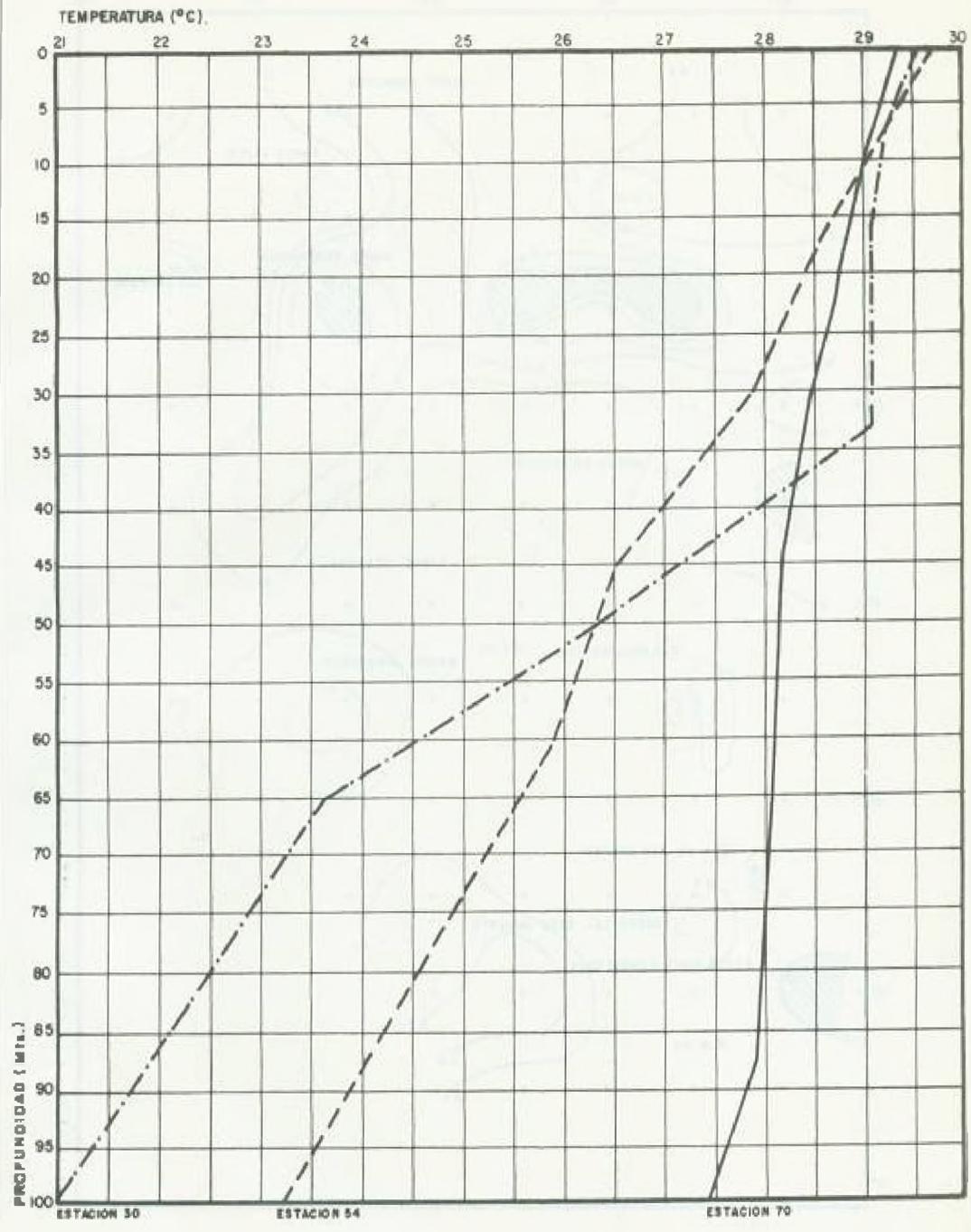


FIGURA 3. PERFILES TIPO DE TEMPERATURA (°C.). (Explicación en el texto).  
 CRUCERO OCEANO VI - JUNIO 1963.

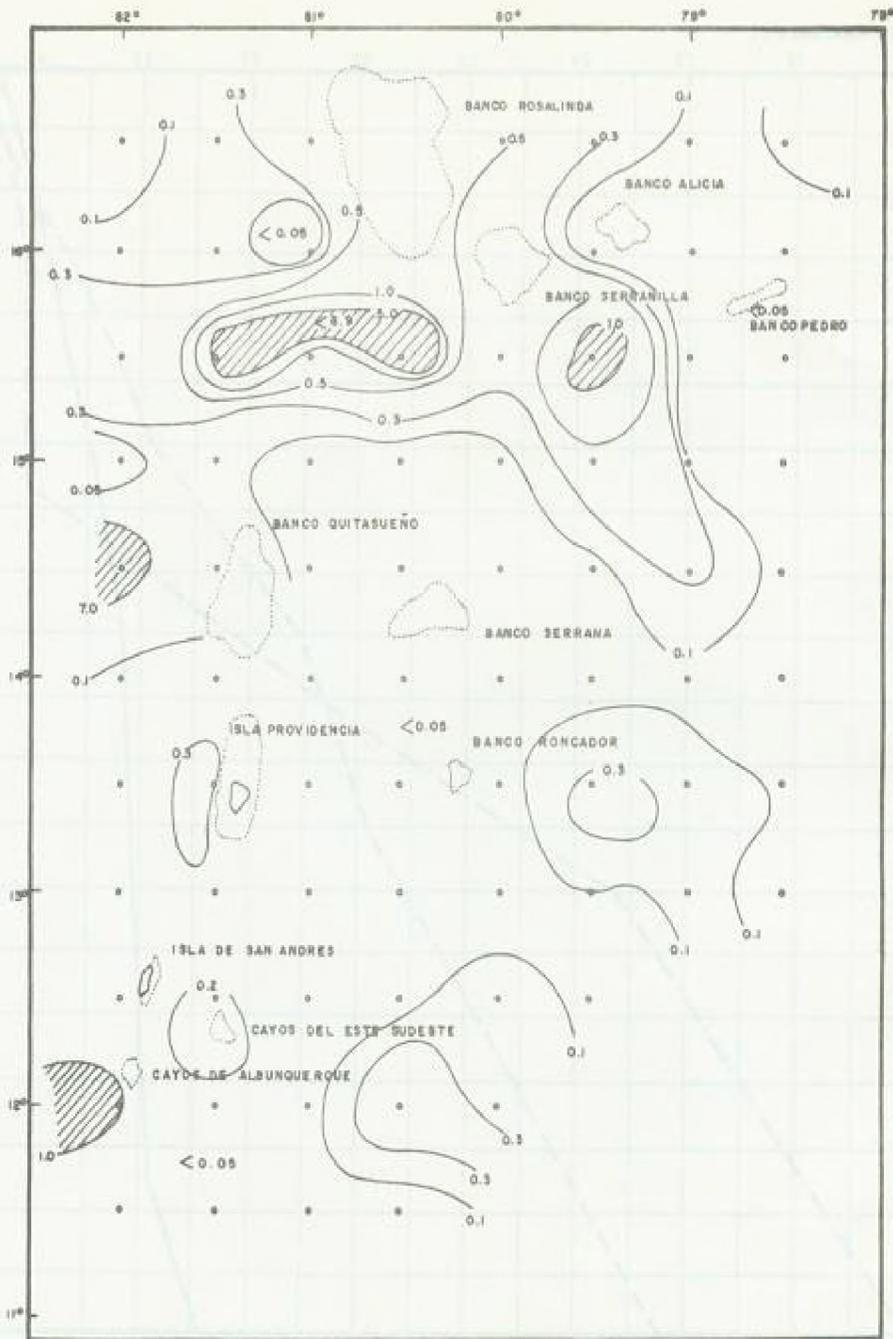


FIGURA 4 DISTRIBUCION SUPERFICIAL NITRATOS ( $\mu\text{g-atm-NO}_3/\text{l}$ ).  
 (MODIFICADO DE MAPA ELABORADO POR EL CIOH).  
 CRUCERO OCEANO VI - JUNIO 1983.

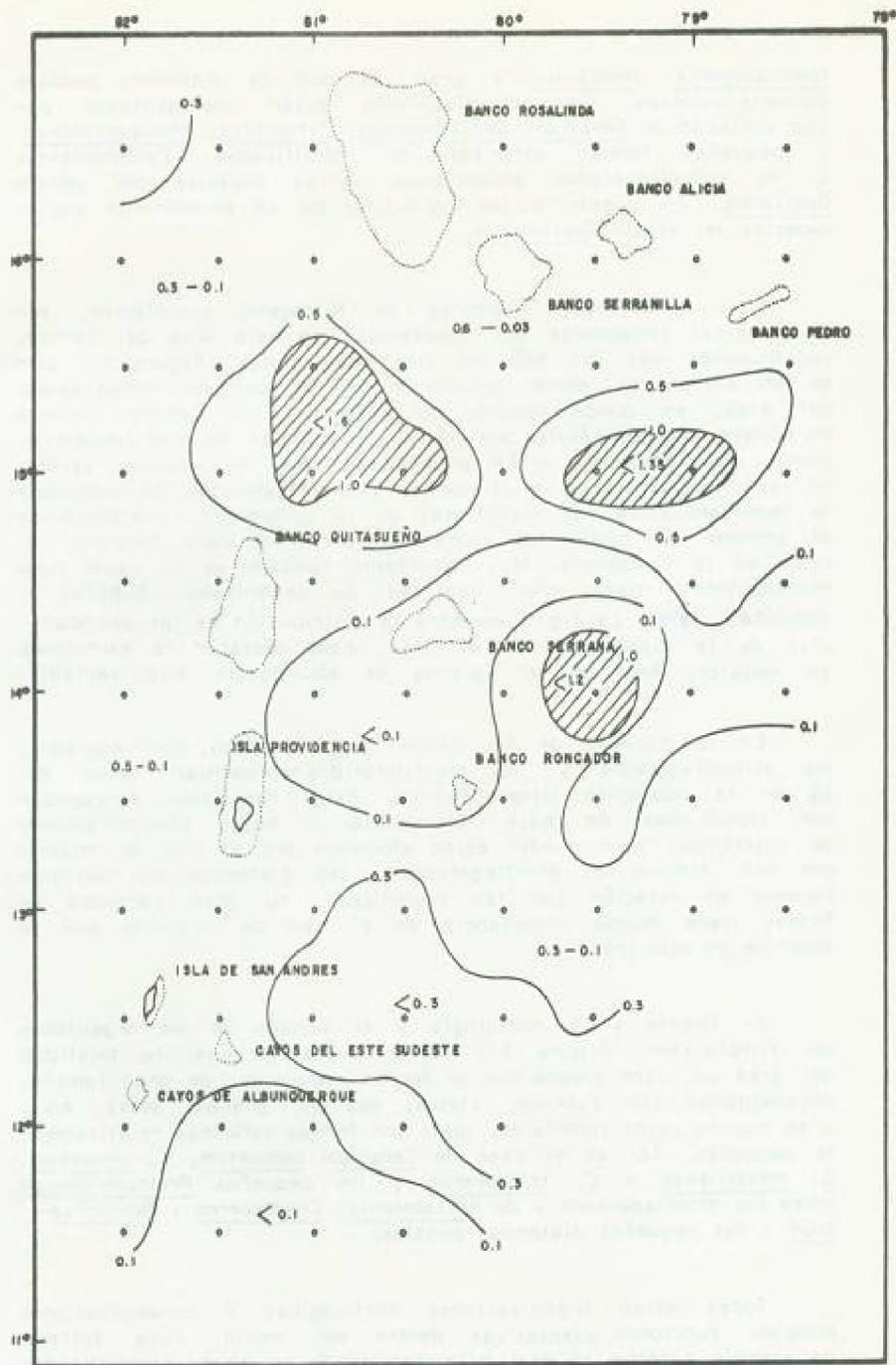


FIGURA 5. DISTRIBUCION SUPERFICIAL FOSFATOS ( $\mu\text{g-atP-PO}_4^{3-}/\text{l.}$ ).  
 (MODIFICADO DE MAPA ELABORADO POR EL CIOH.)

CRUCERO OCEANO VI - JUNIO 1983.

Spermalogonia, Hemiaulus y gran cantidad de diatomeas penales microplañctónicas. Los dinoflagelados están representados por una variedad de Ceratium, Ornithocercus, Pyrocistys, Protoperidinium y pequeñas formas esféricas no identificadas. Pertenecientes a los silicoflagelados encontramos varias especies del género Dityocha. En cuanto a los coccolitófidos se encontraron varias especies del género Coccolithus.

Las cianofíceas, fijadoras de Nitrógeno atmosférico, son el principal componente del fitoplancton en esta área del Caribe, construyendo más del 90% del total de células (Figura 6); sólo se encuentran en menor proporción en el extremo noroccidental del área, en donde también se presentan los menores valores en número total de células por metro cúbico. Las mayores concentraciones de cianofíceas están acompañadas por los mayores valores en las concentraciones de diatomeas y dinoflagelados. Es indudable la importancia de las cianofíceas en la comunidad fitoplanctónica al proveer al medio los elementos necesarios para mantener al resto de la biocenosis. Muy importante también es su papel como microsubstrato para gran cantidad de organismos (BORSTAD Y BORSTAD, 1976). La fig. 7 muestra la distribución de las abundancias de la cianofíceas en el área; cabe destacar la estructura en mosaico, ésto es en parches de abundancia muy variable.

En la mayoría de los casos las diatomeas, dinoflagelados, los silicoflagelados y los coccolitófidos representan menos del 2% en la población fitoplanctónica. Estos resultados concuerdan con condiciones de baja turbulencia y bajas concentraciones de nutrientes, pero pueden estar afectados por el tipo de muestreo con red. Aunque los dinoflagelados y las diatomeas son bastante escasos en relación con las cianofíceas, su gran variedad de formas tiene mucha importancia en el tipo de ambiente que se describe en este trabajo.

En cuanto a la morfología y el tamaño de los organismos del fitoplancton (Figura 8), se evidencia en casi la totalidad del área un claro predominio de formas complejas, de gran tamaño, ornamentadas con cuernos, aletas, espinas, placas, setas, etc., y en muchos casos coloniales, junto con formas esféricas relativamente pequeñas. Tal es el caso de Ceratium contortum, C. extensum, C. massiliense y C. trichoceros y los pequeños Protoperidinium entre los dinoflagelados y de Rhizosolenia, Chaetoceros y Bacteriatrum y las pequeñas diatomeas penales.

Todas estas organizaciones morfológicas y ornamentaciones cumplen funciones adaptativas dentro del medio, cuya entrada de energía externa es muy poca resultando en aguas estratificadas de baja turbulencia y bajas concentraciones de nutrientes (MARGALEF 1978). Dichas funciones son: a) Aumentar la superficie de absorción, b) Retardar el proceso de sedimentación, c) Disminuir las pérdidas

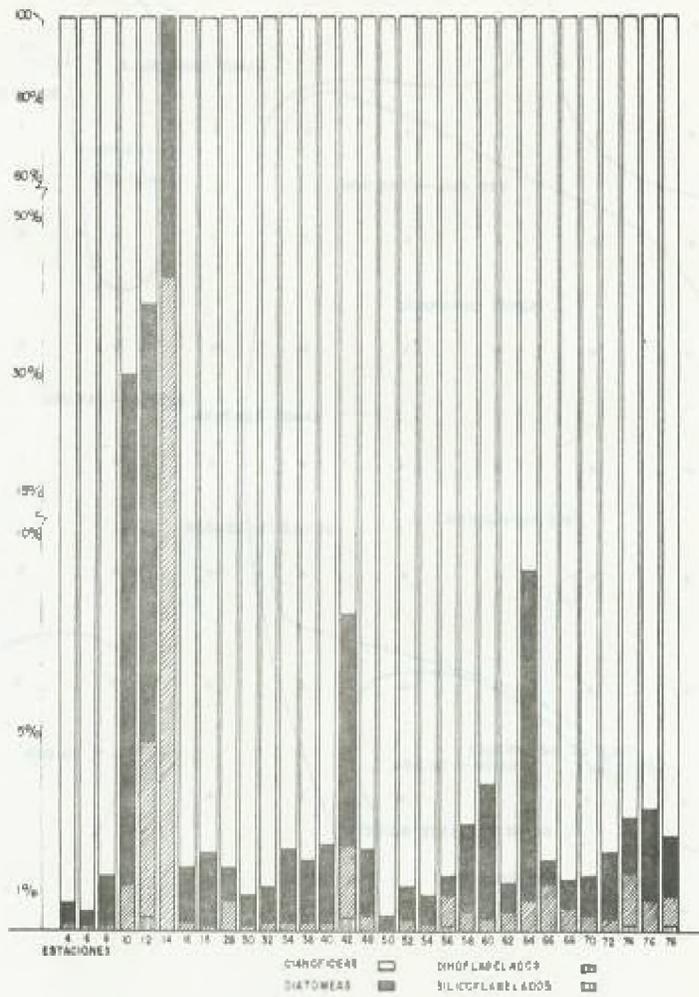


FIGURA 6. COMPOSICION DEL FITOPLANCTON EXPRESADO COMO PORCENTAJE DEL TOTAL DE CELULAS EN CADA ESTACION. CRUCERO OCEANO VI - JUNIO 1983.

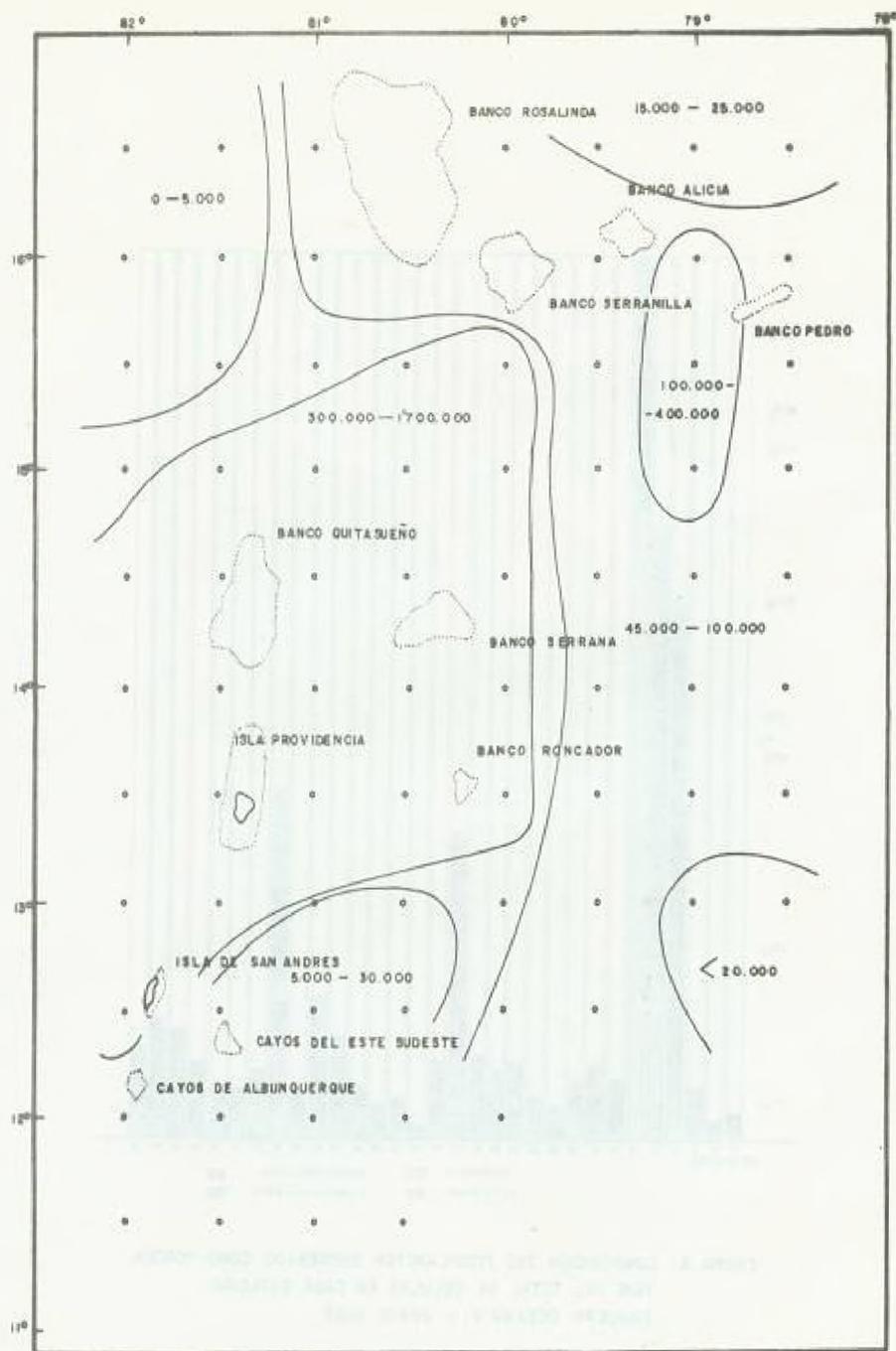


FIGURA 2. DISTRIBUCION SUPERFICIAL ABUNDANCIA TOTAL DE CIANOFICEAS (cels/m<sup>3</sup>). CADA COLONIA TIENE APROXIMADAMENTE 20.000 CELULAS CRUCERO OCEANO VI - JUNIO 1983.

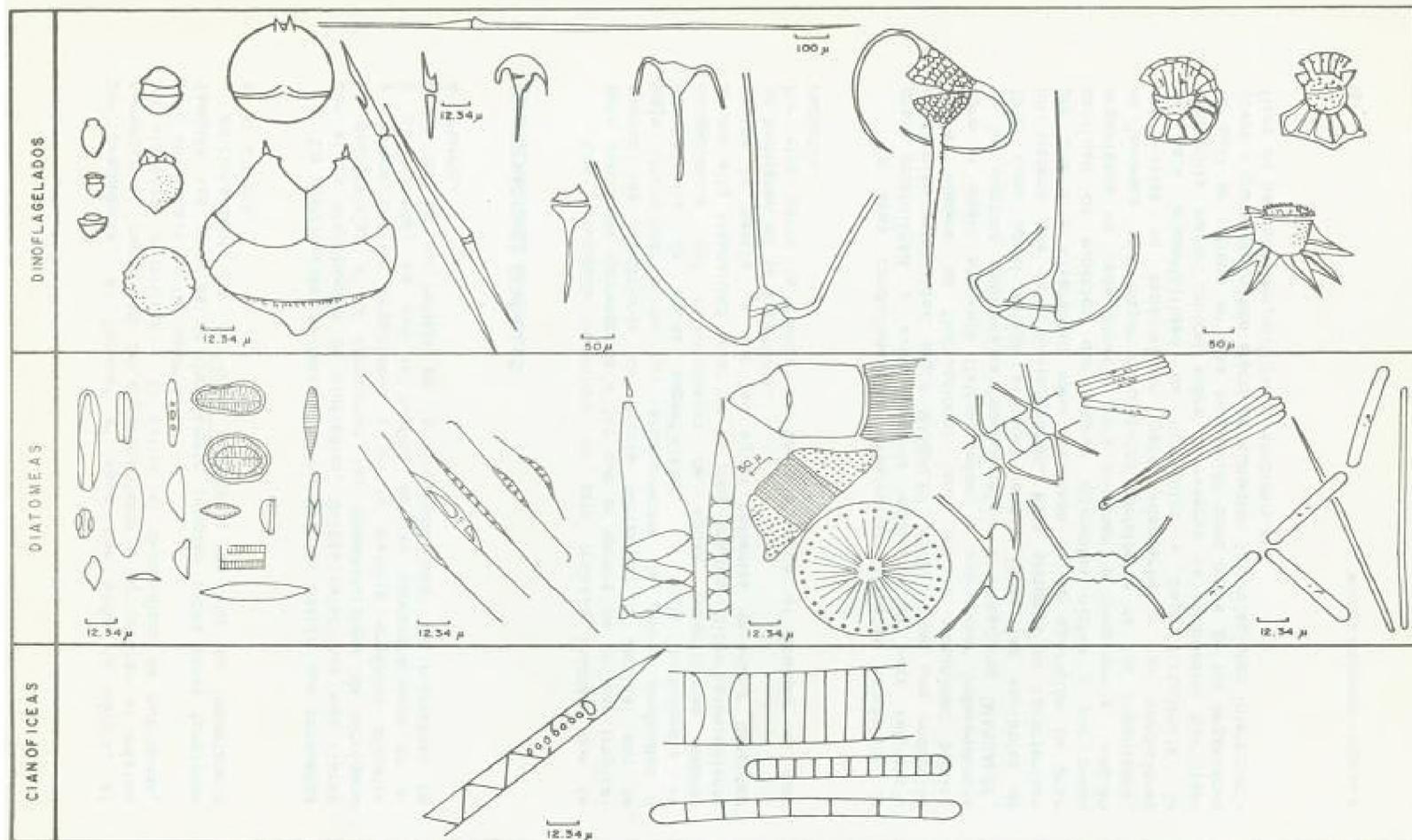


FIGURA 8. FORMAS CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES FITOPLANCTONICAS EN EL SISTEMA PELAGICO DE PROVIDENCIA Y STA. CATALINA QUE REFLEJAN LA ADAPTACION A LAS CONDICIONES DE ESTRATIFICACION Y BAJO CONTENIDO DE NUTRIENTES.

por predadores, d) Renovar el agua que baña la célula, e) Aumentar la capacidad de almacenamiento o aprovechar al máximo los elementos nutritivos y f) Evitar el desperdicio de nutrientes, como en el caso de las colonias.

También las colonias de *Oscillatoria* cumplen todas estas funciones y adicionalmente la de fijar nitrógeno; de allí su importancia en el sistema.

La distribución de formas no muestra un patrón que concuerde con el de distribución de nutrientes. Quizás relaciones más claras se descubrirían si se conocieran las concentraciones de nitrógeno y fósforo en los organismos y en la materia orgánica disuelta y particulada, ya que la medida de las concentraciones en el medio no es un reflejo de la provisión total de nutrientes en el sistema.

#### CONSIDERACIONES GENERALES

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que la zona estudiada corresponde a los que se espera de un mar tropical cuando las condiciones de mezcla horizontal y vertical son de baja intensidad y no hay afloramientos de aguas profundas o hundimientos de aguas superficiales. La baja turbulencia es consecuencia del calentamiento de aguas superficiales debido a una alta intensidad solar en la zona tropical; dicho calentamiento impide la mezcla ya que las aguas calientes de menor densidad se mantienen en la superficie. Por otra parte la fuerza de Coriolis cerca al Ecuador es muy reducida.

En esas condiciones se desarrollan sistemas ecológicos de gran estabilidad y evolutivamente maduros. Se hace referencia al término estabilidad según MARGALEF (1978), como una reducción en el número de fluctuaciones tanto en la comunidad biótica como el medio ambiente físico-químico, y una mayor independencia de los cambios ambientales impredecibles. Y a madurez (MARGALEF, 1978) como aquel estado al que tienden todas las variables de un sistema que está evolucionando. Esos sistemas se caracterizan por una alta diversidad como resultado de la aparición de gran cantidad de especies que ocupan diferentes nichos y por pocos organismos de cada especie para eliminar la competencia; también se favorece una mayor complejidad morfológica de los organismos, los cuales se especializan para adaptarse a las condiciones de baja disponibilidad de nutrientes y baja turbulencia. Se desarrolla mayor control sobre la reserva de compuestos nutritivos la cual se retiene en alta proporción como parte de los organismos vivos y para ese mismo efecto se aumentan las relaciones interespecíficas de parasitismo, epifitismo, simbiosis, etc.

Los perfiles de temperatura de los 100m superficiales elaborados para esta zona revelan, en la mayoría de los casos, un ambiente marino en el que los vientos tienen influencia sobre los 30-40m superficiales únicamente, siendo ésta la capa de mezcla. En otros casos la temperatura disminuye uniformemente desde la superficie, lo que supone que la componente vertical del movimiento del agua es mínima. Sólo en dos estaciones parece haber hundimiento de aguas superficiales encontrándose temperaturas de 27°C a 100m de profundidad. En general se puede hablar entonces de aguas con un alto grado de estratificación lo cual significa que existen varias capas de agua que no se mezclan y por lo tanto presentan condiciones muy diferentes. Los elementos nutritivos que se pierden hacia el fondo en forma orgánica y los que están atrapados en el sedimento no tienen forma de retornar a la zona donde la luz está disponible para el proceso fotosintético de los organismos productores, a menos que exista un fenómeno de afloramiento. Efectivamente, las concentraciones de fósforo y nitrógeno encontradas son bajas y en muchos casos están por debajo de los límites detectables. Esto puede atribuirse a que los nutrientes se encuentran formando parte de la biomasa y en algunos casos, cuando el plancton es muy escaso, porque no existen ni en los organismos ni en el medio. En aquellas zonas en que la población fitoplanctónica es relativamente abundante se encuentran altas concentraciones que son el resultado de la actividad de los organismos y quizá de efectos de masa de isla; no debe descartarse un efecto de concentración del plancton por efecto de remolinos ("eddies").

Esas condiciones de estratificación y pobreza de nutrientes en el medio, no resultan en una ausencia total de fitoplancton o en una productividad nula. La productividad de la zona es baja si se hace referencia a ella desde el punto de vista de la explotación humana, es decir que su capacidad para mantener una población animal densa es muy baja (BALECH, 1977). Pero si se analiza el fitoplancton se ve que se han desarrollado comunidades adaptadas fisiológica y morfológicamente a la baja disponibilidad de nutrientes. La densidad de organismos no es alta como en zonas más productivas, pero es capaz de soportar cierta población de consumidores. Es así como se encuentra una población fitoplanctónica con un claro patrón de composición en el que las cianofíceas del género *Oscillatoria* (=Trichodesmium), fijadoras de nitrógeno atmosférico, son el elemento dominante y están acompañadas por un pequeño número pero gran variedad de especies de dinoflagelados y un número de diatomeas pertenecientes a algunos pocos géneros adaptados a las condiciones ya mencionadas; las cianofíceas juegan un papel muy importante dentro del sistema (Figura 9). Teniendo en cuenta las concentraciones de nutrientes en el medio, tanto el fósforo inorgánico como el nitrato y el amonio en la mayoría de las ocasiones, no están disponibles para *Oscillatoria*. Este organismo utiliza entonces compuestos orgánicos del fósforo, gracias a una fosfatasa alcalina que posee (YENTSCH et al, 1972 en CARPENTER, 1983), y nitrógeno molecular que fija de la atmósfera y parte del cual libera al medio; a

este proceso probablemente contribuye algunas cianofíceas que viven epifitas sobre Sargassum flotante. El nitrógeno fijado como nitritos, nitratos y amonio sirve para soportar poblaciones de otros organismos del fitoplancton, dinoflagelados y diatomeas principalmente, que a su vez sirven de alimento al zooplancton.

Tanto el fitoplancton en su totalidad como el zooplancton, la fauna y la flora asociadas al Sargassum y el Sargassum mismo, así como otros materiales orgánicos aportados por las corrientes, se constituyen en una fuente importante de fósforo orgánico que mantiene, a su vez, a la población de Oscillatoria. Los excrementos del zooplancton son además fuente de amonio y úrea que también pueden ser tomada directamente por organismos del fitoplancton (OWENS y ESAIAS, 1976).

Muy importante en la comunidad fitoplanctónica es la función de las colonias de Oscillatoria como microsubstrato proporcionando nichos para gran diversidad de organismos y acortando las relaciones tróficas entre ellos.

La importancia y el significado ecológico de los dinoflagelados dentro del sistema se manifiesta en el desarrollo de numerosas formas que se adaptan a condiciones muy afines entre sí, para segregarse todos los nichos posibles. Así, presentan variedad de estrategias adaptativas a las condiciones del medio como en las numerosas especies congénéricas de Ceratium, Ornithocercus, Ceratocorys, Pyrocistys, etc., las cuales presentan formas complejas resultado de un largo proceso de evolución en condiciones estables de baja turbulencia. En la cadena de utilización de nutrientes los dinoflagelados ocupan un lugar por debajo de las cianofíceas, ya que necesitan los compuestos nitrogenados que éstas liberan. Debido a la complejidad de sus formas difícilmente sirven de alimento a filtradores.

Las diatomeas son menos abundantes en biomasa que los dinoflagelados, a pesar de que en porcentaje numérico son aproximadamente iguales. Su presencia en el sistema está dada por pocas especies con adaptaciones morfológicas similares a las de los dinoflagelados, con los cuales de otro modo no pueden competir en condiciones de baja turbulencia, cuando las poblaciones son sometidas a explotación por la sedimentación.

El patrón de composición cianofíceas- dinoflagelados- diatomeas se rompe en muy pocas ocasiones cuando las cianofíceas están casi o totalmente ausentes. Esto ocurre en las estaciones al extremo noroccidental del área (Est. 10-12-14) en una zona de muy poca profundidad; en ese caso, la abundancia de dinoflagelados y diatomeas no aumenta significativamente; más que un fuerte cambio en la composición, se evidencia algún efecto local de viento o corrientes que causan divergencias locales sin alcanzar

a afloramientos, esto dispensa al fitoplancton. Ese efecto no es fuerte, como se evidencia en las bajas concentraciones de nutrientes, los cuales son, a su vez, otra causa probable de la escasez de fitoplancton.

Dentro del patrón general de composición de fitoplancton se encuentran diferencias muy marcadas de un lugar a otro debido a la segregación de la comunidad de dinoflagelados. Aparte del sentido evolutivo y adaptativo cada zona presenta su población diferente de dinoflagelados probablemente no por que exista algún patrón especial en la físico-química del agua que produzca esa segregación, sino por que no existe ninguna fuerza que las mezcle y homogenice.

Es importante destacar la dominancia de *Dicillatoria thiebautii* sobre las demás especies de este género. Como ya se ha dicho una alta diversidad es característica de los sistemas maduros. Un cálculo de la diversidad en los dinoflagelados daría un valor bastante alto; pero si se introdujeran las cianofíceas ese valor se disminuiría en alto grado. MARGALEF (1978) aclara que la diversidad en un nivel determinado, por ejemplo el fitoplancton, es un reflejo de la diversidad del ecosistema; pero no ocurre lo mismo con los diferentes grupos del fitoplancton que están muy especializados en diferentes direcciones como para que sus diversidades sean buenos indicadores de la diversidad total. La baja diversidad si se incluyen las cianofíceas es coherente con el esquema de dependencia del sistema respecto a la fijación de nitrógeno, que hace de las cianofíceas el eslabón crítico contra el factor limitante principal. Asimismo, la menor diversidad estaría indicando un grado de evolución menor en el sistema que se vería imposibilitado de alcanzar una total madurez debido al "stress" generado por la escasez de nitrógeno.

En cuanto a los coccolitofóridos que constituyen una importante fracción de la biomasa en algunos mares y más en condiciones de altas concentraciones de nutrientes, fueron muy escasos en el área estudiada. No se profundizó sobre su importancia y significado ecológico por no tener certeza de si su ausencia es debida a las bajas concentraciones de nutrientes o al efecto de selección efectuado por la red de muestreo.

En los análisis que se hicieron en este trabajo se establecieron ciertas diferencias en cuanto a la distribución de los parámetros físico-químicos y los organismos de los diferentes grupos taxonómicos, pero debido a la heterogeneidad de la zona no fue posible evidenciar una coincidencia clara entre ellos como para afirmar que la ausencia de cianofíceas se relacione con una temperatura, salinidad o concentración de nutrientes determinada, o que una mayor abundancia de formas con largas prolongaciones correspondiera a una menor disponibilidad de nutrientes; lo que sí se evidenció

fue la homogeneidad de la zona en cuanto a cianofíceas y heterogeneidad en cuanto a dinoflagelados y parámetros físico-químicos, si bien los rangos de variación son estrechos. Es posible que con un método diferente de muestreo y al establecer correlaciones matemáticas entre la abundancia de organismos y los factores físico-químicos se puedan determinar patrones más exactos de distribución y esclarecer las relaciones entre las diferentes variables.

Un entendimiento y conocimiento más aproximado del sistema correspondiente al área del Caribe descrita se logrará con estudios más detallados entre los que se incluyen los tres crucesos posteriores a éste, ya realizados y sobre los cuales se está trabajando. Asimismo, en publicaciones posteriores se tratará de dilucidar más algunos aspectos aquí bosquejados a través de análisis detallados de la información obtenida.

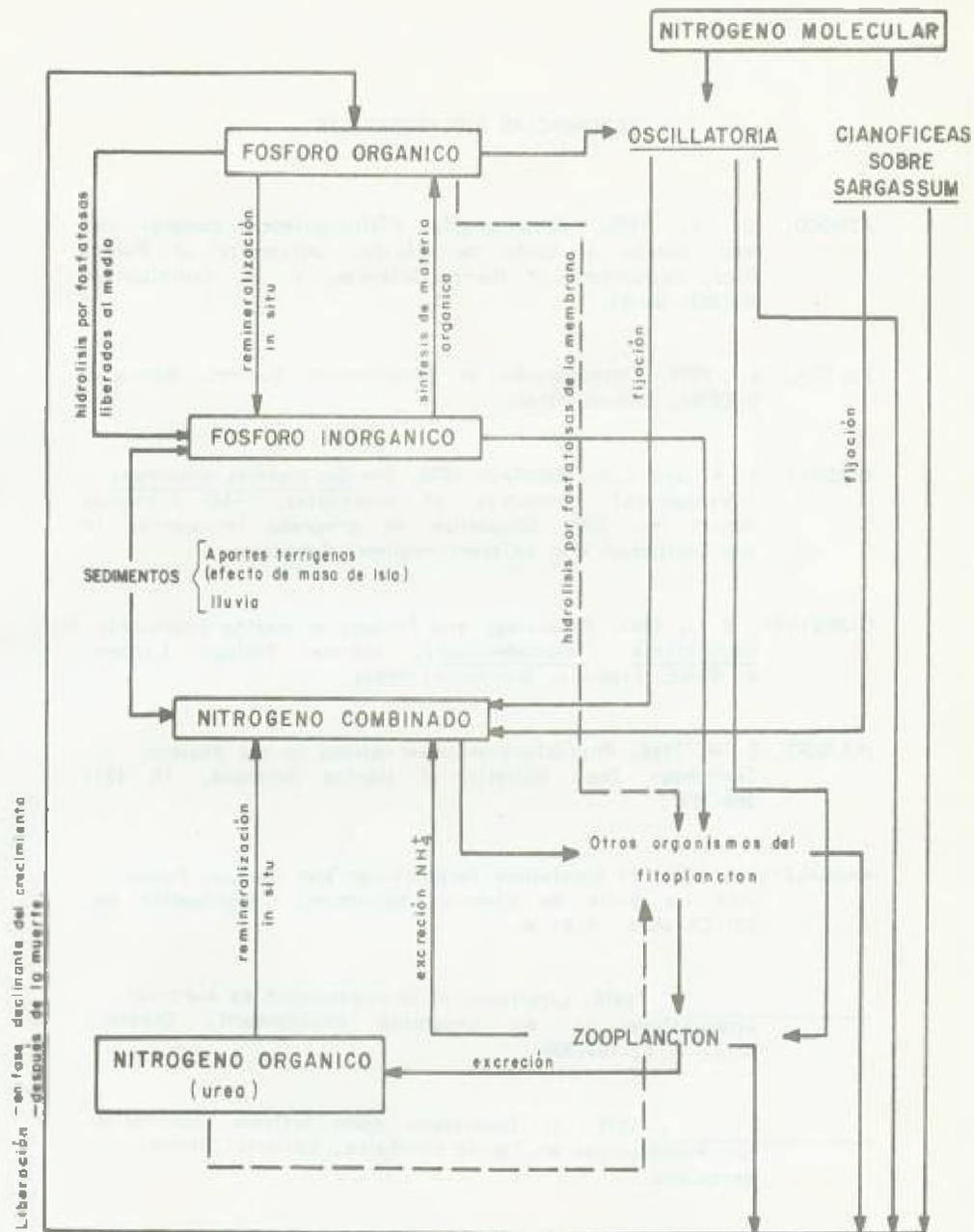


FIGURA 9. FLUJO PROBABLE DE NITROGENO Y FOSFORO EN LA ZONA FOTICA. CRUCERO OCEANO VI - JUNIO 1983.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ATWOOD, D. K. 1976. Oceanografía Física-química general del Mar Caribe y Golfo de México. University of Puerto Rico, Department of Marine Sciences, V. 14, Contribution No. 242: 55-83.
- BALECH, E. 1977. Introducción al Fitoplancton Marino. Manuales EUDEBA, Buenos Aires.
- BORSTAD, G. A. and L. E. BORSTAD. 1976. The *Oscillatoria erythroa* (Cyanophyta) community of associates. FAO Fisheries Report No. 200, Symposium on progress in marine in the Caribbean and adjacent regions, Caracas.
- CARPENTER, E. J. 1983. Physiology and Ecology of marine planktonic *Oscillatoria* (Trichodesmium). Marine Biology Letters, 4: 69-85. Elsevier Biomedical Press.
- HULBERT, E. M. 1968. Phytoplankton observations in the Western Caribbean Sea. Bulletin of Marine Sciences, 18 (2): 388-399.
- MARGALEF, R. 1969. El Ecosistema Pelágico del Mar Caribe. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Contribución No. 32. Caracas, P.P. 36.
- \_\_\_\_\_. 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. Oceanol. Acta, 1, 4, 493-509.
- \_\_\_\_\_. 1978. El Ecosistema como Sistema Cibernetico. En: Perspectivas en Teoría Ecológica. Editorial Blume. Barcelona.
- OWENS, O. H. and W. E. ISAIAS. 1976. Physiological responses of phytoplankton to major environmental factors. Ann. Rev. Physiol., 27 : 461-83.

- PERLROTH, I. 1971. Distribution of mass in the near surface waters of the Caribbean. P.P. 147-152. In UNESCO (ed.) Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea and adjacent regions. Paris. 545 pp.
- VOLLENWEIDER, R. A. (ed.) 1969. A manual on methods for measuring Primary Production in aquatic environments. IBP Handbook No. 12.

TABLA I.

Listado taxonómico preliminar de cianofíceas y dinoflagelados colectados durante el Crucero OCEANO VI en el Archipiélago de San Andrés y Providencia.

CYANOFICEAS

Oscillatoria (=Trichodesmium) hildebrandtii

O. hildebrandtii (2 formas)

O. contorta

Richella intracellularis

DINOFLAGELADOS

Amphisolenia bispinosa Kofoid

Ceratium belone Cleve

C. bobemii

C. candelastrum (Ehr.) Stein

C. confortum (Gournet) Cleve (5 formas)

C. declinatum Karsten

C. euancusatum Jorg (2 formas)

C. extensum (Gournet) Cleve

C. falciforme Jorg

C. furca (Ehr.) Cleve & Lench

C. fusus (Ehr.) Dujardin (2 formas)

C. geniculatum (Lemm) Cleve

C. gibberum Gournet

C. hexacanthum Gournet

- C. inflatum (Kofoid) Jorg.
- C. macroceros (Ehr.) Cleve
- C. massiliense (Gourret) Jorg. (2 formas)
- C. pentagonum Gourret (3 formas)
- C. pulchellum Schoeder (3 formas)
- C. strictum (Kogimura y Nishikawa) Kofoid
- C. tenue Ostenfeld & Schmidt
- C. teres Kofoid
- C. tripos (A. F. Muller) Nitzsch (3 formas)
- C. vultur Cleve (5 formas)
- Ceratium sp. (3 formas no identificadas)
- Ceratocorys horrida Stein
- Cladopyxis sp.
- Dinophysis caudata Saville-Kent
- Dinophysis Schevetti Murray & Whitting
- Dinophysis sp.
- Dissodinium sp.
- Goniodoma polyedricum (Pouchet) Jorg.
- Goniaulax sp. 1
- Goniaulax sp. 2
- Ornithocercus magnificus Stein
- O. queadratus Schutt (2 formas)
- O. steini Schutt
- O. thurni (Schmidt) Kofoid & Skosberg
- Ornithocercus sp.
- Phalacroma doriphorum Stein
- P. rapa Stein

Podolampas bipes Stein

P. Spinifer Okamura

Protoperidinium elegans (Cleve) Balech

Protoperidinium spp. (23 especies o formas no identificadas)

Pyrocistys fusiformis Murray, Tizard et al.

P. noctiluca Murray, Tizard et al.

Pyrophacus sp.

Spiraulax sp.

Otros dinoflagelados (25 formas no identificadas)