

2271  
03065



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
UNIDAD DE LOS CICLOS PROFESIONAL Y DE POSGRADO  
PROYECTO ACADEMICO DE ESPECIALIZACION, MAESTRIA  
Y DOCTORADO EN CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGIA

HIDROLOGIA Y NUTRIENTES EN LA LAGUNA  
BOJORQUEZ, CANCUN, Q. ROO

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRIA EN CIENCIAS DEL MAR  
(ESPECIALIDAD OCEANOGRAFIA QUIMICA)

P R E S E N T A  
ARACELI GONZALEZ LOPEZ

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1989



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

RESUMEN .....	1
I. INTRODUCCION .....	1
I.1. Antecedentes .....	4
I.2. Planteamiento del Estudio .....	4
I.2.1. Objetivos .....	5
II. AREA DE ESTUDIO .....	7
II.1 Sistema Lagunar Nichupté .....	7
II.2 Laguna Bojorquez .....	10
III. METODOLOGIA .....	13
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	
IV.1. Presentación y Tratamiento de los datos .....	20
IV.2. Hidrologia	
IV.2.1. Variaciones temporales .....	25
IV.2.2. Variaciones espaciales .....	30
IV.2.3. Mezcla vertical .....	30
IV.2.4. Mezcla horizontal .....	33
IV.3. Intercambio de agua entre LB y SLN .....	38
IV.3.1. Tiempo de residencia del agua en LB ....	41
IV.4. Oxigeno y Nutrientes	
IV.4.1. Variación estacional .....	45
IV.4.2. Distribución horizontal .....	52
IV.4.3. Variaciones diarias .....	60
IV.3.1. Elemento limitante y Regeneración.	67
IV.5. Sedimentos .....	76
IV.5.1. Nutrientes .....	81
IV.6. Consideraciones Globales .....	84
V. CONCLUSIONES .....	87
LITERATURA CITADA .....	89
ANEXO .....	97

## RESUMEN

En la Laguna Bojórquez, un sistema cada vez mas afectado por el establecimiento del complejo turístico de Cancún, se llevó a cabo un estudio hidrológico y químico en que se analizaron los parámetros de salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y nutrientes, registrándolos periódicamente entre mayo de 1985 y octubre de 1986. La laguna presentó homogeneidad espacial en salinidad y temperatura. El viento y la inestabilidad termica vertical a escala diaria se identificaron como los principales procesos generadores de mezcla interna. La variación anual de la salinidad resultó fuertemente afectada por la precipitación pluvial y la evaporación, al no existir aporte de rios ni intercambio efectivo de agua entre esta laguna con las adyacentes. Esto permitió establecer un modelo sencillo que explica el 84% de los cambios de salinidad en función de estas variables meteorológicas. A partir de este modelo, se estimó un tiempo de residencia de 4.7 años para el periodo 1985-1986, que fue anormalmente seco. Usando la estadística meteorológica disponible, se calculó el tiempo de residencia medio en 2.9 años. A diferencia de los parámetros hidrológicos, el oxígeno disuelto y los nutrientes no se distribuyeron homogéneamente, indicando la importancia de los procesos biológicos y químicos a escala local. Sus distribuciones y las variaciones diarias observadas en esos parámetros mostraron diferencias en las distintas zonas de la laguna, atribuibles al tipo de comunidad presente en cada una de ellas. En particular, las áreas dragadas mostraron un comportamiento marcadamente distinto al resto de la laguna. Se identificó al Nitrógeno como elemento biolimitante. El gran contenido de materia orgánica en el sedimento, aunado al elevado potencial regenerador de nutrientes de este reservorio hacia la columna de agua, junto con otras evidencias, indican un proceso de eutroficación que se ve favorecido por el tiempo de residencia del agua en el sistema. Se proponen algunas medidas para detener este proceso.

## 1. INTRODUCCION

La zona costera es un amplio espacio de interacciones entre el mar, la tierra y la atmosfera, que permite se tengan numerosos ambientes y una amplia variedad de biota, principales razones por las que presenta una gran diversidad de recursos, susceptibles de ser utilizados por el hombre.

El estudio de la zona costera reviste un especial interes para Mexico, considerando que cuenta con 10,000 km de litorales (Contreras, 1985). Asi, el gobierno mexicano ha empezado a promover su utilizacion. En las ultimas decadas, (Tabla I.1) la pesca, la extraccion del petroleo y el turismo, han incrementado su importancia economica para el pais (Merino, 1987a).

Sin embargo, las actividades y acciones humanas desarrolladas en la zona costera no siempre se realizan de una manera planificada. Con frecuencia se llevan a cabo sin antes examinar los diversos procesos que estan interactuando, provocandose consecuentemente efectos negativos.

Por ello, se debe partir de un conocimiento general de los procesos que tienen lugar en dicha zona, para establecer los lineamientos y criterios que permitan su explotacion racional y de esa manera poder ejercer un control adecuado en su utilizacion, para lograr un desarrollo armonico entre la conservacion del ambiente y el uso de la zona costera.

TABLA I.1 VALOR RELATIVO DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES Y RECURSOS EN LA ZONA COSTERA MEXICANA

Actividad	Produccion o Medida	Valor Economico	Divisas	Inversion
Extracciones petroleras	1,083 millones de barriles	27,000	15,143	4,749
Produccion pesquera	1.36 millones de toneladas de pescado	1,362	496	142
Actividades turisticas	4.7 millones de turistas extranjeros	1,625	1,624	112

Valores en millones de dolares U.S.

Tomado de: Merino, M. (1997) The Coastal Zone of Mexico

El sector turismo, como una de las actividades productivas, ha recibido un fuerte impulso en los últimos años. Desde el punto de vista oficial se le define como básico para la economía nacional al ser generador de divisas y empleos (García, 1979), por lo que ha contado con un gran apoyo (Plan Nacional de Desarrollo, 1989). En 1982, el 93% de la inversión federal en este renglón fue canalizada a complejos ubicados en la zona costera, estableciéndose importantes centros vacacionales, entre los que se pueden mencionar los de Baja California y Quintana Roo (Merino, 1987a).

Teniendo en cuenta que del 30 al 35% de las costas mexicanas está constituido por lagunas (Contreras, 1985), debe destacarse la importancia de estos cuerpos de agua tanto por sus valores ecológicos como, desde un punto de vista turístico, por sus características estéticas y su carácter de aguas protegidas, siendo evidente su elevado potencial de explotación.

Es difícil definir satisfactoriamente estos cuerpos de agua por la multitud de aguas marinas someras relativamente protegidas que existen a lo largo de las costas (Mee, 1978). Lankford (1977) las considera como una depresión de la zona costera por debajo del nivel medio más alto del agua, con una comunicación efímera o permanente con el mar, pero protegidas de éste por algún tipo de barrera. Son zonas de transición del litoral entre el mar y la tierra firme, que obedecen a la acción de complejas leyes físicas por sus condiciones hidrodinámicas particulares (UNESCO, 1980). Los procesos físicos que determinan la conducta hidrológica de las lagunas son principalmente el balance precipitación- evaporación (Zimmerman, 1981), las mareas, el sistema de oleaje, el viento, la circulación termohalina, los procesos de mezcla, el intercambio y transporte del material suspendido (Groen, 1969).

La formación de las lagunas costeras se debe fundamentalmente al cambio relativo en el nivel del mar por emergencia o sumergencia costera (Emery y Stevenson, 1957). En términos geológicos, las lagunas son ambientes altamente inestables, sujetos a procesos de sedimentación y erosión, que pueden mostrar cambios continuos en su estructura, sobre todo en regiones tropicales y árticas (Mee, 1978).

Las lagunas costeras, en condiciones naturales, están afectadas tanto por procesos marinos como continentales y se encuentran en un delicado balance, que puede ser roto fácilmente por alguna tensión adicional (Mee, 1978); de ahí la necesidad de planificar cuidadosamente cualquier actividad humana que se lleve a cabo en esos sistemas.

Un ejemplo de la limitada perspectiva en los métodos corrientes de planificación se presenta en Cancún, en el estado de Q. Roo, que está sujeto a una intensa explotación,

sin considerar el efecto sobre los ecosistemas, teniendo como unica meta establecer un complejo turistico de primer orden. En el año de 1971 se promovió la creación de Cancún, contando con fuertes inversiones por parte del sector publico y privado, de un orden superior a los 500 millones de dolares tan solo hasta 1982 (FONATUR, 1980,1982).

Este desarrollo turistico se implementó en una zona practicamente despoblada, sobre una angosta lengüeta de tierra: Isla Cancun (Garcia, 1979). Ubicada entre el Mar Caribe y el Sistema Lagunar Nichupté, Cancún permite un fácil acceso por ambos lados a aguas de gran transparencia, donde se desarrollan deportes acuáticos y diversas actividades recreativas. Por otro lado, los atractivos naturales de la región (extensos litorales donde se encuentran las aguas mas claras de los mares mexicanos y playas de arenas blancas, numerosos arrecifes de coral, y selva tropical), zonas arqueológicas de interés, su ubicación y su clima la hacen idónea para el desarrollo turistico (FONATUR 1980,1982).

Actualmente el sistema lagunar muestra diversas alteraciones, presumiblemente como resultado del impacto humano ocasionado por el intenso desarrollo urbano y la explotación turistica que han tenido lugar en los últimos años.

Entre los principales impactos a que ha estado sujeta la Laguna Bojórquez en particular y su entorno, destacan el dragado de unas zonas y relleno de otras; su utilización como contenedor de diversos residuos; la descarga clandestina de aguas de desecho urbanas y de las de la planta de tratamiento de aguas negras, y la destrucción de la vegetación litoral (Merino y Gallegos, 1986). En este cuerpo de agua se han observado modificaciones evidentes, que se manifiestan en especial en el cambio de la biota originalmente presente y en la calidad del agua lagunar. Estas alteraciones se consideran negativas y se pueden resumir en las características mas conspicuas: sustitución de pastos por algas y fitoplancton, proliferación de medusas, turbidez de la columna de agua y acumulación de materia orgánica en el sedimento. En la sección de área de estudio se discuten con mas detalle los impactos antropogénicos.

Por lo anterior, surgió la necesidad de efectuar estudios que al considerar las características biológicas, fisiográficas y geohidrológicas de este sistema, permitieran establecer las bases para evitar mayores alteraciones y lograr un manejo adecuado, especificamente de la Laguna Bojórquez, alrededor de la cual se ha establecido hasta la fecha la mayoría de las facilidades turísticas de Cancún.

## I.1 ANTECEDENTES

Al planearse la creación de un complejo turístico en Cancún, se consideró la necesidad de efectuar algunos estudios preliminares en el área, por la poca información disponible y la escasez de estudios anteriores, limitados casi exclusivamente a aspectos geológicos en la zona, como los de Butterlin y Bonett (1960), y Folk (1967).

Al inicio del desarrollo de Cancún en el año de 1971, la compañía Consultoría en Ingeniería Fluviomarítima, S.A. detalló un informe sobre el oleaje teórico incidente (CIFSA, 1971); el Instituto de Ingeniería (UNAM, 1971) desarrolló un modelo físico para estudiar el mecanismo de transporte litoral; el Instituto de Biología (Jordán et al., 1972) realizó un estudio ecológico de prospección.

Desafortunadamente, todos esos estudios se efectuaron durante un periodo menor a 1 año y en ocasiones de solo un mes, realizándose de manera independiente unos de otros, sin llegar a integrarse dentro de un contexto global para sintetizar los resultados obtenidos. Su importancia radica en que son la única referencia con que se cuenta del estado original del sistema lagunar antes del desarrollo turístico en la zona.

Más de una década después, ya establecida la infraestructura básica de Cancún, se llevaron a cabo otros estudios específicos en el área. El Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM realizó investigaciones durante un periodo anual (1982-1983) y elaboró un informe general sobre la hidrología del Sistema Lagunar Nichupte incluyendo todas las cuencas en el estudio (Jordan et al., 1983). En base a esos datos fue posible establecer el régimen hidrológico del sistema (Merino et al., en prensa).

Posteriormente, al ser notorio que se estaban presentando alteraciones indeseables en el Sistema Lagunar Nichupte, se realizaron estudios de impacto ambiental, enfocados particularmente a la Laguna Bojórquez. Entre ellos, caben mencionarse el de García-Krasovski (1984) y Merino y Gallegos (1986). Dentro del proyecto global de impacto ambiental en que se desarrolló este trabajo, se llevó a cabo un estudio de productividad primaria (Reyes, 1988).

## I.2 PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

De la información disponible y de un reconocimiento del área, es evidente que se ha dado un cambio notable en las condiciones generales de la Laguna Bojórquez respecto al

resto del sistema lagunar. En esta laguna se ha alterado el equilibrio del ecosistema, afectando negativamente al aspecto estético, lo cual limita su utilización con fines recreativos, principal actividad a la que se destina.

Para buscar una solución al problema, el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM llevó a cabo el proyecto IMALBO : "Evaluación del Impacto Ambiental de la Laguna de Bojórquez, Cancún, Q Roo", en el año de 1985, para identificar las alteraciones ecológicas que han tenido lugar en esta laguna y elaborar un plan de regeneración (Merino, M., 1987b). En este estudio, se consideró al resto del Sistema Lagunar Nichupté (Nichupté) como una zona de referencia aún no impactada, tomando en cuenta que sus características actuales son similares a las que anteriormente presentaba Bojórquez.

Para una investigación de este tipo, se requiere un enfoque interdisciplinario del problema. Integrados a este proyecto, se han realizado algunos estudios complementarios (Merino y Gallegos, 1986; González, J. 1986; Serviere, 1986 ; Cúlhuac, 1987; Reyes, 1988 ; Collado et al., 1988; Collado, 1989).

En los trabajos de Merino y Gallegos (1986) y Reyes (1988) se aportan evidencias de eutroficación de Bojórquez, y se sugiere que ésta puede estar relacionada con un bajo intercambio de agua de esta laguna con el resto del sistema lagunar y menos aún con el mar. También concluyen que las comunidades originales contribuyen a mantener las características que le dan estabilidad ecológica y valores estéticos a la laguna. Collado et al. (1988) sugieren que la abundancia de medusas se debe a la gran cantidad de material detrítico disuelto y suspendido en Bojórquez. González (1986), Serviere (1986) y Collado (1989) hacen un estudio ficológico de las algas con un listado de especies por ambiente.

Dentro del proyecto IMALBO, este trabajo corresponde a los aspectos de hidrología y nutrientes. Se buscó establecer el régimen hidrológico de la laguna y estimar la magnitud del intercambio de agua entre Bojórquez y las cuencas adyacentes. Adicionalmente, obtener datos que permitan aportar información para identificar un posible proceso de eutroficación y una evolución potencial de este sistema.

### I.2.1 Objetivos

La etapa inicial de un estudio debe ser generar un paquete de información básica que permita planificar futuras investigaciones. Un primer paso consiste en establecer el régimen hidrológico del cuerpo de agua, analizando las variaciones en espacio y tiempo de los principales

parámetros. El contar con un marco ambiental de referencia proporciona información acerca de la magnitud e importancia relativa de algunos procesos (intercambio de masas de agua, mezcla y circulación, entre otros). Para ello, se planteó:

i. Describir el régimen hidrológico de la laguna a lo largo de un ciclo anual, identificando los principales procesos que lo controlan.

ii. Estimar el intercambio de agua entre Bojórquez y el Sistema Lagunar Nichupté, estableciendo el tiempo de residencia del agua en la laguna.

Por otra parte, obtener información sobre la concentración de nutrientes de importancia biológica (nitrogeno, fósforo y silicio), es fundamental en el estudio de un cuerpo lagunar que muestra cierto grado de eutroficación, que se sospecha inducida y/o favorecida antropogénicamente. Además, debe considerarse la interfase agua-sedimento por el papel que desempeña el compartimento sedimentario en cuerpos de agua someros como uno de los principales reservorios de nutrientes, y como sitio activo para la oxidación de materia orgánica y de regeneración de nutrientes (Pomeroy *et al.*, 1965; Mee, 1978; Billen, 1978). En estos puntos, se plantearon los objetivos:

iii. Hacer una primera estimación de la importancia relativa de la columna de agua y del sedimento como reservorios de nutrientes.

iv. Establecer las principales diferencias hidrológicas y químicas de Bojórquez respecto a otras zonas no alteradas de Nichupté.

## II. AREA DE ESTUDIO

El Sistema Lagunar Nichupté (fig. II.1) está situado en la región tropical, en el margen nor-oriental de la Península de Yucatán, estado de Quintana Roo (Sria. de Marina, 1982).

Según la clasificación de Garcia (1964) pertenece climáticamente al Awl(x')(i')g; grupo de los climas más cálidos con temperatura media superior a los 22 °C, poca oscilación térmica y el clima más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano e invierno; y una precipitación media anual de 1123 mm (Merino y Otero, en prensa).

La mayor parte del año, la península está bajo la influencia de las masas de aire marítimo tropical. La costa de Quintana Roo se encuentra en la trayectoria de los huracanes o ciclones tropicales que se forman en el Atlántico y luego penetran al Mar Caribe, siendo septiembre el mes de mayor ocurrencia de ciclones en el área (Sria. de Marina, 1978). Los vientos alisios dominan entre febrero y julio; de junio a octubre es la temporada de huracanes y de noviembre a enero se presentan los "nortes", vientos con componente N-NE (Escobar, 1981 ; Merino y Otero, en prensa).

La geohidrología de la Península de Yucatán presenta características especiales. La fácil disolución de las formaciones carbonatadas ocasiona una gran permeabilidad y provoca que el agua de lluvia se infiltre rápidamente hacia el subsuelo, sin dar lugar a que se formen corrientes superficiales, por lo que al sistema lagunar no llegan ríos. En cambio, se tiene un importante manto freático y las corrientes subterráneas disuelven en ocasiones a las calizas, dando lugar a los cenotes (López-Ramos, 1983; De Anda, 1988).

### II.1 SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ

Lankford (1976) clasifica geológicamente al Sistema Lagunar Nichupté en el tipo IV-B, producido por el crecimiento de barreras orgánicas (manglar) desarrolladas paralelas a la costa durante el Holoceno (Folk, 1967; Ward y Wilson, 1974). El sedimento lagunar es todo aragonítico, probablemente resultado de la desintegración de foraminíferos, codiáceas y algas rojas (Brady, 1974).

Este sistema está constituido por tres cuencas: Norte, Centro y Sur, y cuatro pequeñas lagunas, Bojórquez al NE, la Caleta del Mediterráneo al SE, Somosaya al O, Río Inglés al SO, las cuales se comunican con las cuencas principales por



canales estrechos. Su profundidad media es de 2 m, y tiene conexión con el Mar Caribe por medio de dos canales, el Nizuc y el Cancún, con profundidades de 3 y 4 m respectivamente. Dos bajos, el Norte y el de la Zeta, separan a las cuencas (Jordán et al., 1978 ; Merino et al., en prensa).

Las mareas en la región son de tipo mixto y de escasa amplitud, con rangos de 16-28 cm (Sria. de Marina, 1974; Grivel, 1981). Su efecto en el intercambio laguna-mar es reducido por la longitud y sinuosidad de los canales de entrada y el efecto de los bajos (Jordán et al., 1978).

Se ha sugerido que el intercambio de agua se establece principalmente a través del Canal Cancún, afectando a la parte norte de la cuenca con una circulación neta de sur a norte por la zona central (Jordán et al., 1983). La separación en cuencas y la presencia de un fondo lagunar de alta fricción provoca que el efecto del viento se reduzca considerablemente, excepto en condiciones extremas tales como tormentas tropicales y huracanes (UNAM, 1972; Jordán et al., 1978). Este Sistema, a diferencia de la mayoría de otros cuerpos lagunares del país, al no tener aportes fluviales carece de una importante fuerza motriz para el movimiento de las masas de agua. El agua dulce que recibe proviene de cenotes y de una planicie de inundación, que descargan principalmente en el margen occidental del sistema, generando un gradiente halino (Jordán et al., 1983; Merino et al., en prensa).

La biota está representada por varias poblaciones, enlistadas por Jordán et al. (1978): la laguna está bordeada en su margen interno por manglares y se caracteriza por tener una amplia cobertura de Thalassia testudinum, aunque también se encuentran los pastos Ruppia maritima y Syringodium filiforme. Son abundantes las algas epifitas de las fanerógamas marinas. Las especies de moluscos están representadas en 14 familias, 15 géneros y 15 especies que no se encuentran fuera de la laguna. Los peces están distribuidos en 15 familias, 17 generos y 27 especies, reflejando una alta diversidad.

## II.2 LAGUNA BOJORQUEZ

La Laguna Bojórquez, objeto central de este estudio, presenta diferencias respecto al resto del sistema lagunar. Bordeando a ésta, en el extremo NE de Nichupté, se ha dado el mas intenso desarrollo turistico de Cancún. Por su ubicación, esta laguna se encuentra en la parte mas aislada de la circulación general con relación al resto del sistema, situación que la hace mas sensible a la carga de impactos.

Bojórquez (fig. II.2) tiene una superficie de 2.46 km<sup>2</sup> y una profundidad media de 1.6 m. Se comunica con la Cuenca Norte por dos canales ubicados en su margen occidental (Canal Norte y Canal Sur) con profundidades medias de 1.5 y 1.8 m. respectivamente (García-Krasovski, 1984). En esta laguna, la amplitud mareal se reduce a una cuarta parte por efecto del paso de las mareas a través de los canales, en relación a las generadas en el mar (García-Krasovski, 1984). En el interior de la laguna, en sus extremos E y O se dragó cerca del 20% del fondo original, a una profundidad de 4 m, con el fin de permitir la navegación. En el extremo N-NE se localiza la parte mas somera, con una columna de agua de menos de 0.5 m.

El fondo original de sedimentos calcáreos se encuentra cubierto por una capa de varios centímetros de espesor, formada principalmente por materia orgánica (Merino y Gallegos, 1986). En las áreas dragadas, esta capa alcanza un espesor de cerca de 30 cm; en estas zonas aún no se observa la recolonización por macrofitas y solamente logran sobrevivir algas cianofitas.

La vegetación originalmente dominante, Thalassia testudinum, presenta agregados de algas que constituyen una importante biomasa vegetal (Serviere, 1986 ; Cúlhuac, 1987). Durante el desarrollo de este estudio fue frecuente observar algas desprenderse del fondo y arrancar consigo a los pastos, para quedar flotando en la superficie del agua formando natas de materia orgánica en descomposición. En particular durante la noche, se tiene un ocasional desprendimiento de olores fetidos.

Se han desarrollado de manera importante Ruppia maritima y Halodule wrightii (Cullusc, 1987). En las zonas dragadas la columna de agua adquiere un color verde intenso, sugiriendo la presencia de una importante población fitoplanctónica (Merino y Gallegos, 1986). Únicamente en el extremo sur de Bojórquez se conservan manglares, ya que el resto han sido talados para permitir la urbanización de la zona. Otra de las diferencias notorias en la Laguna Bojórquez es la proliferación de medusas del género Cassiopea, que no se observó en otras partes del sistema (Collado et al. 1988).

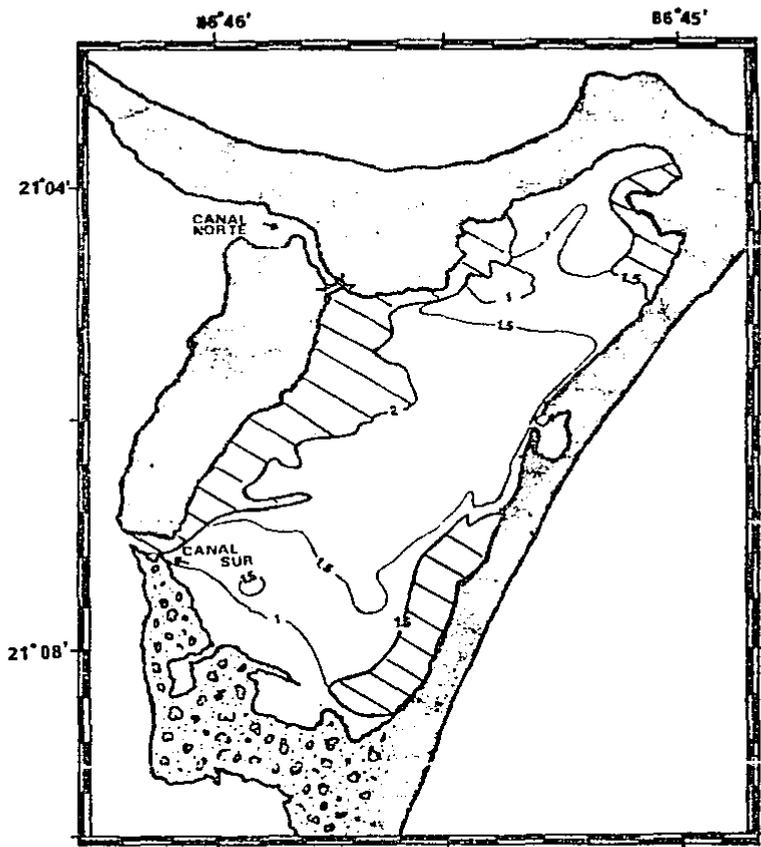


FIG. II.2 BATIMETRÍA DE LA LAGUNA BOJORQUEZ  
Tomado de Jordán et al., 1983)

Zona de manglar
  Zona hotelera y turística
  Dragados

El resto del Sistema Lagunar, a excepción de la Caleta del Mediterrané, aun no muestra señales de haber sufrido cambios significativos, pero es de esperarse que en un futuro no muy lejano pueda llegar a presentarlos por los crecientes requerimientos en la zona.

### III. METODOLOGIA

Se analizaron los parámetros de mayor significación desde el punto de vista hidrológico y químico: temperatura, salinidad, oxígeno y nutrientes (nitritos, nitratos, amonio, fosfatos y silicatos).

Este estudio tuvo una duración de 15 meses, de mayo de 1985 a octubre de 1986, realizándose un total de 10 muestreos hidrológicos en base a una red de 16 estaciones, con un periodo máximo entre muestreos de 89 días y mínimo de 33 días. Se llevaron a cabo en las siguientes fechas: 30 de mayo, 18 de julio, 24 de agosto, 20 de octubre y 9 de diciembre de 1985, y 6 de febrero, 22 de abril, 16 de julio, 18 de agosto y 11 de octubre de 1986, cada uno con una duración de alrededor de 7 días.

Se hicieron distintos tipos de muestreo, a fin de determinar las variaciones:

a) Espaciales (a escala horizontal y vertical).

Se muestreó en ambos ejes, en sentido horizontal en varios puntos distribuidos en toda la laguna; en la columna de agua se eligieron niveles estándar, en superficie (0.3 m) y a intervalos de 0.5 m.

Las estaciones se establecieron en base a observaciones preliminares y a una visita prospectiva al área de estudio, necesaria por no haber referencias específicas sobre Bojórquez, a fin de identificar e incluir distintos ambientes (cuerpo original, zonas dragadas y bajos). El posicionamiento de las estaciones se hizo mediante alineaciones visuales de puntos de referencia situados en la costa.

Las estaciones del muestreo espacial se distribuyeron de la siguiente manera (fig. III.1): 11 en el interior de la laguna, 1 en la descarga de la planta de tratamiento de aguas negras, 1 en cada canal de comunicación y 2 en el Sistema Lagunar Michupté (Cuenca Norte). Estas últimas se tomaron como zona de referencia para contrastar el estado actual de la laguna.

b) Temporales (a escala estacional y diaria).

Se realizaron los muestreos espaciales durante más de un año a fin de completar un ciclo anual y considerar los cambios asociados a las condiciones climáticas.

Para evaluar las variaciones asociadas a las horas de luz y

de oscuridad, se muestreo durante periodos de aproximadamente 28 horas. Los muestreos diarios generalmente se llevaron a cabo un dia después del espacial en 5 estaciones simultaneamente y a intervalos de 1 hr en cada una. Los datos recopilados por estos muestreos, se emplearon para compensar el efecto diario en los datos obtenidos de los espaciales, ya que se muestreo en las 16 estaciones en el transcurso de aproximadamente 10 horas. Para ello, se estimó el cambio de temperatura en función de la hora del dia y se uso para ajustar cada valor según la hora a la que se determino.

Las estaciones de muestreo diario (fig. III.1) se escogieron de entre las de los espaciales, con la intencion de que fueran representativas de las distintas condiciones y comunidades presentes en la laguna:

-La "A" situada hacia el NE en una zona somera con una profundidad media de 1.7 m, que se encuentra protegida de los vientos del N. Se caracteriza por predominancia de pastos marinos (Ruppia maritima y Halodule wrightii principalmente) y algas epifiticas.

-La "B" corresponde a un canal dragado de casi 4 m de profundidad, cercano a la descarga de la planta de tratamiento de aguas negras. Se encuentra fitoplancton en la columna de agua y parches de algas cianofitas en el fondo. Esta sujeta al diario tránsito de lanchas.

-La "C" es una estación somera, con una profundidad media de 1.5 m, ubicada hacia el SO y sujeta a la influencia de los vientos con componente N. Dominancia de Thalassia testudinum y Halodule wrightii con densos crecimientos epifiticos.

-La estación "D" de referencia, ubicada en el Sistema Lagunar Nichupté, fuera de la Laguna Bojórquez, pero con características fisiográficas similares a esta. Presenta una comunidad tipica de Thalassia testudinum.

-La estación "E" en el SE, es una zona dragada similar a la "B" pero aislada del tránsito náutico. Se encuentra colonizada por algas cianofitas.

En cada una de las estaciones hidrológicas se midió la temperatura del agua y se tomaron muestras para salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes con ayuda de una botella Niskin de 2.7 litros de capacidad, adaptada para funcionar horizontalmente por lo somero de la laguna. En la descarga de la planta de tratamiento de aguas negras se recolecto el agua directamente y solo se analizaron nutrientes.

Los muestreos de variación diaria incluyeron la

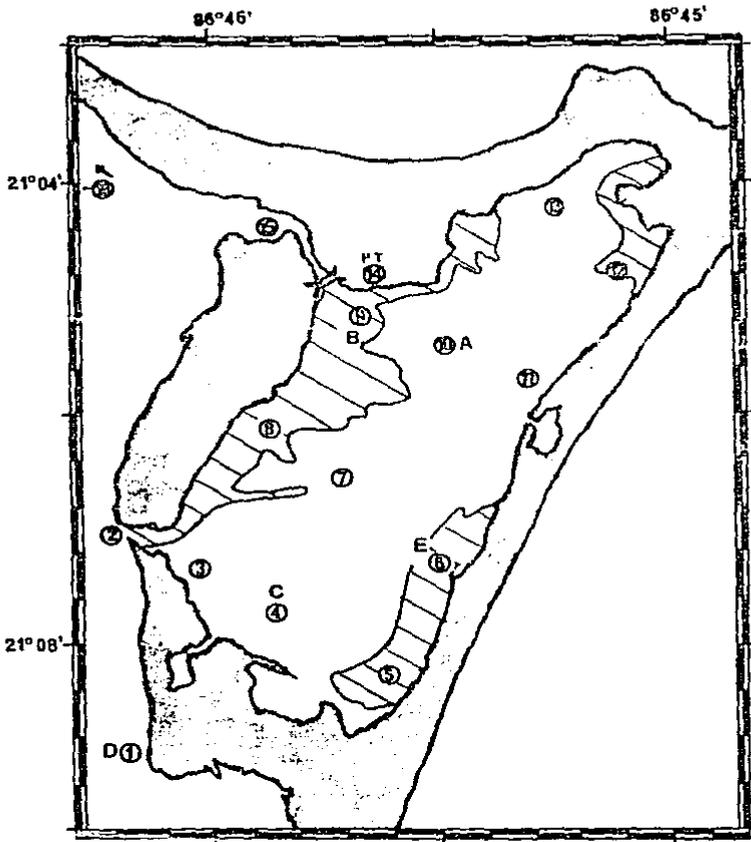


FIG. III.1 ESTACIONES DE MUESTREO ESPACIAL Y DIARIO. Se indica con números las estaciones del muestreo espacial y con letras las correspondientes al muestreo diario. La ubicación de la estación 16 es cercana al Canal Cancún, a través del cual se tiene comunicación con el mar.

determinación del oxígeno disuelto y temperatura en todo el periodo de estudio y de nutrientes (nitritos, nitratos, amonio, fosfatos y silicatos) en los meses de julio (estaciones A, B y D) y agosto (estaciones C y E) de 1986.

La temperatura se midió "in situ" con ayuda de un termómetro de cubeta graduado con separaciones de 0.1 °C. Las muestras para salinidad se recogieron en envases de plástico impermeable y se analizaron con un salinómetro de inducción.

Primero se tomaron de la botella Niskin las muestras de agua usadas en la determinación de oxígeno disuelto que se fijaron inmediatamente con reactivos de  $MnSO_4$  y KI. Para estas muestras se utilizaron frascos de vidrio color ámbar con tapon esmerilado. Su posterior análisis se basó en el método de Winkler (Strickland y Parsons, 1972) y tuvo prioridad para realizarse lo más pronto posible, en el mismo día de la recolección.

Para el muestreo y la determinación de nutrientes, se han observado varios problemas. En el caso del fósforo, Shapiro (1973) indica que el ortofosfato disuelto en aguas naturales es muy lábil y se altera en periodos cortos de almacenamiento. Grasshoff (1983) atribuye esos cambios a remineralización bacteriana y consumo, adsorción y desorción de partículas. Burton (1973) establece que estos cambios se incrementan significativamente si no se separa el material particulado y sugiere el uso envases de vidrio en que la población microbiana prolifera menos y recomienda el uso de cloroformo en aguas con alto contenido de fósforo y gran actividad biológica y microbiana.

En relación a los compuestos nitrogenados, Degobbis (1973) propone el empleo de envases de vidrio y la filtración para reducir el incremento que se observa en el amonio al almacenar las muestras, atribuyendo este aumento a que las enzimas extracelulares de las bacterias que se destruyen por acción de los conservadores químicos, pueden favorecer la reducción del nitrato y la oxidación del amonio. Así mismo, pueden tener lugar procesos físicos por adsorción o remoción sobre material particulado suspendido o sobre las paredes de las botellas. Por otro lado, pueden darse reacciones químicas que produzcan amonio, por ejemplo, hidrólisis de la urea, oxidación de cianato, etc. especialmente en aguas contaminadas. Se ha reportado que el silicato puede sufrir polimerización como resultado del congelamiento, sin embargo, este efecto es reversible (Grasshoff, 1983).

Tomando en cuenta la evidencia bibliográfica y experimental disponible, en la toma de muestras de agua para nutrientes se procedió de la siguiente manera: Se llenó directamente de la botella muestreadora una jeringa Millipore de 50 ml de capacidad y se filtró el agua a través de un filtro de membrana de 0.47  $\mu m$ , con ayuda de un portafiltro, enjuagando

previamente el envase con el filtrado (Mee, 1977; Grasshoff, 1983). El objetivo de filtrar fué remover el material particulado y retener el fitoplancton y parte de las bacterias, operación recomendable en aguas lagunares (Burton, 1973; Riley, 1975). El filtrado se recogió en dos tipos de envases: de vidrio (para la determinación de los compuestos de nitrógeno y los fosfatos) y de PVC (para silicatos). Inmediatamente después se les añadió una gota de cloroformo Q.P. como conservador y se colocaron en hielo y en oscuridad, para inhibir en lo posible la actividad bacteriana que produce mineralización de los nutrientes asociados a la materia orgánica disuelta y así evitar al máximo la descomposición de las muestras, hasta su análisis.

Debido a razones operativas, y logísticas, no fue posible efectuar siempre el análisis de los nutrientes del muestreo espacial en periodos breves de tiempo. Ante la imposibilidad de realizar el análisis de inmediato, se recomienda el uso de cloroformo para las muestras filtradas y su congelación a -20 °C como la mejor alternativa (Jones, 1963; Grasshoff, 1983; Gilmartin, 1967). En este caso, con los recursos disponibles, se procedió a almacenar las muestras en un congelador (-5 °C) hasta su análisis, según lo recomendado por Strickland y Parsons (1972), Burton (1973) y Mee (1977).

Las muestras para nutrientes colectadas en los últimos muestreos, en abril, julio y agosto de 1986 se pudieron analizar casi inmediatamente, dentro de las 24 horas después de ser obtenidas.

Se analizaron simultáneamente cinco nutrientes: nitritos, nitratos, amonio, fosfatos y silicatos, utilizando un Autoanalizador Capilar Automatizado de Flujo Continuo desarrollado por Rivero (1989). Este sistema analítico consiste en un muestreador que toma la muestra directamente de los envases de vidrio y PVC y la bombea para obtener un flujo continuo a lo largo de una tubería cerrada, donde se llevan a cabo todas las operaciones (adición secuencial de reactivos, calentamiento, etc.), finalmente este flujo llega a algún tipo de detector (Mee, 1986). En este caso, la especie química a determinar es convertida en un compuesto que al pasar a través de una celda fotométrica produce una extinción, relacionada directamente con la concentración, en el intervalo donde la Ley de Lambert-Beer es válida (Grasshoff, 1983).

Una de las ventajas principales de este método es que se incrementa la cantidad de datos químicos que se obtienen. Ello facilita este tipo de estudios al permitir una alta frecuencia de muestreo y análisis inmediatos, evitando los problemas relacionados con el almacenamiento y conservación de las muestras, además de que se disminuye el manipuleo implicado en el procedimiento manual analítico, lo que

umenta el riesgo de contaminación.

Se emplearon las técnicas adaptadas y modificadas por Mee (1986), Rivero et al. (1987) y Rivero (1989) basándose en los siguientes métodos: a) la determinación de los compuestos de nitrógeno, por el método desarrollado por Treguer y LeCorre (1974) y, b) el análisis de fosfatos y silicatos por el método de Murphy y Riley (1962) y Brewer y Riley (1966) respectivamente.

Adicionalmente a las muestras recolectadas en columna de agua, se extrajeron núcleos de sedimentos en los meses de julio y en agosto de 1986. Se determinó contenido de agua y materia orgánica en 12 núcleos y concentración de nutrientes en agua intersticial en 10 núcleos, estos últimos correspondientes a 8 estaciones.

El sedimento se extrajo con nucleadores de acrílico transparente de 5 y 7 cm de diámetro y 1.5 m de longitud que se enterraron en el fondo, procurando no disturbar el sedimento. La manipulación se hizo con la ayuda de equipo de buceo libre. El uso de nucleadores transparentes permitió observar diferentes secciones con distinta coloración y textura y escoger así las secciones a separar. Se empleó un pistón para extraer el sedimento y una laminilla de plástico para separar cada sección, operación realizada inmediatamente después de sacar el núcleo.

El agua intersticial se extrajo de cada sección del sedimento a bordo de la lancha, con un sistema de exprimido diseñado por Páez-Osuna y López-Osuna, a una presión no mayor de 70 kg/cm<sup>2</sup>. En el agua extraída se determinaron posteriormente los nutrientes, que se procesaron de igual manera que los de la columna de agua, previa dilución.

En el sedimento el porcentaje de agua se determinó mediante secado de las muestras y se cuantificó la cantidad de materia orgánica por el método de pérdida de peso por ignición, a una temperatura no mayor de 550 °C, para evitar descomposición de carbonatos (Dean, 1974).

En cada una de las salidas al campo, se efectuaron observaciones sobre el estado general de la laguna, y se registraron cualitativamente las condiciones meteorológicas reinantes durante los muestreos. Por otro lado, se compilaron los datos de precipitación pluvial en Cancún durante 1985-1986 facilitados por la Dirección de Proyectos y Construcción de FONATUR. La Dirección de Servicios Auxiliares a la Navegación de Aeropuertos proveyó los datos de vientos registrados en el Aeropuerto Internacional de Cancún durante el mismo periodo. El Sistema Meteorológico Nacional de la Secretaría de Agricultura y Recursos

Hidráulicos en la Ciudad de México proporcionó la información estadística disponible de registros de mas de 20 años de precipitación pluvial y evaporación en la región, registrada en sus estaciones meteorológicas mas cercanas: Isla Mujeres y Cozumel.

Para realizar los muestreos se utilizó una embarcación de fondo plano y calado muy pequeño, con motor fuera de borda, que permitió llegar hasta las zonas mas someras de la laguna sin causar perturbación del sedimento.

En su mayoría, las muestras para el análisis químico se procesaron en los laboratorios de la Estación Puerto Morelos del ICMYL de la UNAM, contando así mismo con el apoyo de la infraestructura de esta Estación.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### IV.1. PRESENTACION Y TRATAHIENTO DE LOS DATOS

La información obtenida permitió analizar, para cada uno de los parámetros estudiados, las variaciones temporales (estacionales y diurnas) y la distribución espacial en los ejes horizontal y vertical. Para ello, se trazaron figuras que permitieran observar estos cambios en cada uno de los ejes mencionados. Normalmente no se encontraron variaciones o gradientes apreciables, por lo que únicamente se presentan las figuras representativas de los casos en que si se observaron patrones y se utilizan en las secciones posteriores para mostrar distintos aspectos hidrológicos y químicos de la Laguna Bojórquez. Los datos integros se incluyen en el Anexo, organizados por fechas y tipo de muestreo.

Con el fin de poder comparar el comportamiento de la Laguna Bojórquez (LB) con la Cuenca Norte del Sistema Lagunar Nichupté (SLN), se calcularon valores medios para cada uno de estos sistemas en los distintos muestreos, agrupando las estaciones de la siguiente manera (fig. III.1): LB (estaciones 3 a 13) y SLN (estaciones 1, 2, 15 y 16). Los datos de la planta de tratamiento de aguas negras (estación 14) se consideraron aparte.

Por otro lado, teniendo en cuenta la drástica modificación de la batimetría de LB causada por los dragados efectuados en sus márgenes, se consideró conveniente otro agrupamiento de los datos. En la figura IV.1 (a) se muestra la ubicación de los dragados, principalmente en los extremos oriental y occidental de la laguna. En la parte inferior (b) de la misma figura se ilustra, mediante un transecto representativo, que estos dragados han generado zonas profundas que podrían tener cierto grado de aislamiento con respecto al resto de la laguna debido a la topografía, y por lo tanto presentar diferencias hidrológicas y químicas significativas.

Así, se separaron los datos de LB en dos grupos: Bojórquez somero (BS), definido como la columna de agua hasta una profundidad de 1.0 m inclusive, y en cierta forma representativo del cuerpo original de la laguna, y Bojórquez profundo (BP), aguas por debajo de 1.0 m de profundidad, equivalente al volumen generado por las actividades de dragado (fig. IV.1 (b)).

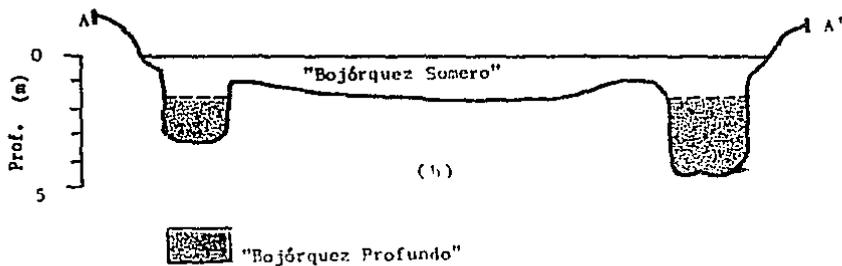
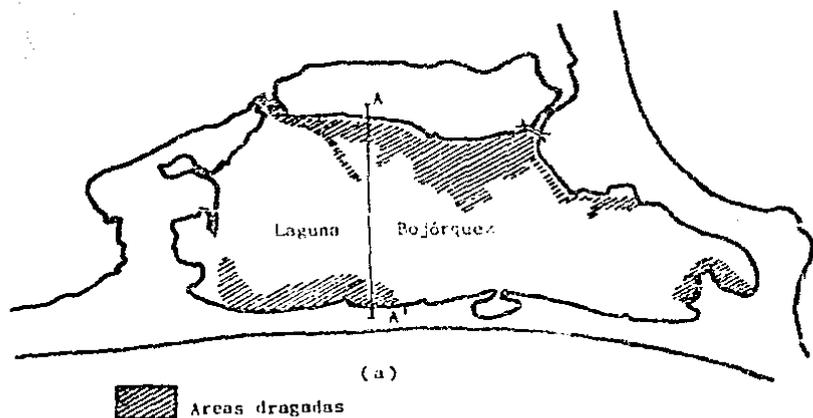


FIG. IV.1 DEFINICIÓN GRÁFICA DE "BOJORQUEZ SOMERO" Y "BOJORQUEZ PROFUNDO". En (a) se muestra la distribución de las zonas dragadas y la ubicación del transecto A-A'. En (b) se presenta el perfil batimétrico de dicho transecto (escala vertical exagerada) y la división entre "Bojórquez somero y "Bojórquez profundo" utilizando la profundidad de 1.0 m

Para obtener una visión global de la calidad de los datos obtenidos, en la tabla IV.1 se presentan los intervalos de variación para cada uno de los parámetros estudiados; incluyéndose así mismo como referencia los correspondientes a algunas lagunas del litoral atlántico mexicano en las que se han reportado estos parámetros por Contreras (1985).

TABLA IV.1  
PRINCIPALES PARÁMETROS HIDROLÓGICOS EN ALGUNAS LAGUNAS DE LA COSTA ATLÁNTICA MEXICANA

Para comparar los datos del SLN, se incluyen los valores en el Caribe adyacente

LAGUNA	EXTENSION (Km <sup>2</sup> )	PROF. (m)	TEMP. (°C)	SAL. (‰)	OXIG. (ml/L)	<u>N(NH<sub>4</sub>)</u>	<u>N(NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>)</u>	<u>P(PO<sub>4</sub>)</u>	<u>SI(SiO<sub>4</sub>)</u>	
						<u>(µgAt/L)</u>				
Tamiahua	88000	2-3	21-31	16-37	5-8	2-7	0.6-0.8	0.2-1.2		(1)
Tampasachoco	1500	1.5	18.3-32.1	15.3-36.6	3.2-6.7	0.3-17.3	0.6-1.4	0.2-1.1		(1)
La Mancha	140		20-29.9	12.6-27.3	1.9-4.9	1.3-3.8	0.4-3.4	2.4-0.9		(1)
El Caraen	8800	1.8	23.8-31.8	1.5-36.7	1.4-5.7	5.5-29.0	0.3-7.5	1.0-4.2		(1)
Hachona	6500	2.5	23.8-32.5	2.7-36.9	1.7-6.3	4.5-16.9	6.2-11.3	0.6-7.2		(1)
Nichupte	50	1.6	24.8-32.3	30.5-37.1	3.3-6.8	1.0-14.4	0.07-12	0.6-0.6	2.1-40	(2)
Bojorquez	2.5	2.2	24.8-35.1	30.6-39.7	2.5-9.0	0.4-16.2	0.07-20	0.7-0.8	0.8-30	(2)
Mar Caribe			25-30.5	34.9-36.5	3.5-6.4	4.0	1.6	0.5	6.4	(3)

Fuentes:

(1) Contreras, F. Las Lagunas Costeras

(2) Este trabajo

(3) Merino y Gallegos. Convenio de Asesoría Técnica PIADISA-UMAM

El intervalo de variación de la temperatura fué de 24.8 a 35.1 °C, lo cual es aceptable por tratarse de una zona tropical, aunque es ligeramente superior a los encontrados en las otras lagunas contenidas en la tabla.

La salinidad obtuvo registros entre 30.28 y 39.74 ‰, un intervalo relativamente pequeño dentro del amplio dominio de valores que se pueden encontrar en una laguna costera. La existencia de salinidades superiores a las de las lagunas del Golfo de México se debe probablemente a que éstas, a diferencia de LB, reciben la descarga de numerosos ríos.

Los valores de oxígeno disuelto obtenidos en el estudio también son similares a los reportados para las otras lagunas, aunque se observan máximos ligeramente superiores a los registrados en ellas. Durante el primer muestreo (mayo, 1985) de este trabajo se implementó la técnica de determinación de oxígeno. La desviación estándar de los datos de este fue marcadamente mayor a las de los subsiguientes muestreos, y varios de los valores registrados fueron elevados, probablemente debido a burbujeo de aire al tomar la muestra. Por ello, se descartaron estas determinaciones.

Las concentraciones de nutrientes muestran también intervalos de variación similares a los de otras lagunas del Atlántico Mexicano, y en general se encuentran dentro de lo reportado. Sin embargo, los valores máximos, particularmente para el caso del amonio y del silicato, se consideran elevados. Esta situación puede estar relacionada con la necesidad de almacenamiento de las muestras de los muestreos iniciales por un periodo largo antes de su análisis, lo cual se discute en detalle más adelante al analizar su evolución temporal.

Los mínimos de nutrientes registrados correspondieron en general a los límites de detección de las técnicas empleadas, los cuales se presentan junto con la precisión en la tabla siguiente:

TABLA IV.2 LIMITES DE DETECCION (LD) DE NUTRIENTES ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) Y PRECISION (P) DEL AUTOANALIZADOR CON LAS TECNICAS EMPLEADAS

	LD	P
N-NO <sub>2</sub>	0.02	± 0.012
N-NO <sub>3</sub>	0.05	± 0.046
N-NH <sub>4</sub>	0.20	
P-PO <sub>4</sub>	0.03	± 0.024
Si-SiO <sub>4</sub>	0.50	± 0.60

Como se mencionó en el capítulo de metodología, se recabó la información meteorológica de diversas fuentes. No obstante que en Cancún no existen estaciones meteorológicas oficiales, se pudieron obtener valores de lluvias registrados por FONATUR en la planta de tratamiento de aguas negras ubicada junto a LB (fig. III.1). Sin embargo, al comparar esos datos con los de las estaciones de la SARH más cercanas (Cozumel e Isla Mujeres) correspondientes a 1985-1986, se encontró una diferencia notoria en los datos de precipitación pluvial. La lluvia total durante el periodo de muestreo fue de 457 mm (FONATUR), mientras que según SARH (Cozumel) fué de 928 mm. Al comparar ambos valores con la precipitación media anual de los últimos 20 años en la región (1300 mm), se consideró que los datos de SARH, determinados en una estación meteorológica formal serian un mejor estimador de la lluvia real en LB.

## IV.2. HIDROLOGIA

### IV.2.1 Variaciones temporales

En la figura IV.2 se ilustra la evolución estacional de la temperatura del agua en LB, utilizando para ello los valores promedio de todas las determinaciones realizadas en cada muestreo. Se aprecia un pulso anual con una temperatura máxima media ligeramente superior a los 32 °C entre junio y agosto, y un mínimo de 25.3 °C entre diciembre-enero. Se observa así mismo que la laguna presentó un comportamiento térmico similar durante los dos años de muestreo.

Con fines comparativos, se han superpuesto en la figura señalada los valores de temperatura media diurna del aire en la zona. Es notoria la similitud entre ambas curvas anuales, aunque la temperatura del agua se acerca más al límite superior de variación térmica del aire en la escala de unos cuantos días. Esta similitud refleja que la atmósfera es el principal factor determinante de la temperatura de la laguna, o bien que ambos sistemas están influidos de la misma manera por el calentamiento solar en la región.

En la figura IV.3 se presenta la variación estacional de la salinidad media en LB. En forma similar al caso de la temperatura, se presenta un ciclo estacional, con máximos de 37.2 ‰ en agosto de 1985 y de 38.3 ‰ en agosto de 1986; y un mínimo de 30.6 ‰ en febrero de 1986. Sin embargo, en este caso si se aprecia una diferencia importante entre un año y el otro.

Merino et al. (en prensa) encontraron para el SLN una estrecha dependencia de la salinidad con las lluvias a escala estacional. Para identificar la existencia de este tipo de relación en LB, en la figura IV.3 se han graficado también los valores mensuales de precipitación pluvial y evaporación. Se aprecia una relación inversa entre precipitación y salinidad, y directa entre evaporación y salinidad, aunque menos marcada que la reportada por esos autores. Para el caso de LB la evaporación desempeña un papel más importante que en SLN. Desde el punto de vista del balance hidrológico una diferencia importante entre ambas cuencas es que en SLN existen entradas de agua dulce subterránea procedentes de cenotes (aportes continuos en el año), y en LB las entradas de agua dulce provienen casi exclusivamente de las descargas pluviales (aportes variables en el año).

Para mostrar las diferencias en el comportamiento estacional de la temperatura y la salinidad entre LB y el SLN así como al interior de LB, en las figuras IV.4 y IV.5 se han trazado las variaciones a esta escala para el SLN, BS y BP de temperatura y salinidad medias respectivamente.

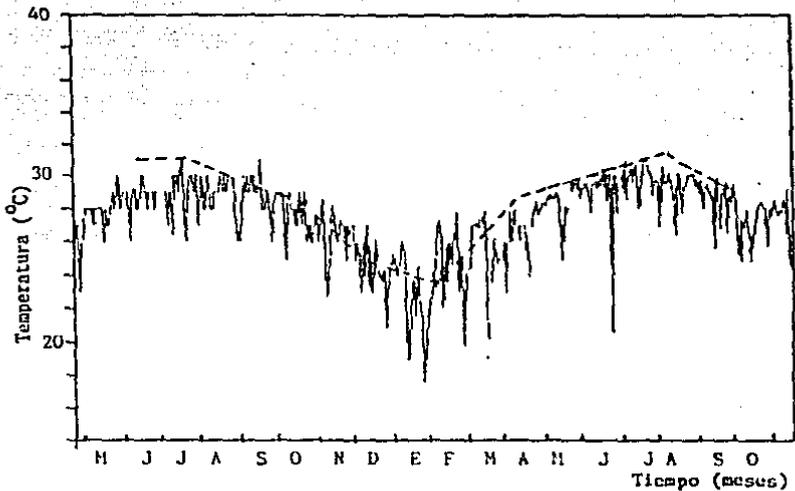


FIG. IV.2 VARIACION ESTACIONAL DE TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA Y DEL AIRE. La línea punteada indica la temperatura del agua, obtenida al graficar los valores promedio de cada muestreo. La línea continua corresponde a los valores medios diarios de temperatura del aire registrados en el aeropuerto de Cancun.

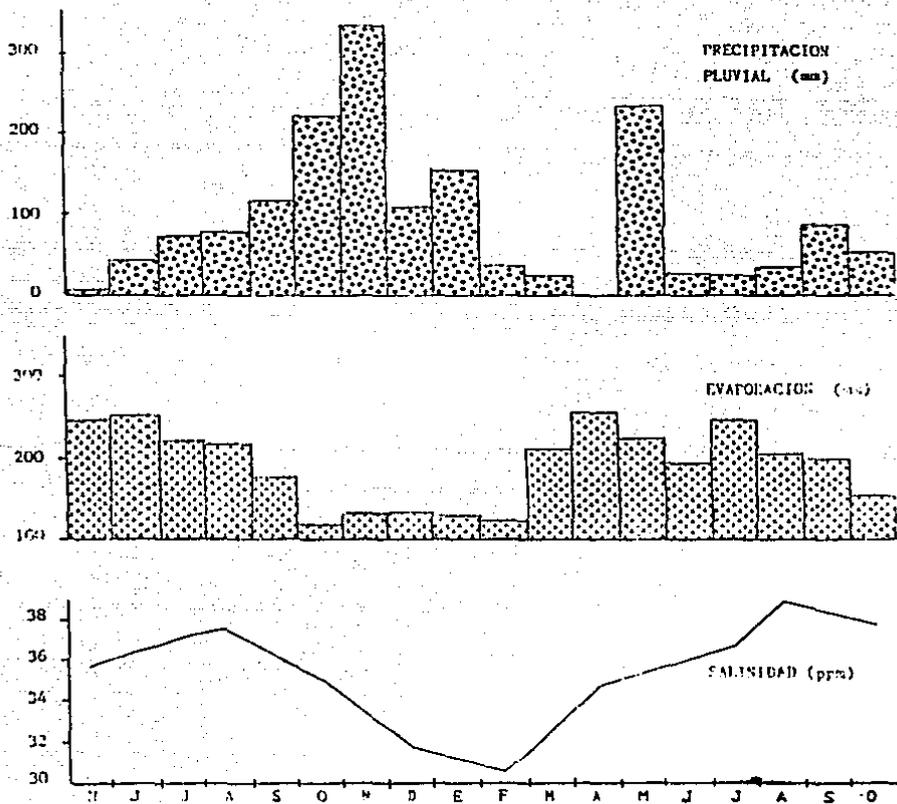


FIG. 1V.3 EVOLUCION TEMPORAL DE LA PRECIPITACION PLUVIAL, EVAPORACION Y SALINIDAD EN LA LAGUNA BOJORQUEZ DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO. Los valores de salinidad corresponden al promedio de los valores medios mensuales registrados en el mismo periodo en Cozumel, Q. Roo (SARH).

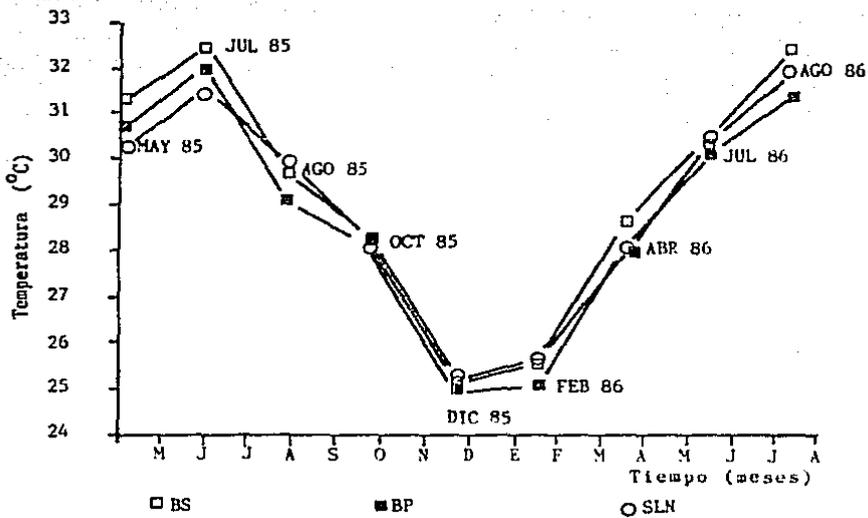


FIG. IV.4 VARIACION ANUAL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA (°C) EN BOJORQUEZ (SOMERO Y PROFUNDO) Y EN NICHUPTÉ

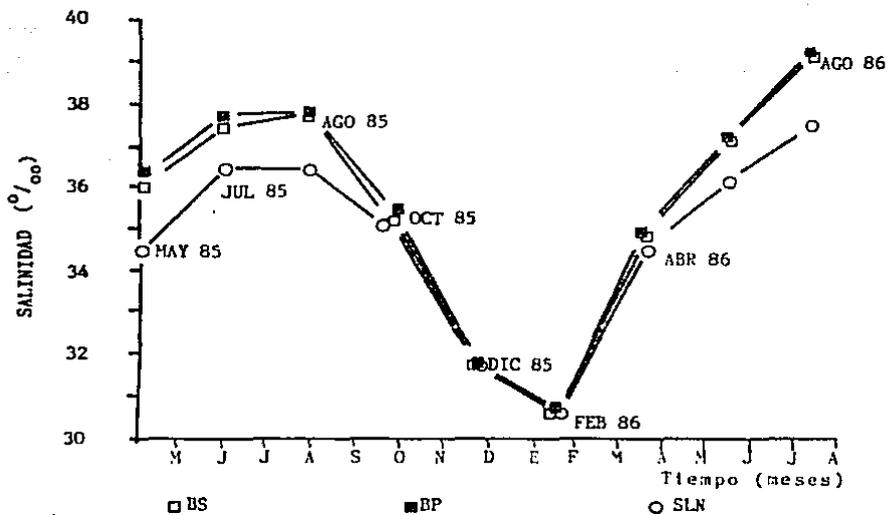


FIG. IV.5 VARIACION ANUAL DE LA SALINIDAD (‰) EN BOJORQUEZ (SOMERO Y PROFUNDO) Y EN NICHUPTÉ

En la figura IV.4 se evidencia que el comportamiento estacional de la temperatura media es esencialmente el mismo para los tres grupos de datos. En cambio, la salinidad (fig. IV.5) sí presenta una diferencia apreciable, particularmente entre el SLN y las dos divisiones de LB. Durante los meses de mayor calentamiento (mayo a septiembre), la salinidad en BS y BP se eleva del orden de casi  $2 \text{ ‰}$  por encima de la de SLN, para seguir un comportamiento similar el resto del año, en que la salinidad alcanza sus valores más bajos en los tres casos.

#### IV.2.2 Variaciones espaciales

En general, se observó muy poca variación espacial de la temperatura y la salinidad, tanto en la horizontal como en la vertical al interior de la LB; presentándose algunos gradientes en las zonas de comunicación entre LB y el SLN. Esta elevada homogeneidad espacial tiene implicaciones importantes sobre los procesos de mezcla en LB, por lo que las variaciones observadas se discuten a continuación.

El SLN presenta características hidrodinámicas singulares que lo distinguen de otras lagunas costeras (Merino *et al.*, en prensa). Estos autores reportan la permanencia de gradientes horizontales en su mitad occidental, lo cual refleja un comportamiento estuarino. En la vertical el sistema es esencialmente homogéneo, debido a los procesos de mezcla.

#### IV.2.3 Mezcla vertical

Al igual que el SLN, LB se mantuvo mezclada verticalmente, debido a la escasa profundidad. Sin embargo, en las zonas dragadas se podría haber esperado algún grado de estratificación en la columna de agua. Como se muestra en la figura IV.6, donde se tienen los perfiles verticales de  $\sigma_t$  para dos condiciones climáticas (épocas calurosa y fría del año) en las estaciones más profundas, se observa que también estas zonas presentaron homogeneidad vertical. De hecho, durante todos los muestreos diarios se mantuvo una homogeneidad térmica (fig. IV.7), lo que implicaría que los procesos de mezcla vertical se presentan con una elevada frecuencia. En concordancia con esto, Reyes (1988) también observó homogeneidad vertical en la concentración diaria de oxígeno disuelto.

Esta situación sugiere que en LB existen mecanismos capaces de mezclar completamente la columna de agua aún en las zonas

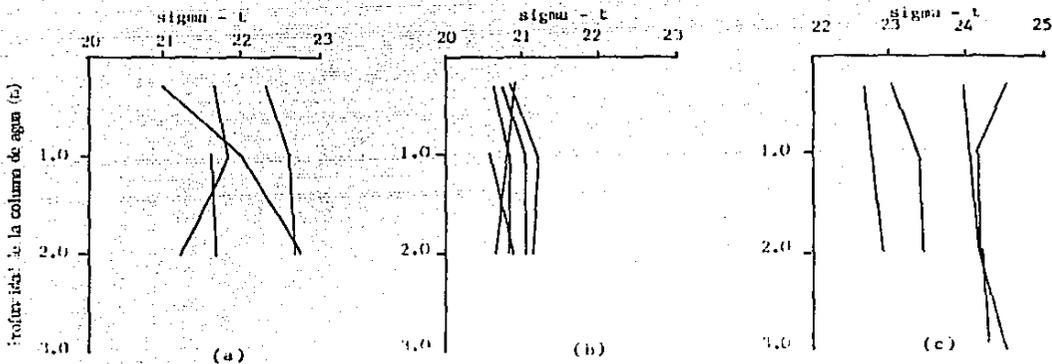


FIG. IV.6 PERFILES VERTICALES DE SIGMA-t EN LAS ESTACIONES PROFUNDAS PARA 3 DE LOS MUESTREOS. En (a) mayo de 1985, (b) diciembre de 1985 y (c) agosto de 1986

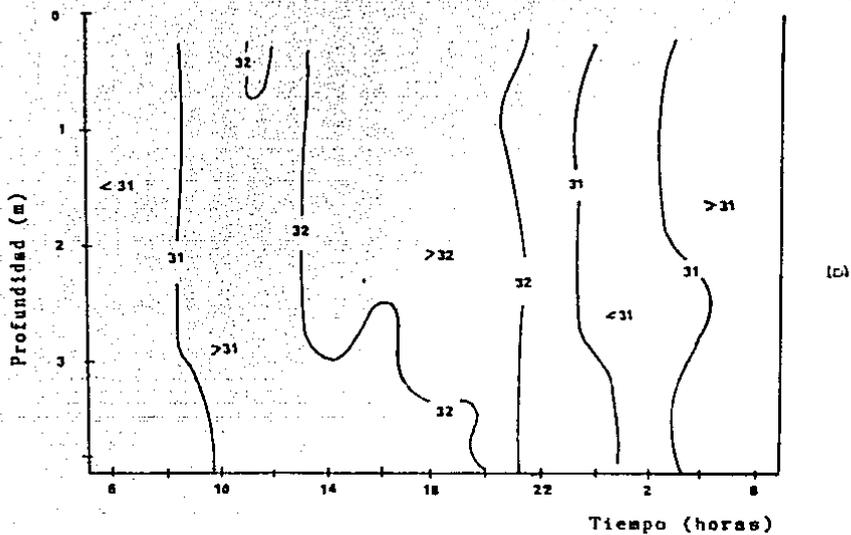
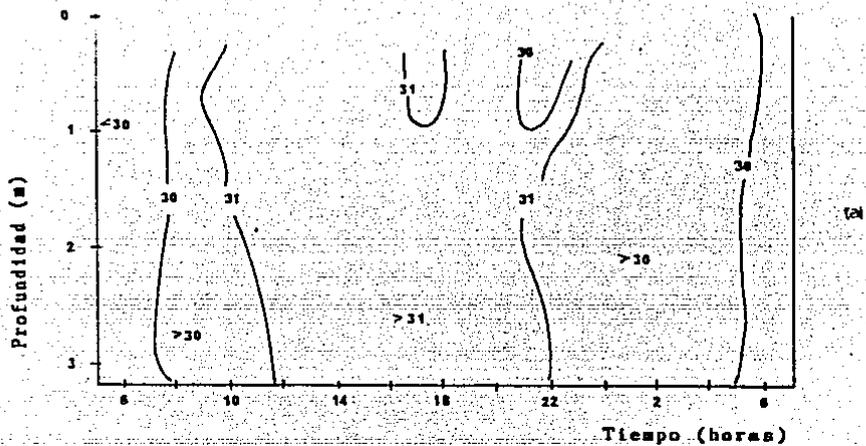


FIG. 1V.7 DISTRIBUCION VERTICAL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA A ESCALA DIARIA EN LAS ESTACIONES PROFUNDAS. En (a) estación B (julio de 1986) y en (b) estación E (agosto 1986)

dragadas, y quizá diariamente. Uno de estos mecanismos puede ser la mezcla por inestabilidad térmica generada por el calentamiento diurno diferencial. Esta posibilidad se evidencia en la figura IV.8, donde se observa un gradiente negativo de temperatura entre superficie y fondo, de magnitud variable, que desaparece varias veces en el transcurso del día. Los puntos donde el gradiente desaparece indican una mezcla efectiva de toda la columna de agua.

Otro agente capaz de mezclar verticalmente a LB es el viento. El efecto del viento como agente de mezcla en cuerpos de agua someros ha sido tratado en otros estudios. Hopkinson Jr. et al. (1985) demostraron, en un sistema estuarino de profundidad similar a la de LB, que los vientos asociados con el paso de los chubascos de verano, caracterizados por vientos fuertes de dirección variable, son capaces de homogeneizar completamente la columna de agua. Estos autores observaron que el proceso de mezcla se inicia cuando la velocidad del viento alcanza 5 m/s. En la figura IV.9, donde se presentan las velocidades medias diarias del viento en LB durante el periodo bajo estudio, se puede observar que durante casi el 90% de los días se alcanzaron velocidades superiores a los 5 m/s. Esta situación implica que la mezcla por viento podría por sí misma ser responsable de la permanente homogeneidad vertical de LB.

#### IV.2.4 Mezcla horizontal

De manera general, las distribuciones horizontales de salinidad y temperatura en LB evidencian dos tipos de comportamiento, asociados a las dos condiciones estacionales ya descritas: 1) la diferencia de salinidades entre LB y SLN durante los meses cálidos, y 2) la homogeneidad halina entre ambos cuerpos lagunares en la parte fría del año.

En las figuras IV.10 y IV.11 se muestran respectivamente las isotermas y las isohalinas superficiales correspondientes a tres de los muestreos, que se consideran representativos de estas dos situaciones (dos de la época cálida, que se muestreó en dos años distintos, y uno de la parte fría).

Al igual que lo reportado en el SLN (Merino et al., en prensa), los procesos de mezcla horizontal en LB no parecen ser lo suficientemente fuertes para compensar los mecanismos que generan gradientes en el sistema. Uno de éstos es el mayor calentamiento y evaporación de las áreas someras de LB, el cual se evidencia por la presencia de una zona de mayor salinidad y temperatura en el extremo NE (figs. IV.10 y IV.11 (a) y (b)), la parte más somera de la laguna; y en

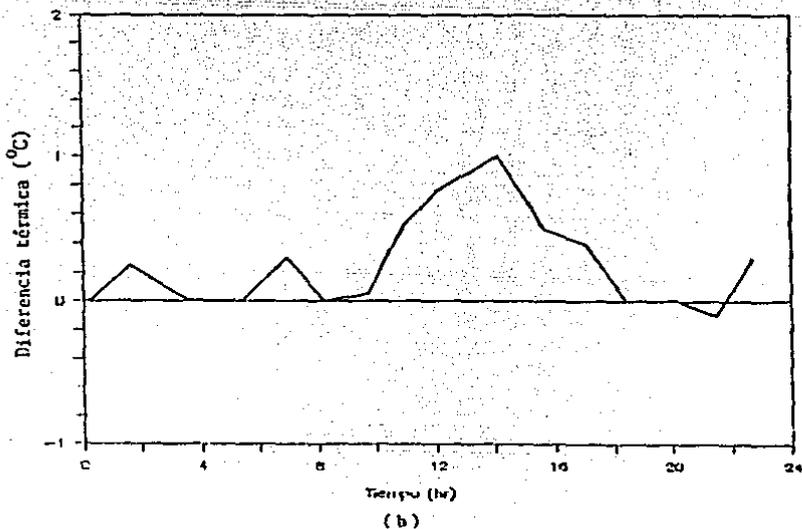
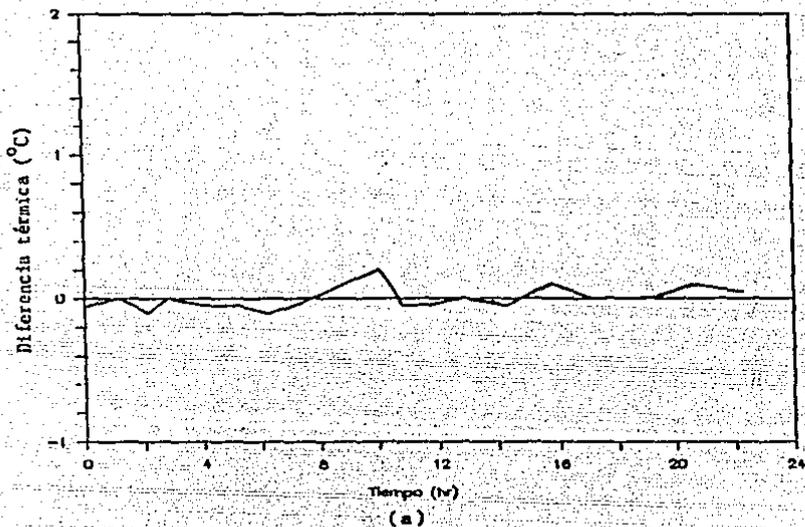


FIG. 1V.8 GRADIENTE TERMICO DIARIO ENTRE SUP-FONDO DE LA COLUMNA DE AGUA PARA LAS ESTACIONES PROFUNDAS. En (a) estacion B (julio de 1986) y en (b) estacion E (agosto 1986)

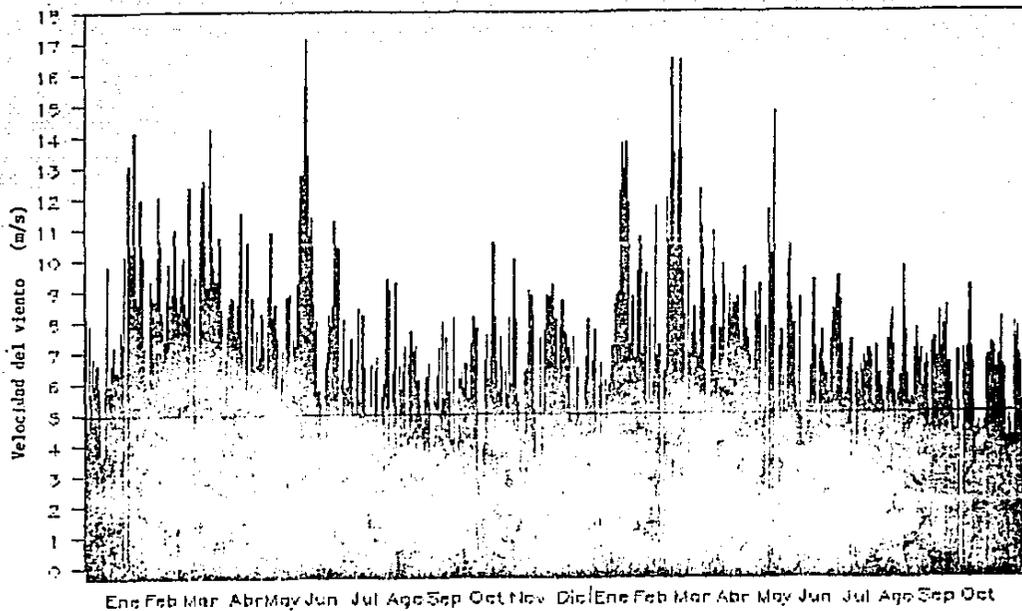
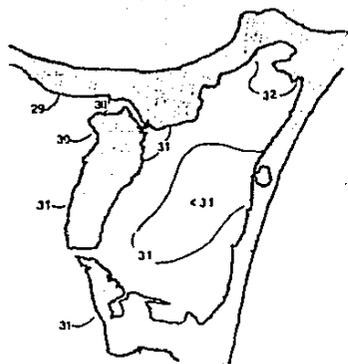
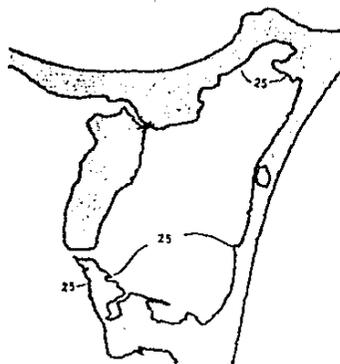


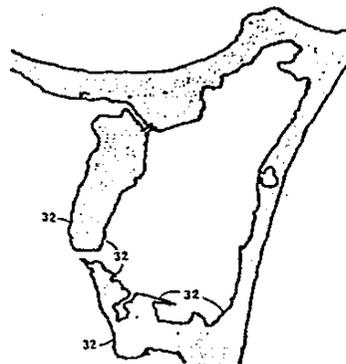
FIG. IV.9 VELOCIDAD MEDIA DIARIA DEL VIENTO REGISTRADO EN EL AEROPUERTO DE CANCUN DE ENERO DE 1985 A OCTUBRE DE 1986



MAYO 1985  
(a)

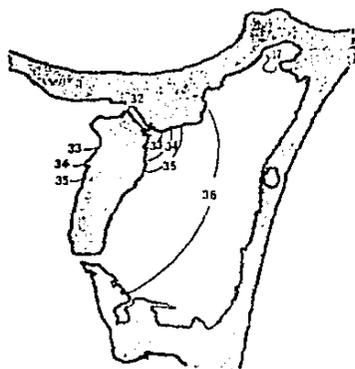


DICIEMBRE 1985  
(b)

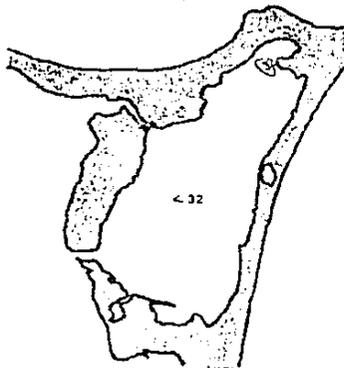


AGOSTO 1986  
(c)

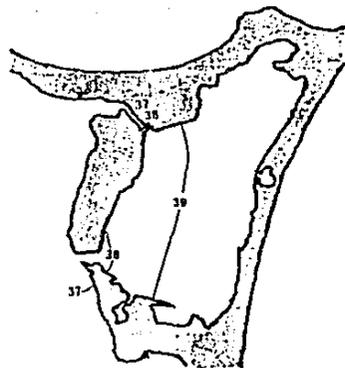
FIG. IV.10 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE LA TEMPERATURA (°C) PARA TRES DE LOS MUESTREOS. En (a) mayo de 1985, (b) diciembre de 1985 y (c) agosto de 1986



MAYO 1985  
(a)



DICIEMBRE 1985  
(b)



AGOSTO 1986  
(c)

FIG. IV.11 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE LA SALINIDAD ( $\text{‰}$ ) PARA TRES DE LOS MUESTREOS. En (a) mayo de 1985, (b) diciembre de 1985 y (c) agosto de 1986

menor grado por la mayor temperatura en la otra parte somera al sur de LB (fig. IV.10 (a,b,c)).

La figura IV.11 permite distinguir el otro proceso importante en la generación de gradientes de salinidad al interior de LB. Durante los meses en que la salinidad aumenta en Bojórquez, separándose de los valores del SLN, que comparte durante el invierno, se presentan gradientes de salinidad en los canales de comunicación entre ambos cuerpos lagunares, los cuales se extienden formando una banda que corre de uno al otro canal, paralela al margen occidental de LB (Fig. IV.11, a,c.). El resto de LB mantiene una distribución de salinidad homogénea, con excepción de lo descrito en el párrafo anterior. Los gradientes de densidad se distribuyen de manera similar a los de salinidad, por lo que aquí no se presentan.

El aumento de la salinidad en LB durante los meses cálidos se debe a la pérdida de agua por evaporación. De aquí que los gradientes mencionados se forman por la entrada de agua del SLN hacia LB por ambos canales para compensar el volumen de agua evaporado. Por el contrario, cuando la precipitación excede a la evaporación en LB (durante el resto del año) esta laguna exporta agua hacia el SLN, no existiendo gradientes salinos en los canales ni en LB (Fig. IV.11, b). Esto sería coherente con la conclusión principal de Merino *et al.* (en prensa): el balance hidrológico es el factor que controla la salinidad y el intercambio de agua en el SLN.

#### IV.3 INTERCAMBIO DE AGUA ENTRE LB Y EL SLN

En apoyo a lo anterior, se debe considerar que LB no tiene comunicación directa con el mar, ni aportes fluviales o de agua subterránea; por lo que la evaporación y la precipitación pluvial probablemente son los principales factores que determinan su intercambio de agua con el SLN.

Basándose en un planteamiento de este tipo, Merino *et al.* (en prensa) desarrollaron un modelo que relaciona la salinidad con la precipitación en el Sistema Lagunar Nichupté, a partir del cual les fué posible estimar el tiempo de residencia del agua en el sistema. En el caso de Bojórquez, la evaporación parece también ser determinante, como se aprecia en la figura IV.3, y se ha evidenciado en las secciones anteriores. Por tanto, se intentó establecer un modelo para esta cuenca, asumiendo que el intercambio de agua con el SLN se da exclusivamente por la diferencia o desbalance de volumen entre el agua que entra y que sale de Bojórquez.

El modelo implica las siguientes suposiciones básicas: a) La salinidad es un parámetro conservativo y distribuido homogéneamente en LB, b) La única fuente de sal hacia la

Laguna Bojórquez es el agua de Nichupté, c) El volumen lagunar es constante, y d) Los movimientos generados por las mareas y por el viento son insignificantes en el intercambio de agua.

Como se mencionó anteriormente, a lo largo del ciclo anual se presentan dos condiciones:

- 1) Cuando la salinidad de la laguna disminuye (Precipitación > Evaporación) sale agua hacia Nichupté

Al volumen total de la laguna "V", con un contenido halino inicial "S", le llega agua dulce (lluvia) en un tiempo "t", entonces la salinidad "S+dS" en un tiempo final estará dada por la dilución que sufre "S" por un "dV" de agua dulce. La laguna pierde entonces un volumen igual al del agua que le llega, para poder mantener su volumen constante:

$$S + dS = S (V - dV) / V$$

$$dS/S = - dV/V$$

$$\int_{S_i}^{S_f} dS / S = - 1 / V \int_0^{\Delta V} dV$$

entonces:

$$\ln S_f - \ln S_i = - \Delta V / V$$

$$S_f / S_i = \exp (-\Delta V / V)$$

por tanto :  $S_f = S_i \exp (-\Delta V / V)$

donde  $\Delta V$  es el volumen total de agua que entra a la laguna, y es función directa de la precipitación ( $\Delta V = K P_p$ ).

- 2) Cuando la salinidad de la laguna aumenta (Evaporación > Precipitación) entra agua de Nichupté.

El contenido salino original "S" aumenta como resultado de que un volumen de agua "dV" se evapora sin sus sales, siendo

entonces reemplazado por agua de Nichupté con una salinidad "Sn". Así, en el mismo volumen total "V" se tiene un aumento en el contenido de sal.

$$S + dS = (SV + S_n \cdot dV) / V$$

$$dS = S_n \cdot dV / V$$

$$\int_{S_i}^S dS = 1/V \int_0^{\Delta V} S_n \cdot dV$$

tomando la "Sn" media para un periodo dado  $\Delta t$ :

$$S - S_i = (S_n / V) \Delta V$$

$$\text{por tanto : } S = S_n \Delta V / V + S_i$$

donde  $\Delta V$  es el volumen de agua que pierde el sistema y es funcion directa de la evaporación ( $\Delta V = k \text{ Ev}$ ).

Se graficaron las dos ecuaciones con los valores obtenidos, para intentar definir una relacion unica. Como el comportamiento gráfico de las dos resultó similar para los valores reales, se obtuvo una sola expresion aplicable a ambos casos, cuando la salinidad aumenta ó cuando disminuye:

$$\ln (S_f / S_i) = K_1 P_p + K_2 \text{ Ev}$$

Mediante una regresion múltiple, forzando la ordenada al origen a cero (por carecer de sentido fisico), se obtuvo la relacion:

$$\ln S_i/S_f = 0.000242 \text{ Ev} - 0.00049 P_p \quad r^2 = 0.84$$

Esta ecuacion tiene un coeficiente de correlacion aceptable, y explica el 84% de las variaciones en salinidad. El 16% restante que no se explica con el modelo probablemente engloba el efecto de otros factores no considerados, asi como la validez no absoluta de las suposiciones implicadas en este. Entre estos pueden mencionarse la posibilidad de entrada y salida simultanea por los dos canales, impulsada por el viento u otros factores; y el aporte de aguas residuales de la planta de tratamiento y las descargas clandestinas cloacales.

#### IV.3.1 Tiempo de residencia del agua en LB

Zimmerman (1981) indica que cuando una laguna tiene aportes de agua dulce capaces de generar una disminución en su salinidad respecto a la del mar, esta diferencia permite calcular la escala del tiempo de residencia del agua, o de lavado de la laguna.

En este caso, el modelo desarrollado permite calcular el cambio en la salinidad y el volumen de agua intercambiado en una u otra dirección para una precipitación y evaporación correspondientes a un intervalo de tiempo. En la tabla IV.3, se presentan, junto con otros parámetros, los porcentajes de entrada de agua a la laguna (%Ve) y salida de agua de la laguna (%Vs) con respecto al volumen total de ésta, calculados con el modelo para los periodos entre los muestreos espaciales.

Aplicando un balance de sal sencillo, de acuerdo a las siguientes ecuaciones, se obtienen idénticos valores de agua intercambiada:

- a) Entrada de agua estimada por el aumento de salinidad

$$Ve = \frac{(S_f - S_i) V_t}{S_n}$$

- b) Salida de agua estimada por disminución de salinidad

$$Vs = \frac{(S_i - S_f) V_t}{S}$$

Sumando los volúmenes de agua exportados por LB durante un año (de agosto de 1985 a agosto de 1986), se obtiene que el volumen que salió de la laguna hacia el SLN durante este periodo fue del 21.3 % del volumen total de LB. A partir de este valor, y tomando en cuenta que el tiempo de residencia se define como el que requiere el sistema para exportar un volumen igual al de su capacidad, se puede calcular el tiempo de residencia como el inverso de la fracción exportada en un año, obteniéndose un valor de 4.7 años.

En primera instancia, este tiempo de residencia parece ser muy alto, más del doble del estimado para el SLN de 2 años (Merino et al., en prensa); y significativamente mayor a los tiempos de residencia comunes en los estuarios y lagunas.

TABLA IV.3

DATOS DE PRECIPITACION FLUVIAL Y EVAPORACION PARA EL INTERVALO DE TIEMPO  
ENTRE LOS PERIODOS MUESTREADOS Y VALORES DE SALINIDAD REGISTRADOS DURANTE  
ESTE ESTUDIO

MUESTREO	Pp (mm)	Ev (mm)	Sn (°/oo)	$\bar{S}$ (°/oo)	Si (°/oo)	Sf (°/oo)	XVe	XVs
MAY 30 - JUL 15	79	360	34.8	36.5	35.7	37.2		
JUL 15 - AGO 24	99	279	35.8	37.4	37.2	37.5	0.75	
AGO 24 - OCT 20	273	300	35.1	36.3	37.5	35.1		6.75
OCT 20 - DIC 9	450	209	32.8	33.4	35.1	31.7		10.7
DIC 9 - FEB 6	242	256	30.9	31	31.7	30.3		4.49
FEB 6 - ABR 22	56	485	32.2	32.5	30.3	34.8	13.94	
ABR 22 - JUL 16	278	603	35.1	35.8	34.8	36.7	5.54	
JUL 16 - AGO 10	33	240	36.4	37.8	36.7	38.9	5.92	
AGO 18 - OCT 6	113	369	36.4	38.3	38.9	37.7		3.15

Pp y Ev = precipitación pluvial y evaporación (mm) respectivamente (registrados en Cozumel, Q. Roo)

S = Salinidades en ‰ ; Si=inicial, Sf=final y Sn = exterior (Michupté)

XVe = porcentaje de entrada de agua a Bojórquez

XVs = porcentaje de salida de agua de Bojórquez

que son del orden de días o meses (Dyer, 1973, Mee, 1978, Hodgkin y Birch, 1982). El valor puede haber resultado tan elevado como reflejo de la sequía del periodo bajo estudio (1985-1986). En condiciones de lluvias intensas, los volúmenes exportados habrían sido mayores, con un intercambio de agua de Bojórquez hacia Nichupté de magnitud más elevada.

Para obtener una estimación más representativa del tiempo de residencia característico de LB, se utilizó el modelo desarrollado y los datos de precipitación y evaporación disponibles para los años 1980-1986. Se calcularon las variaciones de salinidad y los volúmenes de intercambio correspondientes a cada mes, estimándose el tiempo de residencia teórico que habría tenido cada uno de estos años. Finalmente se obtuvo el promedio de ellos que resultó de 2.9 años. Este valor respalda el planteamiento del párrafo anterior, en el sentido de que durante 85-86 la sequía determinó una situación de menor intercambio que lo normal.

Esta estimación del tiempo de residencia de LB, representativa de lo sucedido en un periodo de 6 años resulta más adecuada, y de utilidad en el manejo de la laguna. Sin embargo, también es importante mencionar que el modelo tiene algunas limitaciones que podrían implicar cierto sesgo en el cálculo del tiempo de residencia. Una expresión de esto consiste en que el error sobre la predicción de salinidad produce, acumulado sobre todo el año, un cambio neto de la salinidad; lo cual evidentemente no sucede en la realidad.

Una de las limitaciones surge precisamente del hecho de que las constantes del modelo se hayan calculado con valores de una situación atípica o extrema (un periodo seco con respecto a la media). Así el error del modelo aumentará al tratar de predecir sobre condiciones fuera del intervalo de valores con que fue establecido.

Otro problema se refiere a que no se incluye en el modelo la velocidad con que ocurren los procesos. Es decir, el lavado causado por una precipitación neta dada durante un mes es menor al que provocaría la misma precipitación en un solo día. De aquí que al considerar la cantidad total de lluvia por mes, y no a escala diaria (como estrictamente debería aplicarse para incluir lo repentino del fenómeno, sobre todo en las zonas tropicales, en que es común que se presenten chubascos intensos de corta duración), se está subestimando el intercambio real de agua.

Finalmente, cabe mencionar que el proceso de lavado de LB, intimamente ligado a los factores meteorológicos, probablemente presenta una variabilidad similar a la de éstos. Por ello, son de esperarse fuertes variaciones a escala intranual y de magnitud relativamente menor a escala interanual. Por otro lado, los fenómenos de baja frecuencia en la zona, pero de magnitud considerable como son los huracanes, probablemente afectan de manera importante el intercambio de agua en LB. Estos fenómenos podrían generar intercambio tanto por las fuertes lluvias y vientos que suelen acompañarlos, como por producir cambios locales en el nivel del mar. Sin embargo, la cuantificación de esos efectos requeriría de observaciones antes, durante y después de uno de estos fenómenos.

#### IV.4 OXIGENO Y NUTRIENTES

En esta sección se discuten conjuntamente los valores de nutrientes y de oxígeno disuelto, ya que sus comportamientos están relacionados.

##### IV.4.1 Variación estacional

En la figura IV.12 se observa la evolución anual en la concentración de oxígeno disuelto para LB (B. Somero y B. Profundo) y para SLN. Ninguna de las tres curvas muestra con claridad un comportamiento cíclico estacional. Sin embargo, en la correspondiente a Nichupté puede apreciarse una ligera oscilación de este tipo, con un máximo de oxígeno entre junio y agosto, y un mínimo entre octubre y noviembre. Estas observaciones son coherentes con las evaluaciones de productividad primaria neta (PPN) de Reyes (1988) quien encontró en el SLN una PPN máxima en julio y mínima en los meses de lluvia (fig. IV. 3), y un escaso componente estacional en el comportamiento de la PPN en LB.

Por otro lado, las disminuciones de oxígeno en febrero y julio de 1986 en Bojórquez, principales puntos que generan esta diferencia de comportamientos, pueden deberse a fenómenos de perturbación asociados a estos muestreos.

El muestreo de febrero se realizó durante fuertes vientos del norte, que pudieron generar una resuspensión de sedimentos. El mayor contenido de materia orgánica en los sedimentos de LB que en los de SLN (que se discute en la sección IV.5), podría causar un descenso más marcado de oxígeno en la primera laguna, de acuerdo a lo reportado por Reyes (1988), debido a un aumento drástico de la respiración.

Durante el mes anterior al muestreo de julio entró en funcionamiento una "podadora de malezas subacuáticas" en la parte norte de LB, en un intento por controlar su proliferación. Durante las salidas al campo fue posible observar a esta podadora en funcionamiento. La máquina arranca las macrófitas del fondo en lugar de cortarlas, y por consiguiente se produce una importante resuspensión del sedimento y un aumento considerable en la turbidez de la columna de agua. Estos efectos pudieron causar la disminución de oxígeno del muestreo mencionado.

Lo que más resalta en la figura IV.12 es la diferencia entre BS y BP, ya que si bien ambas curvas varían en forma casi paralela, BP mantiene concentraciones de oxígeno entre 0.4 y 1.6 ml/L por debajo de las de BS. Esta diferencia en los niveles de oxígeno de BP y BS, contrasta con lo observado en

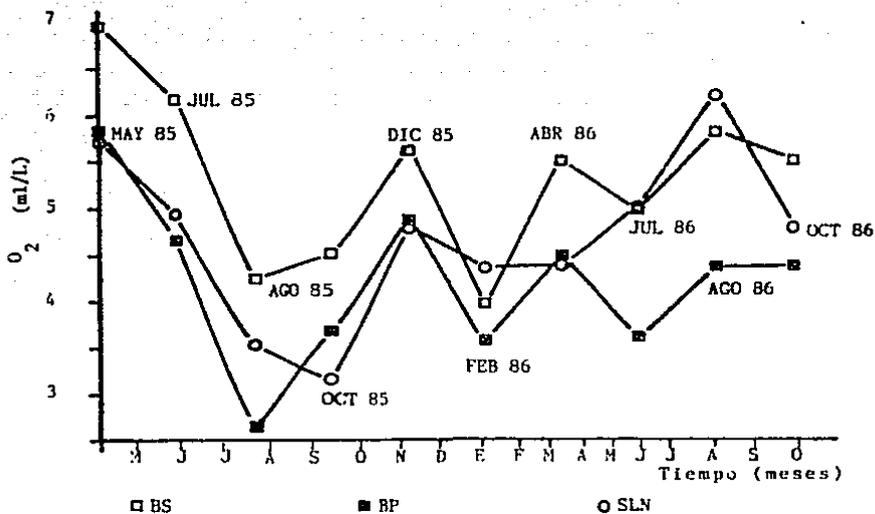


FIG. IV.12 VARIACION ANUAL DE LA CONCENTRACION DE OXIGENO DISUELTO (ml/L) EN BOJORQUEZ (SOMERO Y PROFUNDO) Y EN NICHUPTÉ

salinidad y temperatura que no permiten distinguir los dos Bojórquez. Frente al hecho de que la laguna se homogeneiza verticalmente con una frecuencia casi diaria, esto implica que existen procesos que afectan al oxígeno de manera distinta en BS y BP con una intensidad y frecuencia suficientes para mantener esta diferencia. Reyes (1988) concluye que durante el período de estos estudios, las concentraciones de oxígeno no están controladas por el intercambio con la atmósfera, por lo que se puede inferir que esta diferencia se debe a un balance entre producción-respiración diferente para BS y BP.

La existencia de un balance menor en BP podría atribuirse, por un lado, a que la producción puede ser menor debido a la remoción de los productores bentónicos originales por el dragado y, por el otro, a que la respiración puede ser más alta en estas zonas debido a que en ellas se presenta una mayor acumulación de materia orgánica que en el resto de la laguna (Merino y Gallegos, 1986).

En la figura IV.13 se presenta la variación anual para nitritos, nitratos, amonio, fosfatos y silicatos. Como ya se mencionó, solamente a partir de abril de 1986 fue posible analizar las muestras de inmediato, por lo que en los muestreos anteriores se congelaron hasta finales de febrero de 1986, cuando se pudieron analizar. De esta forma, las determinaciones anteriores a esta fecha se realizaron sobre muestras que permanecieron congeladas durante un período superior a los dos meses que Macdonald y MacLaughlin (1982) consideran como máximo para evitar alteración de muestras conservadas de nutrientes, procedentes de zonas costeras y estuarios.

La figura permite observar que para el caso de LB, todos los nutrientes, con excepción del silicato, muestran un comportamiento muy variable entre BS, BP y SLN antes de abril, para después seguir una tendencia similar. En la figura IV.14 se ha graficado la evolución temporal de la desviación estándar de todas las determinaciones de cada nutriente. Se aprecia que en general, con excepción del silicato, la desviación estándar aumenta con el tiempo que las muestras permanecieron congeladas, para mantenerse más o menos constante a partir de abril; o bien presenta valores muy variables pero más altos antes de abril, como en el fosfato. En el caso del silicato, por falta de precaución, las muestras no se descongelaron adecuadamente, por lo que los problemas de polimerización reportados por Burton (1970), seguramente causaron el descenso y homogenización de las determinaciones hasta antes de abril.

Con estos elementos que indican una alta probabilidad de error en estos datos, y la observación de que no muestran ningún patrón estacional que permita obtener información

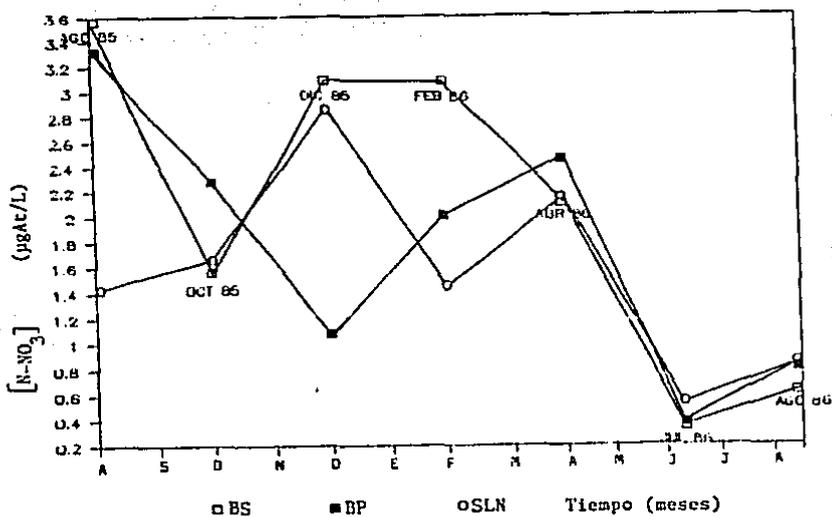
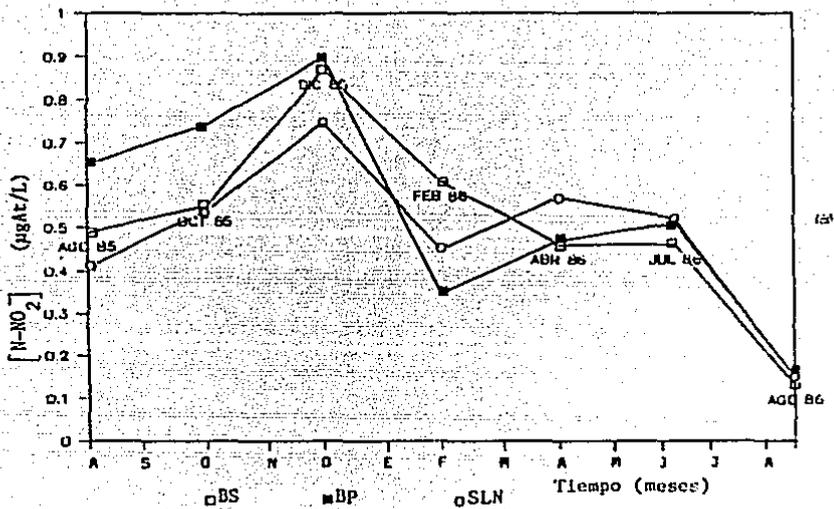


FIG. IV.13 VARIACION ANUAL DE LA CONCENTRACION DE (a) NITRITOS Y (b) NITRATOS

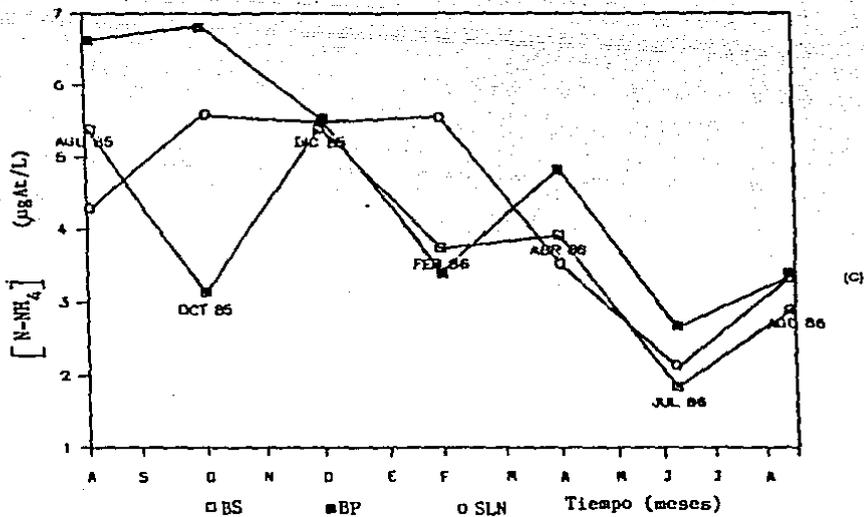


FIG. IV.13 (c) VARIACION ANUAL DE LA CONCENTRACION DE AMONIO

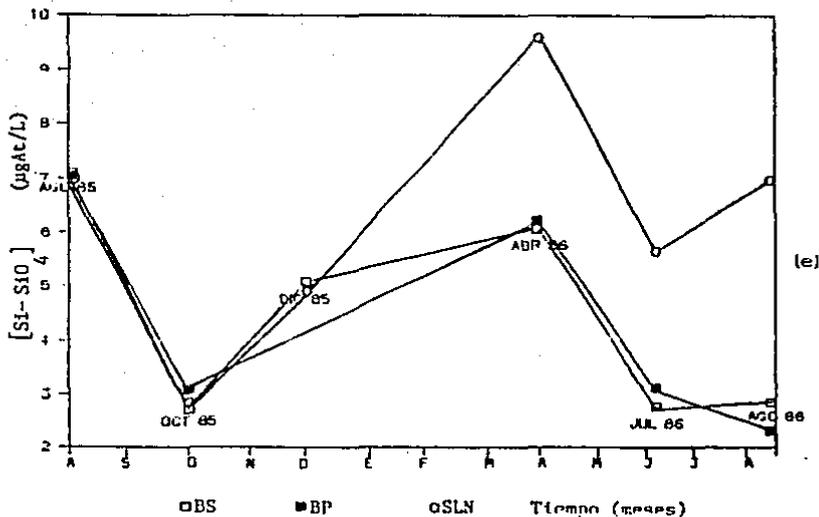
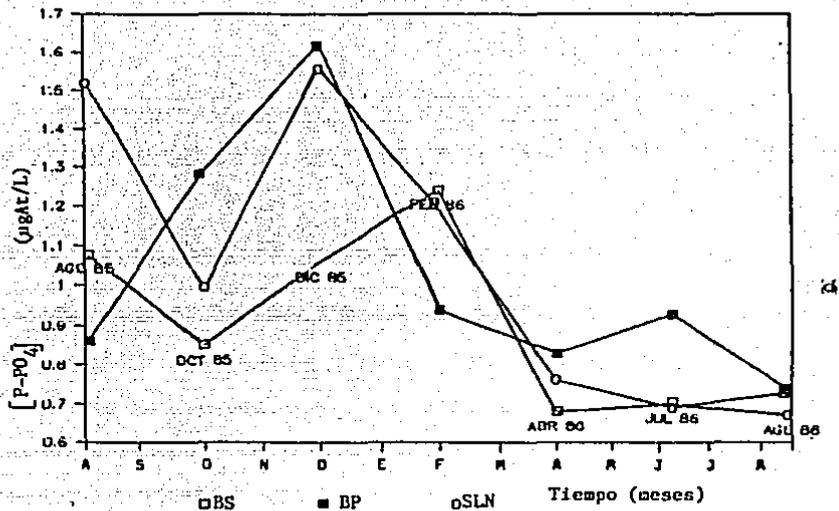


FIG. IV.13 VARIACION ANUAL DE LA CONCENTRACION DE (d) FOSFATOS Y (e) SILICATOS

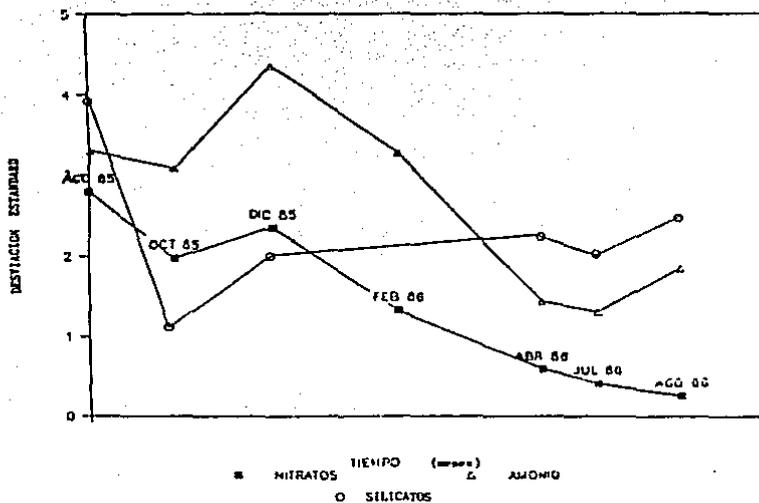
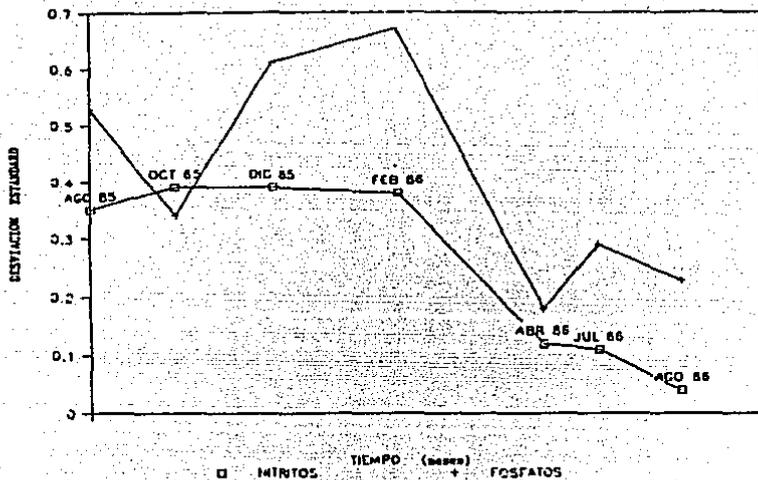


FIG IV.14 VARIACION DE LA DESVIACION ESTANDAR DE LA CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN FUNCION DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

sobre las lagunas, se consideró que tratar de utilizarlos podría ser riesgoso, por lo que no se discuten más a fondo.

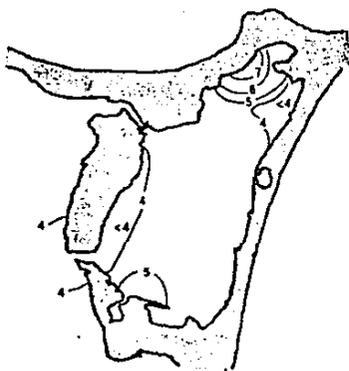
Para los tres muestreos restantes (abril, julio y agosto de 1986) con datos de calidad confiable, se observan en particular diferencias entre BS, BP y SLN. La más evidente la presentó el silicato, en que las tres curvas siguen un comportamiento similar, pero mientras los dos Bojórquez tienen concentraciones medias casi iguales para cada muestreo, Nichupte siempre mantiene concentraciones más elevadas (entre 2.4 y 4.1  $\mu$ moles) que BS y BP. Esta diferencia probablemente está asociada a la importancia del fitoplancton en Bojórquez (Merino y Gallegos 1986, Reyes 1988).

El fosfato y el amonio también muestran una diferencia de concentraciones que se mantiene en los tres muestreos, pero en este caso, es Bojórquez Profundo el que se distingue de las otras dos curvas, pero sobre todo de Bojórquez Somero. El amonio se mantiene en BP entre 0.6 y 0.92  $\mu$ moles por encima de BS, y el fosfato entre 0.05 y 0.23  $\mu$ moles. La permanencia de concentraciones superiores de estos dos nutrientes en Bojórquez Profundo puede deberse a una mayor importancia relativa de los procesos de regeneración de N y P de los sedimentos hacia la columna de agua en las zonas dragadas, a partir de la materia orgánica acumulada. Finalmente, los nitratos y los nitritos no presentan diferencias de concentración apreciables entre BS, BP y SLN.

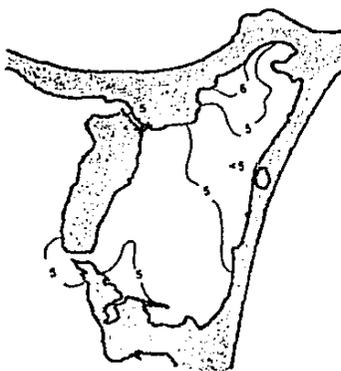
#### IV.4.2 Distribución horizontal

Se discuten a continuación las distribuciones horizontales del oxígeno y los nutrientes en superficie, dado que es el nivel en el que se contó con suficientes datos para trazar isolíneas. En la figura IV.15 se presenta la distribución horizontal del oxígeno para los meses de julio y diciembre de 1985, y agosto de 1986 para mostrar, de forma similar a lo presentado para salinidad y temperatura, los patrones que se observan en la parte cálida de los dos años muestreados y en el periodo de menor temperatura entre ellos.

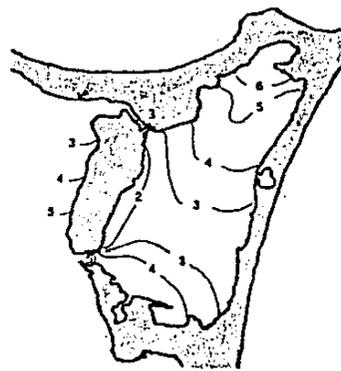
En los tres muestreos mencionados, aunque en menor grado en diciembre, se aprecia la existencia de zonas con mayor concentración de oxígeno en las partes más someras, ubicadas en los extremos norte y sur de la laguna. Estas concentraciones elevadas pueden atribuirse a una mayor producción primaria en ellas, como Reyes (1988) lo identifica, particularmente para la del norte.



JULIO 1985  
(a)



DICIEMBRE 1985  
(b)



AGOSTO 1986  
(c)

FIG IV.15 DISTRIBUCION SUPERFICIAL DE LA CONCENTRACION DE OXIGENO DISUELTO (ml/L) PARA TRES DE LOS MUESTREOS. En (a) julio de 1985, (b) diciembre de 1985 y (c) agosto de 1986

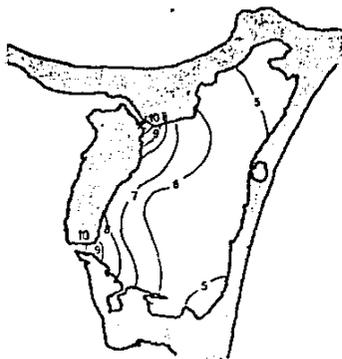
En contraste, los valores mas bajos tienden a distribuirse en bandas asociadas a las zonas dragadas, siendo este comportamiento mas evidente en los dos muestreos de la época cálida. Esta distribución puede intepretarse como una consecuencia de la remineralización de materia orgánica; asi como a una menor producción primaria, como fue reportado por Reyes (1988).

Para los nutrientes, se muestran las distribuciones horizontales de abril, julio y agosto de 1986. En la figura IV.16 se observan las isolíneas correspondientes al silicato. Este nutriente presenta marcados gradientes en los canales de comunicación y sus inmediaciones, condición asociada a la marcada diferencia de concentraciones entre LB y SLN. Estos gradientes, al igual que los de salinidad, permiten evidenciar el proceso de entrada de agua a LB desde SLN en ese periodo. En la tabla IV.3 se puede observar que anterior a estos meses estaba entrando agua a LB, y que la entrada fue mayor en el periodo previo al muestreo de abril, precisamente en el que la concentración del silicato aumentó en LB, y los gradientes se extienden mas al interior de esta laguna. En los otros dos muestreos, los gradientes se encuentran más bien en los canales y en la zona inmediata del SLN.

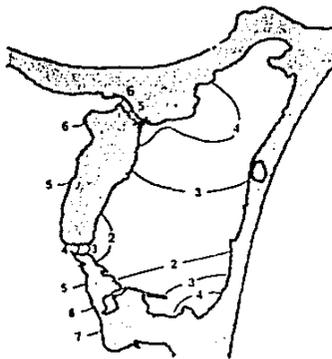
Las figuras IV.17 y IV.18 corresponden a la variación horizontal del fosfato y del amonio respectivamente. En ambas se distingue una tendencia a la presencia de bandas de mayor concentración cerca de las zonas dragadas. Esto podria deberse a una mayor regeneración de estos nutrientes en las zonas dragadas, además de un menor consumo asociado a la producción primaria de esas zonas.

Las distribuciones de nitratos y nitritos (figs. IV.19 y IV.20) casi no presentan gradientes. En el nitrato puede observarse una ligera tendencia a presentar un comportamiento similar al del fosfato y el amonio, con mayores concentraciones en las zonas dragadas, particularmente en el margen occidental de LB.

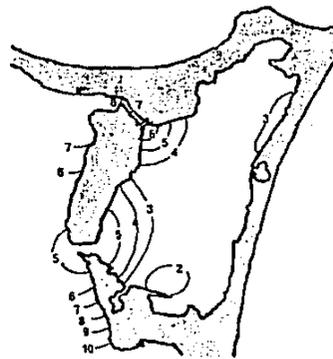
Por último, resulta interesante destacar que en general no se observa una influencia apreciable de la descarga de la planta de tratamiento sobre la distribución superficial de los nutrientes. Esto podria deberse a que la asimilación de los nutrientes sea más rápida que el aporte de la planta, o bien a que el gradiente creado por la descarga de la planta se vea enmascarado por los generados en la zona dragada en que esta descarga. En cualquiera de los dos casos, esta situación implica que la regeneración de nutrientes de las zonas dragadas es más importante que la descarga de la planta, en términos de la distribución de los nutrientes, y probablemente en el balance global de aporte a la columna de agua.



ABRIL 1986  
(a)



JULIO 1986  
(b)



AGOSTO 1986  
(c)

FIG IV.16 ISOLINEAS SUPERFICIALES DE LA CONCENTRACION DE SILICATOS (S1-S10<sub>μ</sub>) EN  $\mu\text{g-At/L}$

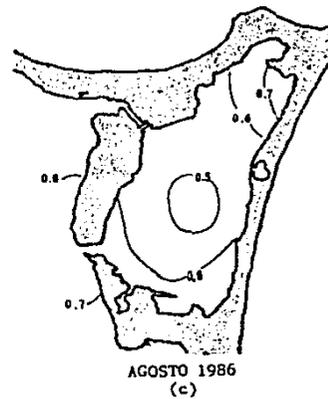
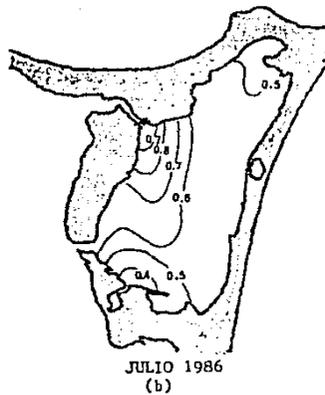
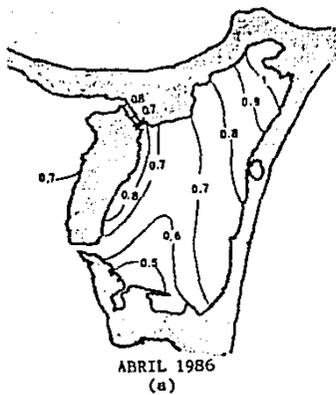
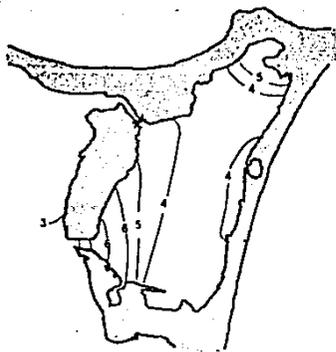
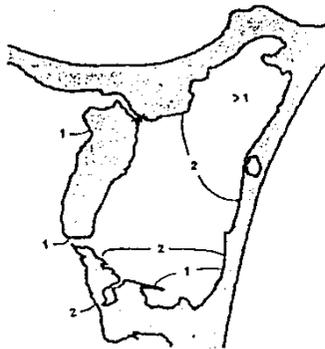


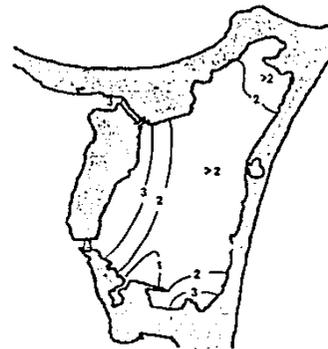
FIG IV.17 ISOLINEAS SUPERFICIALES DE LA CONCENTRACION DE FOSFATOS (P-PO<sub>4</sub>) EN  $\mu\text{E-AT/L}$



ABRIL 1986  
(a)

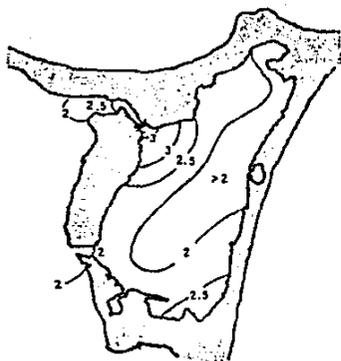


JULIO 1986  
(b)

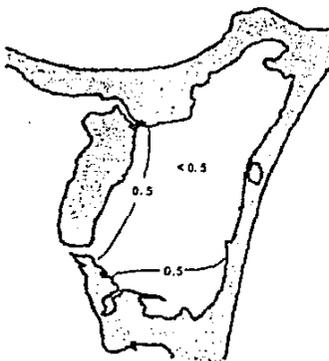


AGOSTO 1986  
(c)

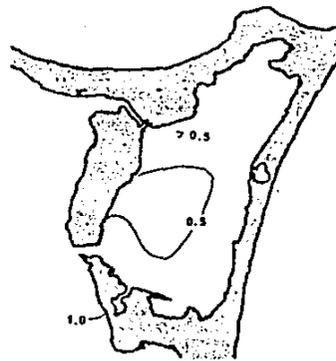
FIG IV.18 ISOLINEAS SUPERFICIALES DE LA CONCENTRACION DE AMONIO ( $N-NH_4$ ) EN  $\mu g-At/L$



ABRIL 1986  
(a)

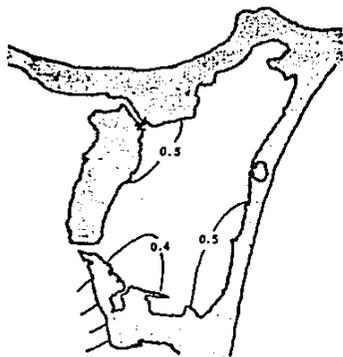


JULIO 1986  
(b)

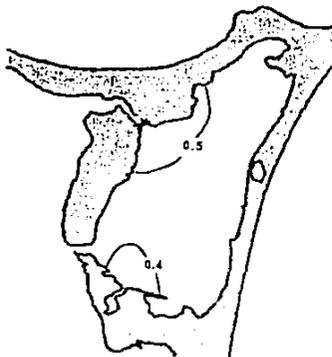


AGOSTO 1986  
(c)

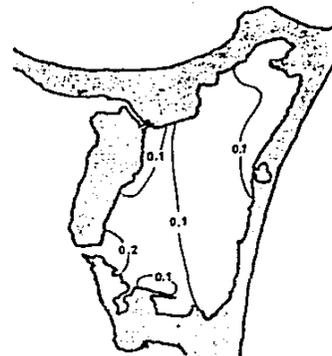
FIG IV. 19 ISOLINEAS SUPERFICIALES DE LA CONCENTRACION DE NITRATOS (N-NO<sub>3</sub>) EN  $\mu\text{g-At/L}$



ABRIL 1986  
(a)



JULIO 1986  
(b)



AGOSTO 1986  
(c)

FIG IV.20 ISOLINEAS SUPERFICIALES DE LA CONCENTRACION DE NITRITOS ( $N-NO_2$ ) EN  $\mu g-At/L$

#### IV.4.3 Variaciones Diarias

El análisis preliminar de las variaciones diarias de los nutrientes y el oxígeno apoya la ausencia de una estratificación, tal como se concluyó en las secciones anteriores, lo que permitió trabajar con los datos promediados en la vertical. Por otro lado, para disminuir el "ruido" que estas variables suelen presentar, se suavizaron las curvas mediante la técnica de "promedios corridos" usada por Reyes (1988), que consiste en promediar cada dato con el inmediato anterior y posterior.

El oxígeno disuelto mostró una evolución diaria característica de los procesos biológicos de producción y respiración, con un aumento de concentración durante el día y una disminución en la noche y madrugada. Estos datos han sido discutidos en detalle por Reyes (1988), y le permitieron realizar estimaciones de productividad y respiración; que en este trabajo se utilizan en la sección IV.4.3.1 (figuras IV.26 a IV.30) para discutir los procesos de regeneración.

Las figuras IV.21 a IV.25 presentan la variación diaria de nitratos, nitritos, fosfatos, amonio y silicatos observada en las estaciones A, B y D (julio 1986), y C y E (agosto 1986) respectivamente. De manera general, las variaciones de los nutrientes también parecen estar relacionadas con los procesos biológicos, mostrando cambios apreciables entre las horas del día con y sin luz solar.

En el muestro de julio (figs. IV.21, IV.22 y IV.23) se aprecia un aumento del nitrato y del amonio en la noche, mientras que durante el día mantienen concentraciones bajas o que tienden a disminuir (observese que el uso de una escala menor para el amonio en la estación D enmascara sus variaciones). Tratándose de las dos especies químicas más importantes del nitrógeno inorgánico, y de que éste es normalmente el nutriente limitante en aguas costeras (Ryther y Dunstan 1971; Mee, 1978), la variación probablemente se debe a dominancia del consumo por parte de los productores primarios sobre la regeneración durante el día, y a la situación opuesta en la noche.

La oscilación del nitrato es más elevada en la estación D (fig. IV.23) que en las de LB, y ligeramente mayor en la A (fig. IV.21) que en la B (fig. IV.22). Esto pudiera estar relacionado con el tipo de productores primarios que se encuentran en cada estación. Como se mencionó, en la D hay una comunidad dominada por Thalassia testudinum, en la A se presenta una variedad de productores entre los que destacan Ruppia maritima y Halodule wrightii, y la estación B está en una zona dragada, donde domina el fitoplancton y algas cianofitas en el fondo. McRoy et al., (1972) y McRoy y

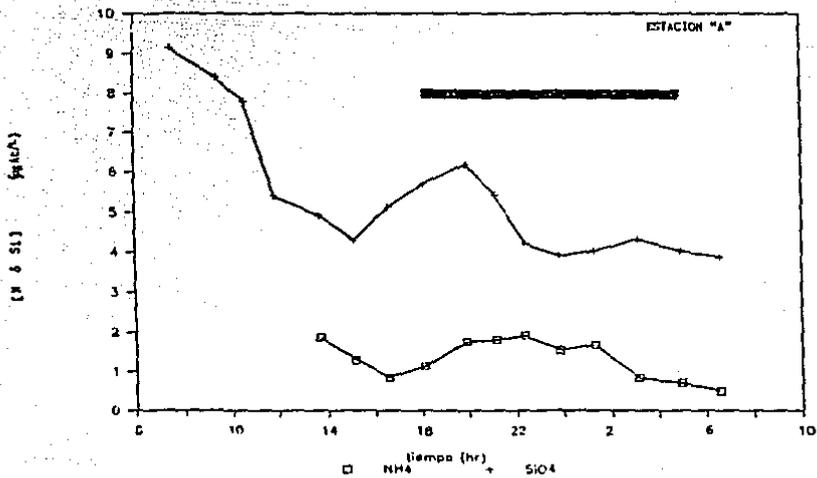
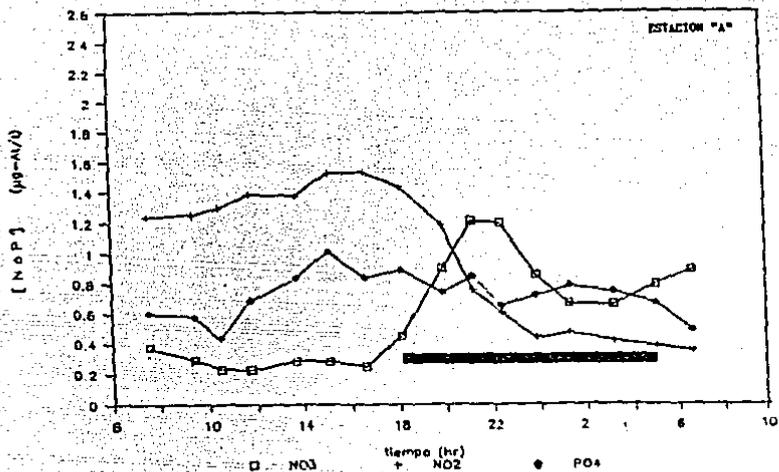
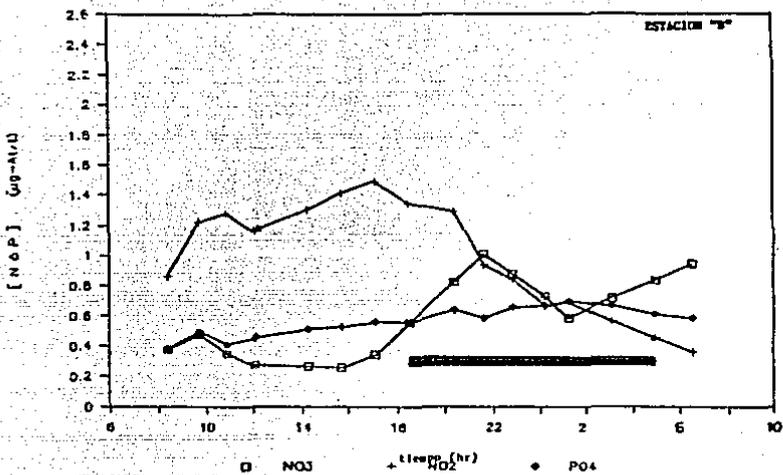
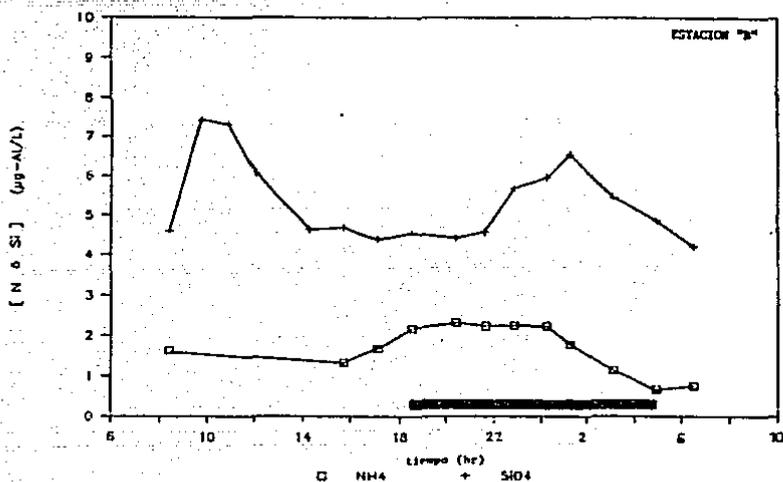


FIG IV.21 VARIACION DIARIA DE NUTRIENTES ( $\mu\text{g-N/L}$ ) EN LA ESTACION "A" (Julio 1986). (a) nitratos, nitritos y fosfatos y (b) amonio y silicatos



(a)



(b)

FIG IV.22 VARIACION DIARIA DE NUTRIENTES (µg-At/L) EN LA ESTACION "B" (Julio 1986). (a) nitratos, nitritos y fosfatos y (b) amonio y silicatos

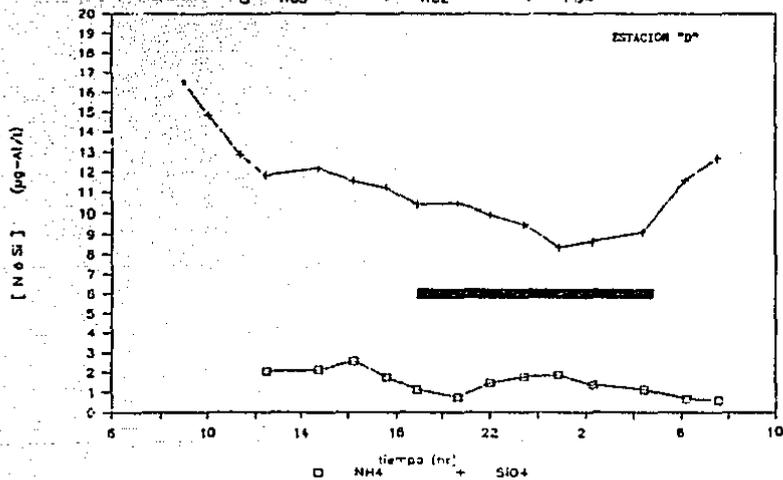
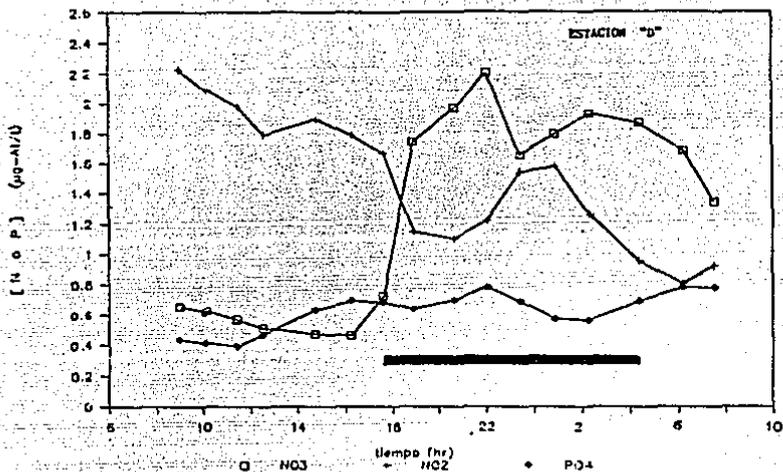


FIG IV.23 VARIACION DIARIA DE NUTRIENTES (µg-At/L) EN LA ESTACION "D" (Julio 1986). (a) nitratos, nitritos y fosfatos y (b) amonio y silicatos. Nótese que la escala de silicatos es del doble que en las figuras IV.21, IV.22 y IV.25

McMillan (1977) han demostrado la capacidad de las angiospermas marinas de bombear N y P inorgánicos de los sedimentos hacia la columna de agua. Esta capacidad podría explicar algunas de las diferencias entre las tres estaciones.

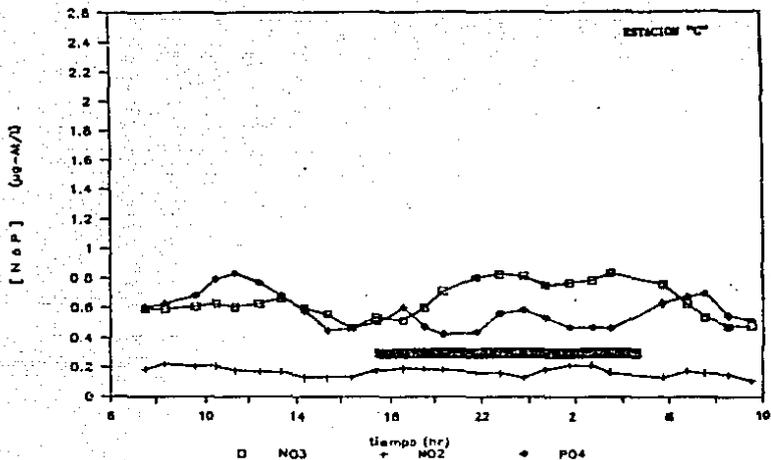
El nitrito, que presenta concentraciones relativamente altas durante este muestreo, parece seguir un comportamiento inverso al de las otras dos especies de N inorgánico. Aunque no resulta fácil explicar este comportamiento, la variación se aprecia asociada al ciclo diurno, por lo que también debe estar relacionada con los procesos biológicos.

El fosfato presenta variaciones pequeñas sin ningún patrón o tendencia identificable, aunque en las estaciones B y D aumentó ligeramente durante el periodo muestreado. Esta falta de oscilación diaria del P inorgánico es un elemento que indica que el N es probablemente el nutriente limitante de la producción primaria en LB.

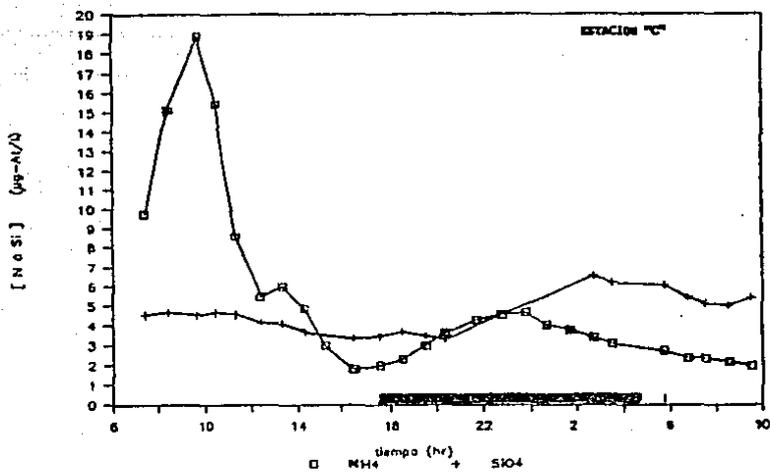
El silicato tampoco mostró un patrón similar entre las estaciones muestreadas en julio de 1986, ni una variación asociada a la ausencia o presencia de la luz solar. Sin embargo, se aprecia la diferencia de concentraciones entre la estación del SLN (D) y las del LB (A y B), ya identificada anteriormente como una característica distintiva entre ambas cuencas (notese que la escala es del doble en la figura de la estación D). Se compararon las variaciones del silicato (en su calidad de "marcador" útil para distinguir el agua de LB de la del SLN) con la predicción de mareas para Cozumel, Q. Roo (Instituto de Geofísica, 1986), pero no se encontró relación alguna, corroborando la escasa influencia de las mareas en estas lagunas.

El muestreo de agosto de 1986 (figs. IV.24 y IV.25) permite observar una situación diferente. El nitrito registró concentraciones más bajas, y no es posible observar una variación asociada al ciclo diario. Similarmente, el nitrato se mantuvo con concentraciones del orden de las observadas durante el día en julio, presentado un aumento más ligero durante la noche. En contraste, el amonio tuvo variaciones más marcadas en este muestreo que en julio. Durante el día se observó una fuerte disminución en la concentración de este nutriente, seguida de un drástico aumento en la primera parte de la noche.

Por otro lado, en las primeras horas del muestreo, el amonio presentó concentraciones considerablemente más elevadas que las registradas posteriormente y a las de julio. En la estación C (fig. IV.24) (notese el cambio de escala) se aprecia un máximo cerca de las diez de la mañana, que desciende fuertemente en el transcurso del día, mientras que la curva de amonio en la estación E (fig. IV.25) sugiere un

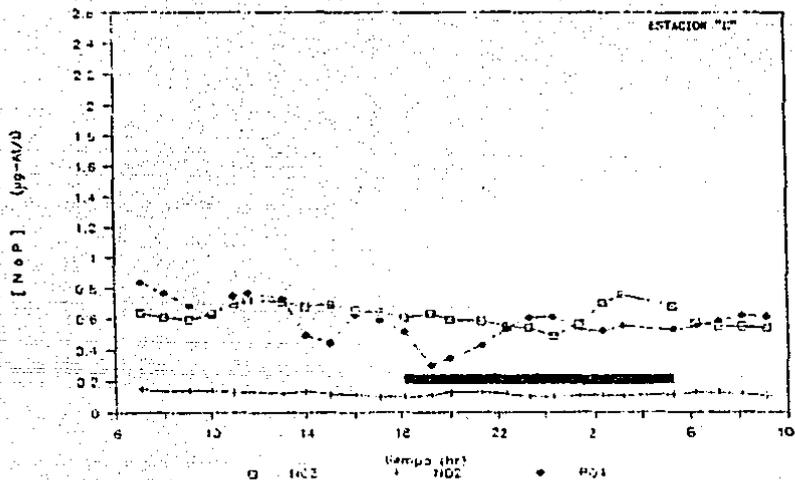


(a)

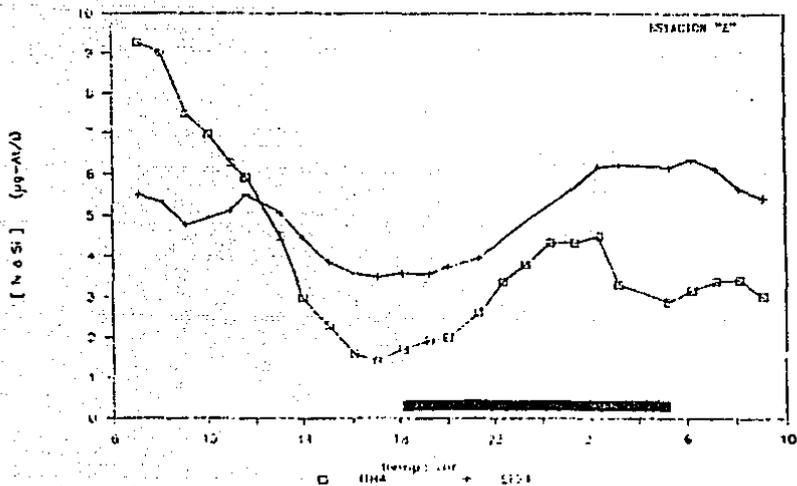


(b)

FIG IV.24 VARIACION DIARIA DE NUTRIENTES (µg-AT/L) EN LA ESTACION "C" (Agosto 1986). (a) nitratos, nitritos y fosfatos y (b) amonio y silicatos. Notese que la escala de silicatos y amonio es del doble que en las figuras IV.21, IV.22 y IV.25



(a)



(b)

FIG IV.15 VARIACION DIARIA DE NUTRIENTES EN (µg-At/L) EN LA ESTACION "E" (Agosto 1986; (a) nitratos, nitritos y fosfatos y (b) amonio y silicatos

comportamiento similar pero con el máximo en algún momento antes de iniciarse el muestreo.

Este comportamiento se debe probablemente a la liberación de amonio asociada a la resuspensión de los sedimentos causada por un evento de tipo ocasional. Una posibilidad a este respecto es la instalación de un anclaje de cemento en la estación E durante el día anterior al muestreo, la cual causo una fuerte perturbación del fondo (la estación C está suficientemente cerca de la E, como para mostrar también los mismos efectos por advección del agua). También podría deberse a algún otro tipo de proceso, como es el desprendimiento de las películas de algas cianofitas del fondo de las zonas dragadas observado en esos días. Durante su ascenso, estas películas van dejando material particulado de los sedimentos, principalmente de carácter orgánico (Merino y Gallegos, 1986).

Independientemente del origen de esta perturbación, resulta interesante la posibilidad de que la elevada disponibilidad de amonio sea la causante de las diferencias encontradas entre uno y otro muestreo. En agosto, se observa una mayor oscilación en las curvas de oxígeno (figs. IV.26 a IV.30), si se comparan las estaciones profundas y someras entre sí. Esta situación sugiere la existencia de una mayor actividad metabólica (producción y respiración), posiblemente estimulada por la mayor disponibilidad de N en forma de amonio.

Esta posibilidad parece estar reforzada por el comportamiento del fosfato y del silicato, que en este muestreo presentan una oscilación diaria similar a la de las formas de nitrógeno, la cual podría deberse al consumo y regeneración de estos nutrientes. El silicato muestra tanto un descenso durante el día como una elevación durante la noche en las dos estaciones. El fosfato muestra variaciones menos evidentes, y una señal más ruidosa. Sin embargo, en ambos casos es posible observar al menos una disminución general durante el día.

#### IV.4.3.1 Elemento limitante y Regeneración

A partir de la observación de variaciones en los nutrientes atribuibles a los procesos metabólicos diarios, se consideró la posibilidad de obtener de estas variaciones información sobre la limitación de la producción primaria en LB y SLN, así como de la magnitud de los procesos de regeneración, y sus diferencias entre las distintas zonas, ya sugeridas en el estudio de las variaciones estacionales en BS, BP y SLN.

Para ello, se calculó el Nitrógeno total inorgánico (Nt) como la suma de las concentraciones de nitrito, nitrato y amonio, y la relación de Nitrógeno a Fósforo (N:P). En las figuras IV.26 a IV.30 se han graficado las variaciones diarias de estos parámetros para las estaciones A, B, C, D y E respectivamente. También se presentan las curvas de variación del oxígeno disuelto para mostrar los periodos de actividad e inactividad de producción primaria.

La relación N:P se mantuvo, con excepción de las primeras horas de la mañana, en la estación C (en que se presentó el pico máximo de amonio) por debajo del valor de 14. Un valor de 16 se considera como el punto en que se encuentran balanceadas las concentraciones de nitrógeno y fósforo con respecto a los requerimientos de los productores primarios (Redfield *et al.*, 1963). De aquí puede inferirse que, como ha sido indicado para los ecosistemas costeros (Ryther y Dunstan, 1971), el nitrógeno es el elemento limitante en LB y SLN. Esta situación se evidencia aun más al observar que en todas las curvas de N:P, éste disminuye durante el día hasta valores de entre 3 y 5. Lo anterior puede deberse, suponiendo que el consumo se da en una proporción cercana a la relación de Redfield, a que la regeneración del fósforo a partir de la materia orgánica sea más rápida que la del nitrógeno, lo cual ha sido reportado tanto por Ryther y Dunstan (1971) como por Nixon (1979).

Esta situación, posiblemente natural en las lagunas estudiadas, puede haberse visto reforzada por la descarga de la planta de tratamiento de aguas negras, que durante el periodo de estudio descargó aguas con una relación N:P media de 4.6, contribuyendo con ello a la existencia de un "exceso" de fósforo en la laguna. Mas adelante, en la sección de análisis de los sedimentos, se aportan más elementos para sustentar que el N es el limitante.

Por otro lado, las curvas de nitrógeno total (Nt) de las figuras IV.26 a IV.30 presentan un decremento de la concentración durante el día y un fuerte aumento en la primera mitad de la noche, para todas las estaciones y en los dos meses muestreados. Este incremento coincide en todas las curvas con el descenso de la concentración de oxígeno correspondiente a la interrupción de la producción primaria, lo cual fué verificado por Reyes (1988). Por tanto, se puede atribuir este aumento a la regeneración de nitrógeno, suponiendo que su consumo se suspende o es muy cercano a cero en ese periodo, posibilidad apoyada por que el aumento es rápido y se presenta al suspenderse la producción primaria.

De esta forma, puede estimarse la velocidad de regeneración de nitrógeno como la pendiente media de la curva durante el periodo de incremento. En la tabla IV.4, se presentan los valores así obtenidos para cada una de las estaciones. Por

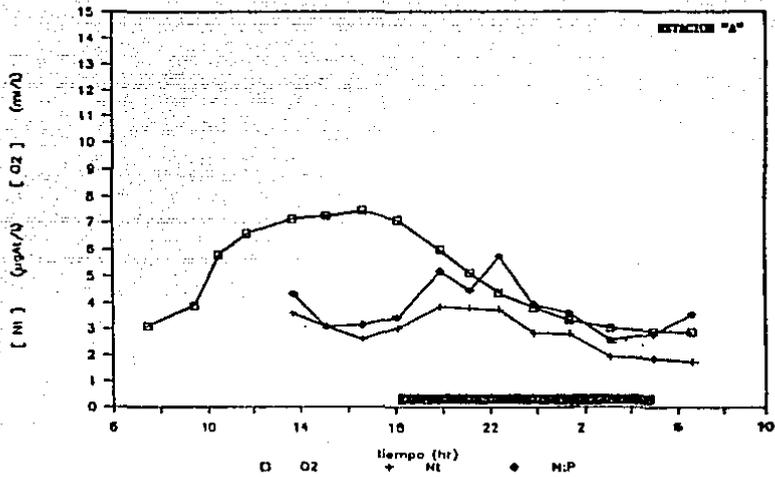


FIG IV.26 VARIACION DIARIA EN LA CONCENTRACION DE OXIGENO DISUELTO (mg/L), NITROGENO TOTAL (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub>) EN µgat/L DE Nt Y LA RELACION N:P EN LA ESTACION "A"

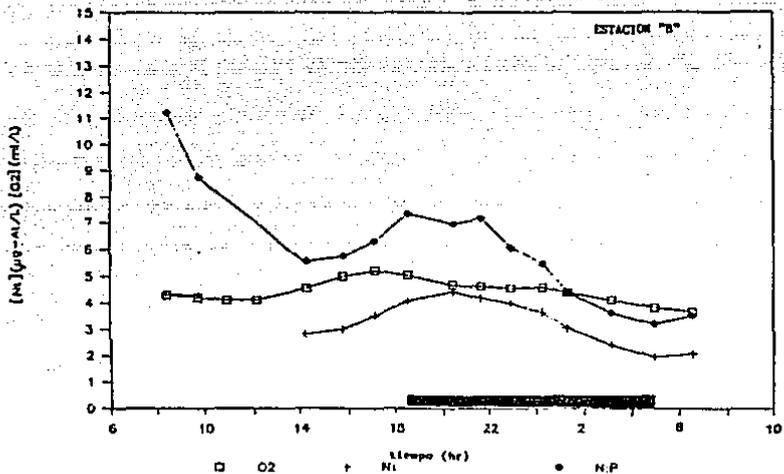


FIG IV.27 VARIACION DIARIA EN LA CONCENTRACION DE OXIGENO DISUELTO (ml/L), NITROGENO TOTAL (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub>) EN µg/L) DE Nt Y LA RELACION N:P EN LA ESTACION "B"

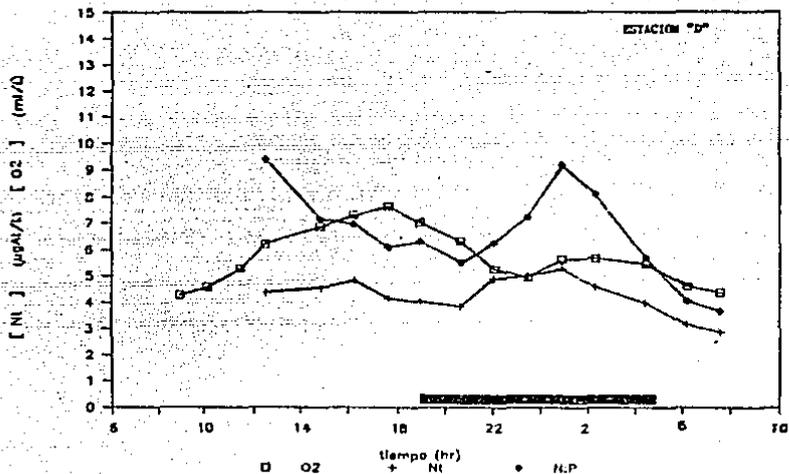


FIG IV.28 VARIACION DIARIA EN LA CONCENTRACION DE OXIGENO DISUELTO (ml/L), NITROGENO TOTAL ( $\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4$ ) EN  $\mu\text{gAt/L}$  DE Nt Y LA RELACION N:P EN LA ESTACION "D"

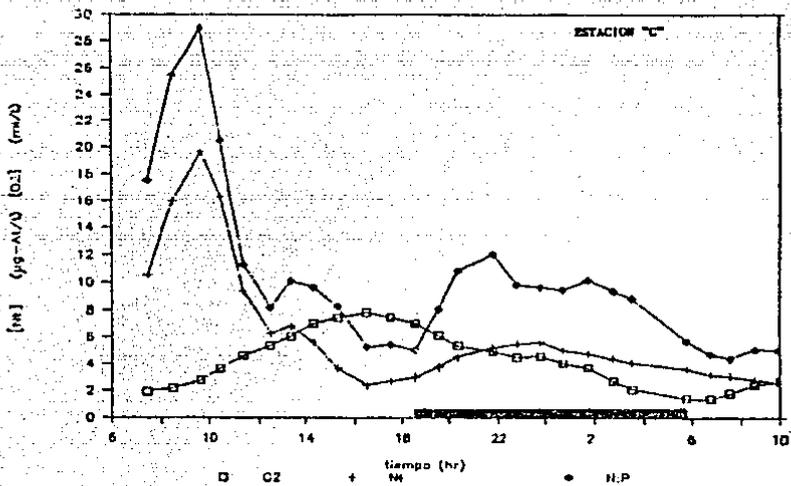


FIG IV.29 VARIACION DIARIA EN LA CONCENTRACION DE OXIGENO DISUELTO (mg/L), NITROGENO TOTAL (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub>) EN µg-at/L) DE Nt Y LA RELACION N:P EN LA ESTACION "C". Nota: que la escala de nitrogeno total y oxigeno es del doble que en las figuras IV.26, IV.27, IV.28 y IV.30

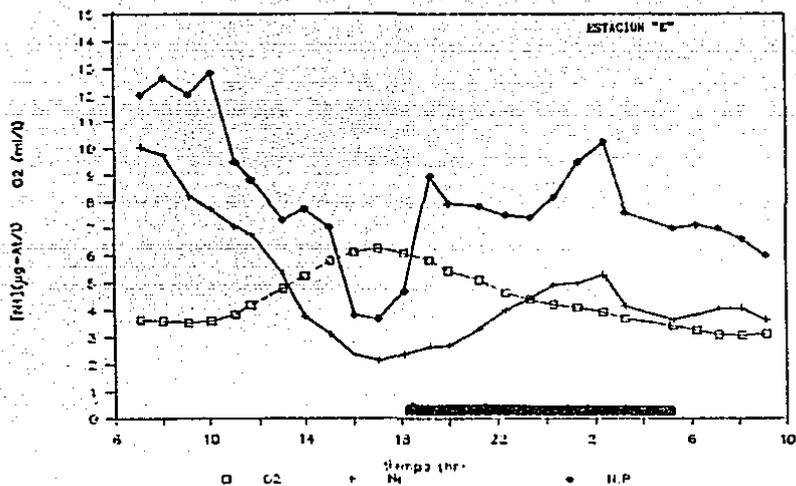


FIG IV.30 VARIACION DIARIA EN LA CONCENTRACION DE OXIGENO DISUELTO (ml/L), NITROGENO TOTAL (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub>) EN µg-at/L) DE Nt Y LA RELACION N:P EN LA ESTACION "E"

otro lado, suponiendo que esta velocidad de regeneración se mantuviera constante durante las 24 horas, es factible estimar el potencial de regeneración diario de este elemento limitante, y compararlo con las necesidades de consumo para la producción.

Se usó la producción neta ya que lo que interesa es el consumo neto de N por parte de la comunidad productora. Dado que en las lagunas existen una gran diversidad de productores primarios, y que éstos presentan distintas proporciones de C:N (De la Lanza y Arenas, 1986), el consumo de N asociado a la PN se estimó suponiendo tanto la proporción de C:N = 106/16 establecida para el fitoplancton (Redfield et al., 1934), como la de C:N = 80/8 estimada para Thalassia por De la Lanza y Arenas (1978), intentando cubrir el intervalo de variación en la proporción C:N en los distintos tipos de vegetación presentes en LB y SLN.

Aunque los resultados así obtenidos deben tomarse con precaución debido a todas las suposiciones implícitas, los valores son coherentes con lo observado. En particular, se debe tener en cuenta que el cálculo en base a la proporción de Thalassia es probablemente más válido en el caso de la estación D, mientras que en las estaciones profundas (B y E) la estimación con la proporción del fitoplancton puede ser mejor, y en las someras de LB (A y C) la proporción ideal sería una intermedia.

Independientemente de la incertidumbre a este respecto, la tabla evidencia diferencias significativas entre las estaciones. Especialmente notorio es el hecho de que la estación D sea la única en la que aparentemente la regeneración no excede a los requerimientos de la producción. En cambio, en todas las estaciones de LB, bajo el supuesto de que la regeneración puede darse con la velocidad estimada durante todo el día, el potencial regenerador de N parece estar en exceso para las necesidades de producción del momento.

Esta situación puede considerarse como una evidencia de la eutroficación de LB relativa a SLN. Al respecto, se respalda también lo mencionado en las secciones anteriores sobre la existencia de una mayor regeneración en las zonas dragadas por la notoria diferencia entre las estaciones someras (A y C) y las de zonas dragadas (B y E) para ambos muestreos (julio y agosto). La mayor magnitud de la regeneración en el muestreo de agosto puede deberse al efecto del evento perturbador discutido anteriormente, o bien a las diferencias entre las estaciones A y C, y B y E. La estación C en general mostró mayor evidencia de eutroficación que la A durante el muestreo, tanto por una mayor presencia de algas que de angiospermas, como por la variabilidad de su producción y respiración (Reyes, 1988). La estación B, por otro lado, presenta según Reyes (1988) una disminución global de su metabolismo, que atribuye al efecto de la

TABLA IV.4 ESTIMACIONES DE REGENERACION DE NITROGENO Y SU REQUERIMIENTO PARA LA PRODUCCION PRIMARIA

ESTACION	CARACTERISTICAS	MUESTRO	PN(C)	R(N) (C106H16)	R(N) (C80H8)	Vi	Rd	Bd (C106H16)	Bd (C80H8)	MEDIA
B	Boj.dragado tránsito náutico	Jul.	2.7	-0.41	-0.27	0.31	7.44	7.03*	7.17	7.1
D	Refer. Nichupté somera	Jul.	128.6	-19.41	-12.86	0.34	8.16	-11.25	-4.7*	-7.97
A	Boj. somero Pastos y epifitas	Jul.	69.6	-10.5	-6.96	0.37	8.88	-1.62	1.92	0.15*
C	Boj. somero Pastos y epifitas	Ago.	69.6	-10.5	-6.96	0.44	10.56	0.06	3.6	1.83*
E	Boj.dragado aislada	Ago.	2.7	-0.41	-0.27	0.41	9.84	9.43*	9.57	9.5

PN(C) = Producción neta diaria de carbono (mgAt/m<sup>3</sup>día)

R(N) = Requerimiento de nitrógeno para la PN (C) diaria  
considerando C:N de 106/16 y 80/8

Vi = velocidad instantánea máxima de regeneración de N (mgAt/m<sup>3</sup>hr)

Rd = Estimación de la regeneración diaria de N (mgAt/m<sup>3</sup>día)  
considerando la vel. máx. cte. las 24 hr

Bd = Balance diario de N (Regeneración - Requerimientos)

NOTA: Se indican con (\*) los valores que se consideran mas representativos para cada estación

descarga de la planta de tratamiento, que puede llevar substancias inhibidoras del crecimiento biológico en general (Clark, 1977).

#### IV.5 SEDIMENTOS

Por la importancia del sedimento como sitio activo para la remineralización de materia orgánica y como reservorio de nutrientes, se extrajeron y analizaron núcleos de sedimento, a fin de tener una aproximación de la importancia del sedimento en establecer la alta productividad de la LB.

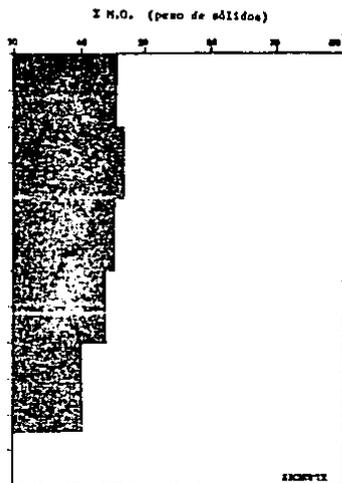
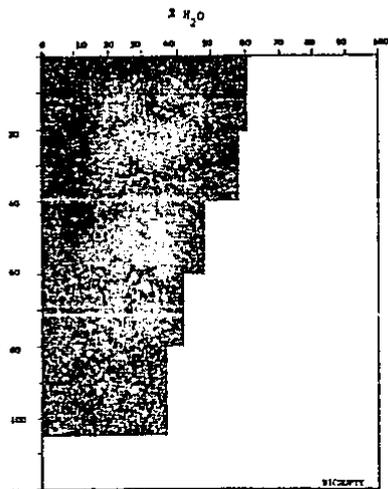
Al introducir los nucleadores en las capas superficiales del sedimento su inserción fue fácil, pero después de cierta profundidad la operación se dificultó. Se notó la presencia de una capa muy blanda, seguida de otra mas consolidada, difícil de nuclear. Este contraste fue mas notorio en Bojórquez que en el SLN. El contenido de agua y de materia orgánica determinados en un núcleo de LB y uno de SLN, que se presentan en la figura IV.31, corroboran la existencia de estas dos capas en LB.

En la figura IV.31 se aprecia que hasta una profundidad cercana a los 75 cm los sedimentos de LB contienen del orden de un 75% de agua en peso. En cambio en SLN, la cantidad de agua va disminuyendo gradualmente desde un 80% en superficie, alcanzando alrededor del 40% cerca de los 70 cm. Aproximadamente a esta profundidad y con un cambio brusco, la cantidad de agua en LB se reduce a un valor similar al del SLN.

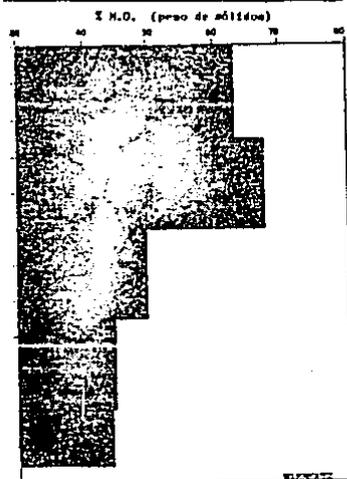
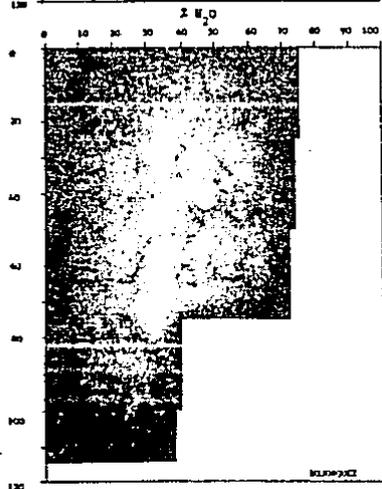
La consistencia del sedimento depende de la velocidad con que éste se ha sedimentado, del tiempo transcurrido, y del contenido de materia orgánica (De la Lanza, 1986). Así, la presencia de esta capa poco consistente en LB puede estar relacionada con la eutroficación, la cual generaría un incremento en la sedimentación biogénica y mayor contenido de materia orgánica en los sedimentos. Esta posibilidad se refuerza al comparar los perfiles del porcentaje de materia orgánica en los sedimentos de LB y SLN (fig. IV.31).

Mientras en SLN el contenido de materia orgánica (en porcentaje del peso total de solidos) se mantiene casi constante en todo el núcleo, variando de un 45% en la capa superior a un 40% por debajo de los 70 cm; LB alcanza en la capa superior casi un 70% de materia orgánica, para reducirse a valores muy similares a los de SLN, aproximadamente a partir de los 60 cm.

La cantidad de materia orgánica es relativamente elevada para lo encontrado en otros sistemas lagunares (Mee 1977,



(a)



(b)

FIG IV.31 PORCENTAJE DE AGUA Y DE MATERIA ORGANICA DETERMINADOS DETERMINADOS EN UN NUCLEO DE SEDIMENTO EXTRAIDO EN (a) NICHUPTÉ Y (b) BOJORQUEZ

Arenas 1979, Ortega 1983, Flores 1985). La técnica utilizada (ignición de la muestra) podría generar una sobreestimación por pérdida de carbonatos, por lo que es necesario manejar estos datos con cautela. Sin embargo, aún considerando que estas determinaciones tengan un sesgo, tomando solo su valor relativo, permiten distinguir las dos capas, y sugieren que la capa superior de baja compactación en LB se depositó en condiciones de eutroficación con respecto a las anteriores y a las actuales del SLN, y por tanto, que el horizonte que la separa de sedimentos de características similares a los de SLN corresponde al inicio de los procesos de eutroficación en LB.

Ahora bien, este horizonte se encuentra a una profundidad tal que difícilmente coincidiría con el inicio de la actividad humana en la zona y la construcción de Cancún. La evidencia de esta actividad se detectó en los núcleos de las zonas dragadas. En la figura IV.32 (a,b,c) se esquematiza la secuencia de capas encontrada en un núcleo de estas zonas (a), junto con un núcleo representativo de una zona no dragada de LB (b), y otro del SLN (c).

Los núcleos de las zonas dragadas fueron muy similares entre sí y presentaron solamente dos capas (fig. IV.32 a). Una superior, de muy poca consistencia, elevado contenido de agua y materia orgánica, color obscuro, olor fétido, y un espesor de entre 25 y 27 cm. El contraste con la capa inferior fue muy brusco, pues esta es muy compacta, color blanco y sedimento fino, sin olor, y un espesor mayor a 50 cm, más allá del cual no se pudo continuar la inserción del nucleador. En todos los núcleos se llegó eventualmente a esta capa, que probablemente corresponde a un ambiente de deposición previo a la formación del SLN (Aguayo et al., 1980). Esta capa se encontró en los núcleos del SLN y las zonas sin dragar de LB (fig. IV.31, b, c) a una profundidad de entre 70 y 80 cm bajo la superficie de los sedimentos, nivel que coincide con lo encontrado en los perfiles de contenido de agua y materia orgánica.

En las zonas dragadas se removió del orden de 1 a 2 m de sedimentos por debajo del fondo lagunar original, por lo que esta capa blanca debe haberse dejado al descubierto. De aquí que la capa superior de los núcleos de esas zonas se haya depositado a partir de los dragados, que tuvieron lugar en 1971. Esta situación permite hacer una estimación de la tasa media de deposición del material poco consolidado compuesto preferentemente por materia orgánica, que se ha acumulado en las zonas dragadas desde 1971 hasta 1986. Tomando un promedio de 26 cm de espesor, se obtiene una aproximación de la velocidad media de deposición de ese material del orden de 1.7 cm/año. Este valor es superior a lo encontrado por Yépez (1987) en el Lago de Chapala, con una velocidad de sedimentación entre 0.6 y 1.1 cm/año, que considera baja. Sin embargo, si se toma en cuenta que esta capa tiene un

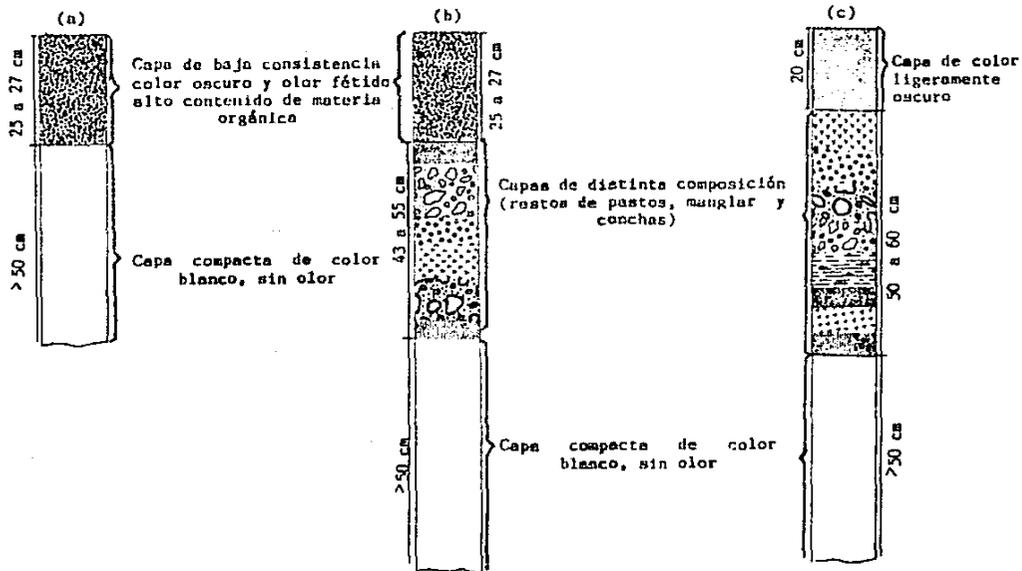


FIG IV.32 REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LOS NUCLEOS EXTRAIDOS DE SEDIMENTO LAGUNAR PARA LOS TRES AMBIENTES (a) CANAL DRAGADO EN BOJORQUEZ (b) BOJORQUEZ SIN DRAGAR Y (c) NICHUPTÉ .

elevado contenido de agua y materia orgánica y, por tanto, una muy baja compactación; además de que los canales están actuando como trampas que recogen la mayor parte del material de la propia laguna, ese valor puede ser aceptable como una primera aproximación.

En los núcleos del fondo lagunar sin dragar de LB (fig. IV.32 b), se encontró una capa superficial de características similares a la de las zonas dragadas, y con un espesor de 25 a 27 cm. Esto sugiere que la estimación de la tasa de deposición es aplicable a todo Bojórquez, y que en general, esa capa refleja las condiciones del material que se está depositando en el fondo en el tiempo actual (desde el inicio de la actividad humana en 1971), cuya principal característica es el alto contenido orgánico.

A la superficial, le sigue otra sucesión variable de capas en los núcleos obtenidos, con un espesor total de entre 43 y 55 cm. En esa sección del núcleo se presentan diversos tipos de componentes, incluyendo restos de manglar, de pastos marinos y fragmentos de organismos de origen marino (principalmente conchas) con una gradación de distintos tonos de grises. En la mayoría de los núcleos se encontró, inmediatamente después de la capa superficial, una de color café-rojizo de 2 a 5 cm. de espesor, constituida principalmente por restos de manglar. Esta probablemente se depositó durante la tala del manglar que tuvo lugar durante el inicio de la construcción de Cancún (Jordán, comunicación personal), y apoya que la capa superficial corresponde a lo sedimentado desde entonces. Es necesario, sin embargo, aclarar que esto no es necesariamente válido para todo LB, ya que el muestreo de los sedimentos no se realizó de manera sistemática por toda la laguna, y algunos de los núcleos no mostraron estas características. Por último, entre los 70 y 80 cm se encontró la capa blanca, y de espesor sin determinar pero mayor a los 50 cm, ya antes descrita.

En contraste, los núcleos de SLN (fig. IV.32 c) no presentan cambios tan drásticos como los de Bojórquez, si no más bien gradientes suaves. En lugar de un alto contenido de agua y materia orgánica, se observan desde la superficie sedimentos similares a los que se encuentran más abajo, aunque de color más oscuro, sobre todo en los primeros 20 cm. Sobre una graduación suave hacia colores más claros se aprecian también capas con restos de pastos, manglar y conchas enterrados, para observarse al último el sedimento blanco muy fino, que se presentó en todos los núcleos para las tres zonas referidas.

Es importante mencionar, finalmente, que las diferencias entre las capas superficiales de los sedimentos de LB y SLN, probablemente no sólo se deben a la eutroficación en sí, si no que también dependen de otros factores. Uno de los más importantes es el tipo de comunidades bentónicas de cada laguna. En particular, la dominancia de *Thalassia testudinum*

en el SLN seguramente ha favorecido la consolidación de los sedimentos, una de las acciones más características de los pastos marinos debida a su complejo sistema de raíces (Ferguson *et al.*, 1969). Así, uno de los efectos secundarios del retroceso de los pastos en LB y su substitución por otros productores primarios, es la acumulación de sedimentos de baja consistencia.

#### IV.5.1 Nutrientes

Los nutrientes mostraron perfiles con un comportamiento muy variable. En la figura IV.33 se presentan los perfiles de fosfatos y de nitrógeno total (nitrito + nitrato + amonio) en uno de los núcleos para el que se dispuso de mas datos. Los nutrientes parecen seguir una variación que pudiera estar asociada a las diferencias estacionales en la cantidad de materia orgánica depositada, así como a las condiciones de remineralización. Sin embargo, la forma en que se determinaron los nutrientes (a intervalos aproximados de 5 cm) no permite distinguir variaciones de esa frecuencia.

Para poder analizar de manera general las concentraciones en los sedimentos, y el papel que éstos desempeñan en la regeneración de nitrógeno y fósforo hacia el agua lagunar, se calcularon las concentraciones medias de nutrientes para todos los núcleos en LB y en el SLN en la tabla siguiente:.

TABLA IV.5 Concentraciones medias de nitrógeno total, fósforo y silicio ( $\mu\text{gAT/L}$ ) en los primeros 70 cm del núcleo.

	Nt	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>4</sub>	N:P
<b>BOJORQUEZ</b>				
Media	1397	27	279	52
Desv.est.	1072	25	235	
No. de datos	19	19	19	
<b>NICHUPTE</b>				
Media	1038	13	130	80
Desv.est.	1081	7	58	
No. de datos	12	16	16	

A diferencia de las concentraciones medias de nutrientes obtenidas en la columna de agua, las encontradas en el agua intersticial si muestran diferencias entre LB y SLN que

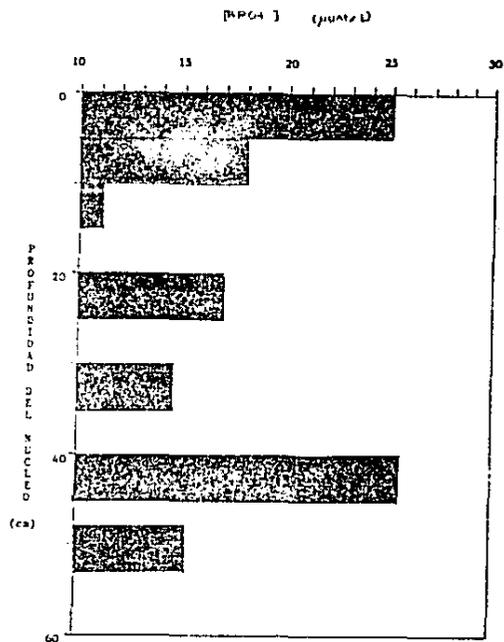
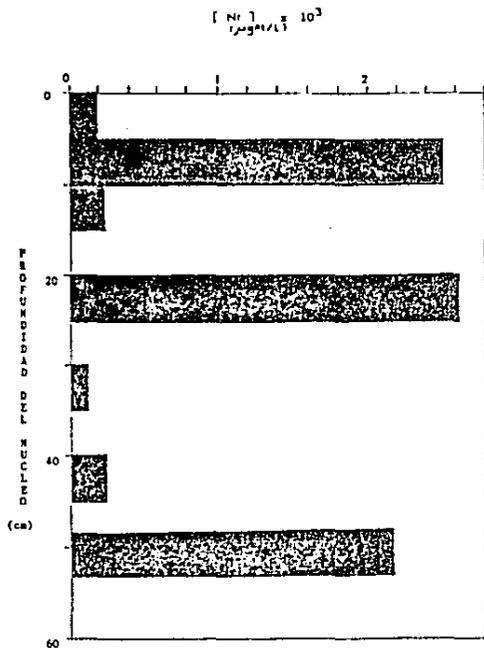


FIG 19.22 PERFILES VERTICALES DE LA CONCENTRACION DE NUTRIENTES (NITROGENO TOTAL Y FOSFATO INORGANICO) EN EL AGUA DEL SEDIMENTO.

pueden considerarse como un indicador más del proceso de eutroficación. El fosfato presentó una concentración media del orden del 108% mayor en LB a la del SLN, mientras que el nitrógeno total fue mayor en LB en un 35% que en el SLN. El silicio mostró un valor 115% superior en SLN respecto a LB. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas al 95% de confianza para el P y Si, y al 80% para el N, aplicando el estadístico "z", prueba de hipótesis que trata la diferencia entre dos medias de población (Daniel, 1974):

$$z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{[(s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2)]^{1/2}}$$

La acumulación de silicio en los sedimentos de LB con respecto a la del SLN, refuerza el planteamiento de que el déficit de silicatos en el agua de LB con respecto a la del SLN se debe al consumo de este nutriente por el fitoplancton y las diatomeas epifíticas, organismos con un ciclo de vida tan corto que al morir pasan a los sedimentos rápidamente, en donde queda atrapado el silicio si la tasa de liberación hacia la columna de agua es inferior a la de deposición.

Por otro lado, para obtener elementos que coadyuvan a comprender los procesos de regeneración y del elemento limitante, en la tabla se presenta también la proporción de N:P. De acuerdo a lo discutido anteriormente, la proporción esperable a partir de la mineralización balanceada de la materia orgánica depositada en el fondo lagunar, debería oscilar entre 16 que corresponde a los requerimientos estimados para el fitoplancton (Redfield et al., 1963), y 8 para los pastos, particularmente T. testudinum según De la Lanza y Arenas (1986). Sin embargo, la relación N:P en el sedimento es alta, en promedio de 52 para LB y 80 para SLN, con una deficiencia marcada de fósforo en ambos casos, siendo más evidente para Nichupté. Esta situación, conjuntamente con el valor promedio de la relación N:P para el agua lagunar de 6.57 : 1, indican que la regeneración del fósforo hacia la columna de agua es más rápida que la del nitrógeno, considerando que el sedimento controla la dinámica de los nutrientes.

Se conocen varios factores que determinan que no se mantenga una proporción estequiométrica de N:P en los sedimentos, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

-Difusión diferencial variable de las especies regeneradas. El P es remineralizado de la materia orgánica más rápidamente que el nitrógeno, ya que se presenta una fase inicial de rompimiento en que se permite la rápida liberación de fósforo con un incremento nulo o mínimo de amoníaco (Nixon et al. 1976, 1979) dando por consiguiente un "exceso" de nitrógeno en los sedimentos.

-La fase sedimentaria actúa como una trampa y almacén de formas inorgánicas bajo aspectos de óxido-reducción (potencial Eh). Se presentan fenómenos químicos de adsorción y desorción para el P-PO<sub>4</sub>, con un rápido intercambio entre agua-sedimento que controla su concentración (efecto amortiguador). Los ortofosfatos pueden precipitar en la fase aeróbica, y los que se liberan en la fase anaeróbica no alcanzar el medio acuático por la barrera de oxidación que se encuentra en los primeros milímetros (Burton y Liss, 1976). Los compuestos de N son principalmente liberados en forma de amonio, el cual tiende a acumularse en los sedimentos superficiales debido a las condiciones redox prevalecientes (De la Lanza y Arenas, 1986).

-Existen evidencias de que las angiospermas marinas son capaces de asimilar fósforo de los sedimentos y liberarlos a la columna de agua, actuando como "bombas de P" (Mc. Roy et al., 1972; Barnes y Mann, 1978), aunque esta capacidad está determinada por diversos factores (desarrollo de las raíces, requerimientos de P).

De cualquiera de las formas, esta situación apoya la conclusión de que el nitrógeno es el elemento limitante y, por otro lado, permite indicar que la diferencia en las velocidades de regeneración del N y el P hacia la columna de agua contribuye a mantener esta diferencia, al regenerarse fósforo en mayor proporción que nitrógeno, lo cual también explica el que casi no se hayan observado variaciones de P en los estudios de 24 horas, mientras que sí se apreciaron en el caso del N.

#### IV.6 CONSIDERACIONES GLOBALES

Hasta aquí se han discutido por separado los distintos aspectos estudiados de la Laguna Bojórquez, para poder presentar y analizar la información en detalle. Sin embargo, cada uno de ellos está en interacción con los demás, y muchos de los procesos que los controlan tienen una estrecha interdependencia. A continuación se intenta sintetizar la información de manera integral, discutiendo los procesos y su relación con la eutroficación de LB.

Por su comportamiento hidrológico, la Laguna Bojórquez (al igual que el SLN) es diferente de los principales tipos de lagunas de las costas mexicanas. La ausencia de ríos y la poca importancia de las mareas son los dos elementos que generan esta diferencia. Así, en LB y SLN, el balance lluvia- evaporación controla la salinidad y el intercambio de agua de la cuenca con el exterior.

Estas características se reflejan en un bajo intercambio de agua con el mar y las lagunas adyacentes, y un tiempo de residencia del orden de años. Estos valores están más en la escala de los encontrados en lagos, de 1 a 100 años (Margalef, 1983), que de los observados en estuarios y lagunas del orden de días y meses (Dyer, 1973; Hodgkin y Birch, 1982). Dado que la eutroficación es uno de los procesos más frecuentes en los lagos, si no es que el destino de todos ellos, el elevado tiempo de residencia de LB es por sí mismo un factor que favorece el desarrollo de este proceso en la laguna.

La Laguna Bojórquez se distingue del SLN por que en el balance neto anual funciona como una cuenca de evaporación, y por lo tanto tenderá a concentrar las sustancias disueltas en el agua.

Diversos parámetros (contenido de materia orgánica y nutrientes en sedimento; potencial de regeneración de nitrógeno inorgánico) indican que LB se encuentra en un proceso de eutroficación. Resulta particularmente indicativa la permanencia de menores concentraciones de oxígeno en las zonas profundas de LB (BP), a pesar de que existen procesos que homogeneizan diariamente a la columna de agua. En este sentido, si bien LB no ha alcanzado un nivel de "eutroficación crítica" según la definición de Mee (1988), esta disminución de oxígeno disuelto en las zonas dragadas si evidencia, en los términos usados por este autor, la existencia de un proceso de eutroficación. Las observaciones de Reyes (1988) sobre el metabolismo comunitario (producción bruta, producción neta y respiración) también indican esta situación.

Al respecto, es interesante recalcar que las distribuciones de nutrientes indicaron que las zonas dragadas tienen mayor importancia como regeneradoras de nutrientes hacia la columna de agua que la descarga directa de la planta de tratamiento. En forma similar, la cantidad de materia orgánica y nutrientes aportados a LB durante los dragados de 1971 fue más crítica que la descarga de la planta (Merino y Gallegos, 1986).

Por otro lado, si bien la substitución de las comunidades de pastos marinos por una gran diversidad de productores primarios en la zona puede considerarse como una consecuencia de la eutroficación (Merino y Gallegos, 1986), algunas de las diferencias encontradas entre LB y SLN sugieren la posibilidad de que la ausencia de los pastos favorezca a su vez el proceso de eutroficación.

Las comunidades de pastos evitan en gran medida la resuspensión de los sedimentos y con ello la liberación de N y P atrapados en éstos. Además puede mencionarse la mayor

estabilidad de los pastos en términos de una biomasa permanente, comparada a la variabilidad de las poblaciones de algas filamentosas y fitoplancton que suministran N y P disponibles con elevada frecuencia, resultante de su elevada mortalidad.

En este sentido, es importante mencionar la observación de un evento que condujo a encontrar altas concentraciones de nutrientes en LB (agosto de 1986). Este evento probablemente estuvo favorecido por la falta de compactación del sedimento que permitió su resuspensión, e indica otro aspecto en el cual la laguna puede ser muy vulnerable a las actividades humanas o a los eventos atmosféricos de alta magnitud.

Por otro lado, la concentración de materia orgánica en los sedimentos de LB anteriores a la construcción de Cancún, así como la presencia de bandas indicativas de distintas condiciones de sedimentación, sugieren que LB era un ambiente de mayor inestabilidad relativo al SLN, y que posiblemente presentaba procesos de eutroficación aun antes del inicio de los impactos de las actividades humanas en la zona.

De lo anterior, se deriva que para reducir o invertir este proceso en LB, será útil toda acción que 1) reduzca la entrada de N y P a la laguna y 2) favorezca la salida de estos elementos. En este sentido, dado que el nitrógeno es el elemento limitante, los esfuerzos deberán dirigirse particularmente a evitar la entrada de éste.

En relación al punto (1) se han tomado algunas acciones, con base en las sugerencias y recomendaciones de estudios previos (Jordán *et al.*, 1983; Merino y Gallegos, 1986). Entre ellas se encuentran: la suspensión de la descarga del efluente de la planta de tratamiento hacia la laguna, y el control de las descargas cloacales directas. Al respecto es importante la permanencia de estas acciones y la creación de mecanismos de vigilancia de otras formas posibles de adición de N y P.

Con respecto al punto (2) aún no se han tomado acciones por las dificultades inherentes. Se ha planteado (Merino y Gallegos, 1986) la posibilidad de eliminar gran parte del N y P acumulados en el sistema mediante el dragado controlado de la laguna. Sin embargo, esta medida entraña riesgos evidentes, por lo que se requeriría evaluarlos en detalle antes de considerarla. Otra posibilidad es la de llevar a cabo acciones que disminuyan el tiempo de residencia del agua en la laguna. Un grupo de investigadores del ICMYL trabaja sobre este punto, diseñando un sistema de bombeo mediante energía oceánica (Ruiz *et al.*, 1988; Merino *et al.*, 1989).

## V. CONCLUSIONES

1. Los parámetros hidrológicos en la Laguna Bojórquez presentaron variaciones dentro del intervalo descrito para sistemas lagunares de la costa atlántica mexicana. La presencia de salinidades mayores a las marinas indica que la laguna funciona como una cuenca de evaporación durante parte del año.
2. La salinidad y la temperatura mostraron variaciones a escala mensual relacionadas con los parámetros meteorológicos, principalmente precipitación, evaporación y temperatura del aire.
3. Las variables hidrológicas presentaron gran homogeneidad espacial en la Laguna Bojórquez. Solamente en los periodos de evaporación > precipitación, la salinidad y los silicatos mostraron gradientes importantes, evidenciando la entrada de agua del Sistema Lagunar Nichupté hacia la Laguna Bojórquez.
4. En la vertical, la homogeneidad de la temperatura, la salinidad y la densidad permiten establecer la importancia de los procesos de mezcla en la laguna. Se identificaron al viento y a la inestabilidad térmica como dos procesos capaces de mezclar la columna de agua con una frecuencia a escala diaria.
5. La hidrología de la laguna está controlada por el balance precipitación-evaporación, en forma similar a lo descrito para el Sistema Lagunar Nichupté. Un modelo que considera únicamente este balance explicó el 84% de la variación anual de la salinidad observada en la Laguna Bojórquez.
6. Los tiempos de residencia calculados usando este modelo fueron del orden de años, tanto para el periodo 85-56 como usando la estadística meteorológica disponible, en forma similar a lo reportado para Sistema Lagunar Nichupté. Esto implica un intercambio de agua muy limitado entre la laguna y las cuencas adyacentes.
7. El comportamiento general del oxígeno y los nutrientes, a excepción de los silicatos, no presentó diferencias apreciables entre la Laguna Bojórquez y el Sistema Lagunar Nichupté. Sin embargo, las zonas dragadas de Bojórquez registraron menores valores de oxígeno y mayores concentraciones de amonio y fosfatos, a pesar de la importancia de los procesos de mezcla interna mencionados.

8. La presencia de gradientes de oxígeno y nutrientes implica que los procesos químicos y biológicos que los generan son más rápidos que los procesos físicos de mezcla.

9. El oxígeno y las formas inorgánicas del nitrógeno presentaron variaciones en la escala diurna, atribuibles a los procesos biológicos de producción-respiración y a regeneración de nutrientes inorgánicos.

10. El nitrógeno es el elemento biolimitante de la productividad de la Laguna Bojórquez.

11. Diversas evidencias, principalmente las características del sedimento y el potencial de regeneración de nutrientes de este reservorio hacia la columna de agua, respaldan la existencia de un proceso de eutroficación, que se ha visto favorecido por la actividad humana en la zona.

12. El deterioro de las comunidades de pastos de la Laguna Bojórquez, en relación a lo observado en el Sistema Lagunar Nichupté, puede ser no solo un efecto de la eutroficación, si no también un elemento que facilite este proceso.

13. El tiempo de residencia del agua en la Laguna Bojórquez, aunado al potencial regenerador de nutrientes del sedimento, determinan que la recuperación de la laguna sea un proceso esencialmente lento, si además de suspender las actividades dañinas (dragados, descargas de aguas de desecho) no se toman otras medidas. Entre estas se sugieren: 1) favorecer la exportación de aguas lagunares ricas en nutrientes y la entrada de aguas marinas oligotróficas; 2) reducir la materia orgánica acumulada en el sistema y 3) promover la recuperación de las comunidades de pastos marinos.

## LITERATURA CITADA

- AGUAYO, J., R. BELLO, M. DEL VECCHIO, J. ARAUJO Y M. BASAREZ., 1980. Estudio sedimentológico en el área Tulum-Cancún-Isla Mujeres, Estado de Quintana Roo, México. Bol. Soc. Geol. Mexicana. Tomo XLI, (1,2): 15-32
- ARENAS, V. 1974. Balance Anual del Carbono Orgánico, Nitrógeno y Fósforo en el Sistema Lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. Tesis de Doctorado (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM.
- BARNES R.K. AND K.H. MANN., 1980. Fundamentals of Aquatic Ecosystems. Blackwell Scientific Pub. London.
- BILLEN, G., 1978. A Budget of Nitrogen Recycling in North Sea Sediments off Belgian Coast. Est. Coast. Mar. Sci., 7: 127-146
- BRADY, M. 1974. Sedimentology and depositional history of coastal lagoons, northeastern Quintana Roo, Mexico. In: Field Trip 2. Annual Meeting of New Orleans Geol. Society., : 148-175
- BRAY, J.T. O.P. BRICKER AND B.N. TROUP., 1976. Phosphate in interstitial waters of anoxic sediments: oxidation effects during sampling procedure. Science, Vol. 180 : 1362-1364
- BREWER, P. AND J. RILEY, 1966. The automatic determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to seawater. Anal. Chim. Acta., 35 : 514-519 pp.
- BURREL, D. AND J. SCHUBEL., 1977. Seagrass Ecosystem Oceanography, Chemistry and Geochemistry. In: Seagrass Ecosystem. A scientific perspective. Marine Science, Vol. 4 (Ed) Mc. Roy P. and C. Helfferich. Marcel Dekker Inc.
- BURTON, J., 1973. Problems in the analysis of phosphorus compounds. In: Phosphorus in Fresh Water and the Marine Environment. (Ed) S.H. Jenkins and K.I. Ives, 7: 291-307. Pergamon Press, London.
- BURTON, J. AND P. LISS., 1976. Estuarine Chemistry. Academic Press, London, 229 p.
- BUTTERLIN J. Y A. BONET, 1960. Geología de la Península de Yucatán. Levantamiento cartográfico y descripción de formación geológica. Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr.
- CIFSA, 1971. Prospección Hidrológica de la Laguna Nichupté. Informe elaborado para INFATUR. México.

CLARK, J.R. 1977. Coastal Ecosystem Management - A technical manual for the conservation of coastal zone resources. John Wiley and Sons. Pub. Co. New York, 928 pp

COLLADO, L., L. SEGURA y M. MERINO, 1988. Observaciones sobre dos escifomedusas del Género Cassiopea en la Laguna de Bojórquez, Quintana Roo, México. Rev. Invest. Mar. Univ. Habana, Cuba. Vol. IX, (2): 21-27

COLLADO, L. 1989. Estudio florístico-ecológico de las algas flotantes de la Laguna de Bojórquez, Cancún. Tesis de Maestría (Oceanografía Biológica y Pesquera). UACPyP-CCH, UNAM.

CONTRERAS, F., 1985. Las Lagunas Costeras Mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca. México, 253 p.

CULHUAC, S., 1987. Importancia Ecológica de las Algas Epifitas de las Fanerogamas Marinas en la Laguna Bojórquez, Quintana Roo. Informe Final de Servicio Social (Biología). UAM-I, México. 33 pp.

DANIEL, W., 1980. Bioestadística: Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud. Ed. Limusa, México., 485 p.

DEAN, W. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. Journal of Sedimentary Petrology, 41(1): 242-248

DE ANDA, M. 1988. Corredor Turístico Cancún-Tulum. En: Turis Nautica. Año V. No. 19 : 1-8 pp.

DEGOBBIS, D. 1973. On the storage of seawater samples for ammonia determinations. Limnol. and Oceanogr., 18 (1): 146-150

DE LA LANZA, G. y V. ARENAS, 1986. Disponibilidad de nutrimentos a partir de materia orgánica en un sistema lagunar. Ciencia, 37: 247-254

DE LA LANZA, G., 1986. Química de la Fase Sedimentaria en las Lagunas Costeras. Publicaciones especiales del Instituto de Biología, UNAM. 1a. Reunión Alejandro Villalobos (1983) : 135-153

DYER, K.R., 1973. Estuaries: A Physical Introduction. Chap. 7. Ed. Wiley-Interscience: 109-133

EMERY, K. AND R. STEVENSON, 1957. Estuaries and Lagoons. Physical and Chemical Characteristics. In: Geol. Soc. Amer. Memoir 67, Vol: 1, p: 673-750

ESCOBAR, A. 1981. Geografía General del Estado de Quintana Roo. Fondo de Fomento Editorial del Gobierno del Estado de Quintana Roo, 140 p.

FERGUSON, E. J., W.E. ODUM AND J.C. ZIEMAN., 1969. Influence of Sea Grasses on the Productivity of Coastal Lagoons. In: Lagunas Costeras, Un Simposio. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO, Nov. 28-30. Mexico, D.F. : 495-501

FLORES, F., 1985. Aporte de materia orgánica por los principales productores primarios a un ecosistema lagunar estuarino de boca efimera. Tesis de Doctorado (Oceanografía Biológica y Pesquera) UACPYP-CCH, UNAM

FOLK, R., 1967. Carbonate Sediments of Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico and vicinity. In: Yucatan Field Trip Guidebook. Annual Meeting, Geol. Soc. of America. 100-123 pp.

FONATUR, 1980. La costa turquesa, el Caribe Mexicano. Ed. HFET, S.A., Mexico, 94 pp.

FONATUR, 1982. Cancún, un desarrollo turístico en la costa turquesa. Ed. HFET, S.A. Mexico, 103 pp.

GARCIA, E., 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Offset Larrios. México, 246 p

GARCIA, A., 1979. Cancún: Turismo y Subdesarrollo Regional. Serie Cuadernos de la UNAM. Instituto de Geografía, UNAM. México , 126 p.

GARCIA-KRASOVSKI, R., 1984. Saneamiento Ambiental de la Laguna Bojórquez y Caleta Cancún. Contrato celebrado entre Ingeniería del Medio Ambiente S.A. y la Dirección de Planeación Urbana y Regional de FONATUR. México, 200 p.

GILMARTIN, M., 1967. Changes in inorganic phosphate concentration during seawater sample storage. Limnol. Oceanogr., 12 : 325

GONZALEZ, J. 1986. Informe del Estudio Ficológico en la Laguna de Bojórquez, Cancún, Q. Roo. Convenio celebrado entre el Lab. de Ficología de la Fac. de Ciencias y el ICMYL de la UNAM.

GRASSHOFF, K. 1983. Methods of Seawater Analysis. (Ed) K. Grasshoff, M. Ehrhardt and K. Kremling. 2a. ed. Verlag Chemier, Weinheim.

GRIVEL, F., 1981. Tablas de Predicción de Mareas. Puertos del Golfo de México y Mar Caribe. UNAM. Datos geofísicos. Serie A. Oceanografía. Serv. Met. Nal. 191 p

GROEN, P., 1969. Physical Hydrology of Coastal Lagoons. In: Lagunas Costeras, Un Simposio. Mem. Simp. Intern. Lagunas Costeras. UNSM-UNESCO, Nov. 28-30. México, D.D. : 275-280

HOPKINSON, Jr., J. DAY Jr. AND B. KJERFVE, 1985. Ecological significance of summer storms in shallow water estuarine systems. Contributions in Marine Science. Vol 28 : 69-77

INGENIEROS Y CONSULTORES ASOCIADOS (I.C.A.), 1986. Justificación Ecológica para el dragado del lote 18 A en la zona hotelera de Cancún, Quintana Roo. Grupo I.C.A. División Turística y de Desarrollo Urbano. 52 p

INSTITUTO DE GEOFISICA, 1985. Tablas de 1986 Predicción de Mareas. Puertos del Golfo de México y Mar Caribe

JONES, P., 1963. The effect of chloroform on the soluble inorganic phosphate content of unfiltered sea water. J. Cons.int. Explor. Mar. , 28 : 3-7

JORDAN E, M. ANGOT Y R. DE LA TORRE, 1972. Informe sobre el estudio ecológico de prospección de la Laguna de Cancún, Q.R. Convenio celebrado entre el Instituto de Biología (UNAM) y el Departamento de Promoción de Infraestructura Turística (Banco de México): 1-69

JORDAN E., M. ANGOT y DE LA TORRE, R., 1978. Prospección biológica de la Laguna de Nichupté, Cancún, Q. Roo, México. Nota científica. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM., 5 (1): 170-188

JORDAN E., E. MARTIN Y P.O. THOME 1983., Circulación e hidrología del Sistema lagunar Nichupté Cancún , Q. Roo, México. Nota científica. An. del Centro de Cienc. del Mar y Limnol. , UNAM. Mexico 5(1) 179-188

LANKFORD, R., 1976. Coastal Lagoons of Mexico. In: Willey K. (Ed.) Estuarine Processes. Academic Press. New York. Vol.II : 182-215

LOPEZ-RAMOS, E. 1983. Geología de México. Tomo III. 3ª. Ed. Litográfica Resendiz, 453 p.

MACDONALD R.W. AND F.A. MACLAUGHHLIN, 1982. The effect of storage by freezing on dissolved inorganic phosphate, nitrate and reactive silicate for samples from coastal and estuarine waters. Water Research, 16: 95-104

MARGALEF, R., 1983. Limnología. Ed. Omega. Barcelona, España, 999 pp

MC. ROY, P., R. BARSDATE and M. NEBERT., 1972. Phosphorus cycling in an eelgrass (Zostera marina) ecosystem. Limnol. Oceanogr. 17 (1): 58-67

MC. ROY, P. AND C. MC. MILLAN., 1977. Production Ecology and Physiology of Seagrasses. Nutrient Supply. In : Seagrass Ecosystem. A Scientific Perspective. Marine Science. Vol. 4. (Ed) Mc. Roy P. and C. Helfferich. Marcel Dekker Inc.

MEE, L., 1977. The Chemistry and Hidrography of Some Coastal Lagoons, Pacific Coast of Mexico. Ph. D. Thesis. Univ. of Liverpool, 117 p.

MEE, L., 1978. Costal Lagoons. In: Riley, J. and R. Chester (Ed.). Chemical Oceanography. Academic Press. : 440-490

MEE, L., 1986. Continuous Flow Analysis in Chemical Oceanography: Principles, Applications and Perspectives. The Science of the Total Environment.. 49 : 27-87

MEE, L., 1988. A definition of "critical eutrophication" in the marine environment. Rev.Biol.Trop., 36 (1) : 159-161

MERINO, M. 1987a. The Coastal Zone of Mexico. Coast. Managem. 15: 27-42

MERINO, M. 1987b. Informe Final del Proyecto "Evaluación del Impacto Ambiental en la Laguna de Bojorquez (Cancún, Q. Roo)" a CONACyT. Marzo, 1987. 20 p

MERINO, M. Y M. GALLEGOS, 1986. Evaluación del Impacto Ambiental Generable sobre el Sistema Lagunar Nichupté por el dragado programado para rellenar el lote 18 "A" en Cancún, Q. Roo. Informe final del Convenio de Asesoría Técnica PIADISA-UNAM, 87 p.

MERINO, M. Y L. OTERO. Marco ambiental base de la zona costera de Puerto Morelos, Quintana Roo (en prensa). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.

MERINO, M., S. CZITROM, E. JORDAN, E. MARTIN, P. THOME AND O. MORENO. Hidrology and Rain Flushing of the Nichupté Lagoon System, Cancún, Mexico (en prensa). Estuarine, Coastal and Shelf Science.

MERINO, M., F. RUIZ, M.A. ALATORRE, 1989. Desarrollo de un dispositivo de bombeo de agua mediante energía oceánica. Proyecto presentado al Fideicomiso de Innovación Tecnológica SOMEX-UNAM

MORTIMER, C.H. 1942. The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes. Journal de Ecology, 30: 147-201

MURPHY, J. AND J. RILEY., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analyt. Chim. Acta., 27: 31-36

NIXON, S. 1979. Remineralization and nutrient cycling in coastal marine ecosystem. In: B. Neilsen and L. Cronin (eds.) Nutrient Enrichment in Estuaries, Humana Press. Clifton, New Jersey.

NIXON, S., C. OVIATT AND S. HALE., 1976. Nitrogen Regeneration and the Metabolism of Coastal Marine Bottom Communities. In: The Role of Terrestrial and Aquatic Organisms in Decomposition Processes. The 17<sup>th</sup> Symposium of the British Ecological Society, 15-18 April, 1975. (Ed) J. M. Anderson and A. Macfadyen. Blackwell Sci. Publications. p: 269-283

NIXON, S., KELLY, J., B. FURNAS, C. OVIATT, S. HALE, 1979. Phosphorus Regeneration and the Metabolism of Coastal Marine Bottom Communities. In: Marine Benthic Dynamics. The Belle W. Baruch Library in Marine Science. Number 11 (Ed) K. Tenore and B. C. Coull, p: 219-241

PAEZ-OSUNA, F. Y J. OSUNA-LOPEZ. Manual de procedimientos para el análisis de agua intersticial y sedimentos. 6 p.

PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 1989-1994., 1989. Diario Oficial de la Federación.

POMEROY, L., E. SMITH AND C. GRANT., 1965. The exchange of phosphate between estuarine water and sediments. Limnol. Oceanogr., X (2) : 167-173

POSTMA, H., 1978. Processes in the sediment and at the water-sediment interface. Guidelines for future research in coastal lagoons; Seminar in Beaufort, North Carolina, Aug-Sept.

REDFIELD, A.C., B. H. KETCHUM AND F. A. RICHARDS., 1963. The influence of organisms on the Composition of Sea Water, In: The Sea. Vol. 2, M.N. Hill, Ed., Wiley, New York: 26

REYES, E. 1988. Evaluación de la Productividad Primaria en la Laguna de Bojórquez, Cancún, Quintana Roo, México. Tesis de Maestría (Oceanografía Biológica y Pesquera). UACPyP-CCH, UNAM, 50 p.

RILEY, J. 1975. Chemical Oceanography. In: Chemical Oceanography (Ed) J. Riley and G. Skirrow., 19 (3). Academic Press

RIVERO, M. 1989. Estudio de la distribución de nutrientes inorgánicos disueltos en el Golfo de California y Caribe mexicano, mediante un nuevo autoanalizador capilar automático. Tesis de Maestría (Oceanografía Química). UACPyP-CCH, UNAM

RIVERO, M. L. MEE., M. MERINO Y M.A. ALATORRE, 1987. Diseño y construcción de equipo para el Análisis Automático de Flujo Continuo de Nutrientes Disueltos en Agua de Mar (en prensa).

RUIZ, F., M.A. ALATORRE Y M. MERINO, 1988. Patente: "Dispositivo Amplificador y Rectificador de Oleaje" Registrada el 18 de mayo de 1988. No. de Registro 11525, México.

RYTHER, J. AND W. DUNSTAN, 1971. Nitrogen, Phosphorus and Eutrophication in the coastal marine environment. In: Science, Vol. 171, No. 3975

SERVIERE, E. 1986. Ficoflora de la Laguna de Bojorquez, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura (Biología). Fac. de Ciencias, UNAM 253 p.

SHAPIRO, J. 1973. A field fixation technique for dissolved phosphate in lake water. Limnol. Oceanogr., 18(1): 143-145

SECRETARIA DE MARINA, 1974. Atlas Oceanográfico del Golfo de México y del Mar Caribe. Dir. Gral. de Oceanogr. y Señ. Mar. México.

SECRETARIA DE MARINA, 1978. Estudio geográfico de la región de Cancún e Isla Mujeres, Q.R. Dir. Gral. de Oceanogr. México

SECRETARIA DE MARINA, 1982. Carta batimétrica No. 924. Isla Mujeres a Isla Cozumel - México costa este. Dir. Gral. de Oceanogr. México.

STRICKLAND, J. AND T. PARSONS., 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Bd. Can. Ottawa, 310 p

TREGUER, P. ET P. LeCORRE., 1974. Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Laboratoire d'Océanologie Chimique, Université de Bretagne Occidentale. Brest, 58 p.

UNAM, 1971. Estudio en Modelo Hidráulico de la Zona de Cancún, Q.Roo. Informe a INFRATUR, Fac. de Ingeniería, UNAM 14 p.

UNAM, 1972. Estudio Ecológico de prospección a la Laguna de Cancún, Quintana Roo. Informe al Banco de México. Instituto de Biología, UNAM, 36 p

UNESCO, 1980. Coastal Lagoon Survey. Unesco Technical Papers in Marine Science, 31: 273

WARD, W. and J. WILSON, 1974. General Aspects of the Northeastern Coast of the Yucatan Peninsula - Field Trip 2. In: Annual Meeting of the Geol. Soc. of America. p: 96-105

YEPEZ, E., 1987. Estudio de Contaminación, Compactación y Sedimentación en embalses lacustres. Informes Técnicos del Instituto Politécnico Nacional (I-4). Serie Investigación y Desarrollo Tecnológico: 41-46

ZIMMERMAN, J. 1981. The flushing of well-mixed tidal lagoons and its seasonal fluctuations. Proceedings of an UNESCO/IABO Seminar, Beaufort NC U.S.A. UNESCO Technical Papers in Marine Science 33

**ANEXO**

**(DATOS INTEGROS)**

TAELA A1. VARIABLES REGISTRADAS EN EL MUESTRO ESPACIAL  
MAYO-1985

EST	PROF. (m)	T(°C)	S(‰)	O2(ml/L)
1	0.30	30.85	31.61	5.22
1	1.00	31.00	32.17	5.04
2	0.30	31.75	35.37	6.64
2	1.00	31.50	35.75	7.27
2	2.00	31.65		6.23
3	0.30	31.25	35.90	11.30
3	1.00		35.97	
3	2.00		35.28	
4	0.30	31.35	35.81	7.57
4	1.00			
5	0.30	31.75	36.48	5.53
5	1.00	31.50	36.76	4.74
5	2.00	30.10	37.04	5.42
5	3.00		36.53	
5	3.50			
6	0.30			
6	1.00			
6	2.00			
6	3.50			
7	0.30	30.90	35.96	7.49
7	1.00	30.90	37.13	7.79
8	0.30	31.45	36.16	5.69
8	1.00	31.75	35.88	6.53
8	2.00	31.40	35.76	6.29
9	0.30	31.25	36.36	7.37
9	1.00	31.45	34.92	6.54
9	2.00	31.05	36.07	5.77
9	3.00	30.05	36.57	5.50
10	0.30	30.85	36.50	7.54
10	1.00	30.55	36.28	6.40
11	0.30	30.85	36.33	6.08
11	1.00	30.85	37.15	6.37
12	0.30	31.40	36.12	7.41
12	1.00	31.15	35.92	6.29
13	0.30	32.40	32.00	12.09
14				
15	0.30	30.10	32.16	5.77
15	1.00	29.55	34.68	5.66
15	2.00	29.45		5.40
16	0.30	28.00	36.55	5.80
16	1.00			
16	2.00	28.40	36.66	5.69

TABLA A2. VARIABLES REGISTRADAS EN EL MUESTREO ESPACIAL  
JULIO 1985

EST.	PROF.(m)	T(°C)	S(‰/oo)	O2(ml/L)
1	0.30	31.5	36.14	5.19
1	1.00	31.4	35.82	4.74
2	0.30	32.1	36.42	4.06
2	1.00	32.3	36.43	4.96
2	2.00	32.4	36.73	5.41
3	0.30	32.0	36.21	5.87
3	1.00	31.9	36.27	6.09
4	0.30	32.1	37.77	6.77
4	1.00	32.0	37.74	6.77
5	0.30			
5	1.00			
5	2.00			
5	3.00			
5	3.50			
6	0.30	32.4	37.86	5.19
6	1.00	32.7	37.82	5.19
6	2.00	32.4	37.98	4.74
6	3.50	31.3	38.14	4.51
7	0.30	31.3	37.63	6.77
7	1.00	31.9	37.22	6.77
8	0.30	32.3	36.36	4.74
8	1.00	32.6	37.17	4.74
8	2.00	32.6	37.74	4.74
8	3.00	31.8	37.33	4.74
9	0.30	32.8	37	5.64
9	1.00	32.5	37.4	4.51
9	2.00	31.9	37.4	4.74
9	3.00	32.5	37.66	4.74
10	0.30	32.2	37.91	5.87
10	1.00	32.9	37.91	5.87
11	0.30	32.7	37.49	6.54
11	1.00	32.9	37.43	6.54
12	0.30	33.3	38.19	5.87
12	1.00			
13	0.30	35.1	37.87	6.80
14				
15	0.30	31.3	35.95	4.96
15	1.00	31.2	36.23	5.19
15	2.00	31.2	35.93	6.77
15	3.00	30.8	38.19	5.19

TABLA A3. VARIABLES REGISTRADAS EN EL MUESTREO ESPACIAL  
AGOSTO-1985

EST.	PROF. (m)	T (°C)	S(‰)	O2(mL/L)	NO2	NO3	NH4	µgAT/L		
								Nt	PO4	SiO4
1	0.30	29.50	35.97	3.28	0.44	1.70	2.18	4.32	2.64	5.77
1	1.00	28.90	35.54	3.46	0.56	7.80	6.50	14.86	1.59	5.77
2	0.30	29.60	35.77	3.48				0	1.48	9.97
2	1.00	29.40	35.95	3.12	0.36	6.91	9.40	16.67	1.46	5.31
2	2.00	29.10	36.65	2.50	0.30	4.87	10.99	16.16	1.10	1.14
3	0.30	29.10	38.43	4.03	0.28	5.87	6.15	12.3	0.69	9.34
4	0.30	29.30	37.73	4.42	0.28	0.10	1.29	1.67	1.00	1.06
4	1.00	29.40	37.66	5.23	1.02			1.02		10.60
5	0.30	29.10	38.09	3.07			2.66	2.66	0.71	5.77
5	1.00	29.20	38.29	5.14	0.58	0.18	2.66	3.42	0.58	7.96
5	2.00	29.00	38.08	2.75	0.86			0.86		12.31
5	3.00	28.90	38.14	2.68	0.82		9.82	10.64	0.82	9.43
5	3.50	28.80	37.05	2.68	0.44	3.55	4.58	8.57	1.46	11.06
6	0.30	29.80	38.14	4.02	0.18	0.38	2.73	3.29	0.80	1.05
6	1.00	29.40	37.51	3.29	0.49		14.40	14.89	2.36	8.40
6	2.00	29.00	38.27	3.70	1.54			1.54	0.68	9.61
6	3.50	29.00	36.99	2.82	0.32	4.55	4.69	9.56	1.01	10.18
7	0.30	29.80	37.41	4.57	0.79			0.79	0.92	7.96
7	1.00	29.80	37.64	4.62	0.32	2.83	9.02	12.17		17.37
8	1.00	29.90	37.82	3.35	0.20	6.20	7.06	13.46	1.10	7.15
8	2.00	29.60	37.50	2.94	0.70			0.7	0.56	1.30
9	0.30	30.20	37.94	4.00	0.30		3.58	3.88	0.76	8.30
9	1.00	30.10	38.05	4.16	0.36	0.01	1.80	2.17	0.60	4.96
10	1.00	29.90	37.91	4.37	0.32	0.79	3.94	5.05	1.42	3.46
11	0.30	30.20	37.98	4.95	0.31	8.71	8.17	17.19	0.54	12.31
11	1.00	30.00	38.00	5.35	0.52	5.64	5.60	11.76	1.60	9.51
12	0.30	30.40	38.70	4.19	0.83			0.83	1.07	7.56
12	2.00		39.24	6.56	0.20	0.38	3.06	3.64	0.34	1.21
13	0.30	30.60	38.55	5.99	0.29	0.99	1.97	3.25	1.07	1.14
14					0.05	1.40		1.45		0.57
15	0.30	30.20	37.44	3.85	0.34	0.38	7.89	8.61	1.21	6.81
15	1.00	30.10	37.74	3.78	0.49	1.40		1.89	2.15	8.02
15	2.00	30.00	37.74	3.46	0.56			0.56	1.62	1.09
16	0.30	30.10	35.66		0.23	0.15	2.60	2.98	0.57	7.92
16	1.00	30.00	35.52	4.23	0.28	3.45	4.37	8.1	1.37	9.82
16	2.00	30.10	35.60	4.26	0.56			0.56	1.42	5.98

TABLA A4. VARIABLES REGISTRADAS EN EL MUESTREO ESPACIAL  
OCTUBRE-1985

EST.	PROF. (m)	T(°C)	S(‰)	O2(mL/L)	NO2	NO3	NH4	Nt			SiO4
								(µgAT/L)			
1	0.30	27.80	26.50	3.50	0.51	1.45	2.36	4.32	1.27	2.10	
1	1.00	27.90	27.00	3.51	0.69	1.98			1.16	2.70	
2	0.30	27.95	29.00	3.38	0.85	3.91			1.16	2.58	
2	1.00	27.80		3.12	0.28	0.21	2.06	2.55	0.75	6.08	
2	2.00	27.70	28.50	3.14	0.51	2.09			0.61	2.28	
3	0.30	27.59	28.50	3.29	0.43	2.31	6.41	9.15	0.97	2.28	
4	0.30	27.58	28.80	3.69	0.27	0.01	1.38	1.66	0.54	2.92	
4	1.00	27.60	28.50	3.35	1.26	0.98			0.57		
5	0.30	27.85	29.00	3.55	0.25	1.76	4.38	6.39	0.77		
5	1.00	27.90	28.90	3.70	0.34	1.16	3.31	4.81	1.04	2.40	
5	2.00	27.90	28.90	3.59	0.30	1.46			0.98		
5	3.00	27.90	28.90	2.96	0.42	4.32	5.16	9.9	1.93	2.22	
6	0.30	28.38		4.18	0.68	3.00			1.32	3.60	
6	1.00	28.32		4.50	0.26	0.01	1.64	1.91	0.51	1.92	
6	2.00	28.21		3.94	1.66	4.50	9.98	16.14	1.50	2.88	
6	3.00	28.20	28.50	3.61	0.76	0.12	6.06	6.94	0.76	4.84	
7	0.30	28.25	28.90	4.93	0.80	1.57	2.55	4.92	1.00	2.16	
7	1.00	28.33	28.90	4.82	0.34	0.49	4.38	5.21	0.61	2.22	
8	0.30	28.20	29.00	4.91	0.34	0.04	2.66	3.04	1.21	2.04	
8	1.00	28.30	28.90	4.77	0.37	2.63	2.06	5.06	1.42	2.40	
8	2.00	28.20	28.80	4.37						2.82	
9	0.30	28.40	29.10	4.87	0.31	0.20	1.71	2.22	0.56	2.58	
9	1.00	28.40	29.10	4.77	0.91	2.73	8.20	11.84	0.90	1.62	
9	2.00	28.10	29.10	4.22	0.55	1.04	6.03	7.62	1.29	2.64	
10	0.30	28.40	29.40	5.30	0.82	1.48	2.44	4.74	1.17	3.60	
10	1.00	28.20	29.70	5.07	0.33	2.37	3.26	5.957		2.76	
11	0.30	28.55	29.20	4.33	1.95	9.66	1.49	13.09	1.00	2.52	
11	1.00	28.40	29.70	4.59	0.34	0.04	2.84	3.22	0.91	2.64	
12	0.30	28.57	29.50	4.47	0.31	0.12	3.25	3.68	0.70	2.46	
12	1.00	28.45	29.30	4.63	0.51	0.06			0.53	3.00	
13	0.30	28.80		6.16	0.27	0.20	1.17	1.64	0.40	6.84	
14					2.54	6.80	125.80	136.14			
15	0.30	28.95	28.10	5.07	1.08	5.41	14.80	21.29	1.45	2.46	
15	1.00	28.90	28.80	5.22	0.43	1.03	8.95	10.41	0.97	2.52	
15	2.00	29.00		4.46	0.39	0.17	4.35	4.91	0.89	2.22	
16	0.30	28.10	34.67	4.14	0.37	0.24	5.06	5.67	0.98	2.16	
16	1.00	28.10	35.59	4.50	0.26	0.12	1.54	1.92	0.61	2.28	

TABLA A5. VARIABLES REGISTRADAS EN EL MUESTREO ESPACIAL  
DICIEMBRE-1985

EST.	PROF. (m)	T(°C)	S(‰)	O <sub>2</sub> (ml/L)	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>		NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>4</sub>
							(µgAt/L)				
1	0.30	25.70	30.54	4.26	0.81	6.90			7.71		
2	0.30	25.30		4.90	0.74	2.38	2.17		5.29	0.89	
2	1.00	25.00	31.47	5.10	0.68	3.94	4.35		8.97	2.30	
2	2.00	25.30	31.89	4.57	1.31	1.05	4.07		6.43	0.99	
5	0.30	25.00	31.55	5.07	0.49	3.24	1.78		5.511	0.88	4.40
5	1.00	24.95		5.01	0.66	0.68	2.25		3.59	0.72	
6	0.30	25.00	31.75	5.15	0.88	5.07	3.08		9.03		
6	1.00	25.00	31.97	5.29	1.55	6.04	3.61		11.2	0.72	8.16
6	3.00	24.80	31.87	4.82	0.25	0.20	7.89		8.34	1.75	
7	0.30	25.10	31.26	5.88	0.35	0.21	0.97		1.53	0.67	
8	0.30	25.15	31.78	5.21	0.51		13.45				4.96
8	1.00	25.20	31.72	5.14	1.31	1.19	4.68		7.17	0.78	6.08
8	2.00	25.10	31.47	5.07	1.20	1.45	2.48		5.13	0.99	
9	0.30	25.10	31.42	5.38		5.55	12.24			2.10	5.40
9	2.00	24.95	31.65	5.07	1.25	1.55	6.31		9.11	2.13	
10	0.30	25.20	31.85	5.43							5.44
11	0.30	25.15	31.92	5.82	0.80	7.44	14.20		22.52		
12	0.30	25.05	31.91	5.74	0.86	1.28	3.00		5.14	1.22	5.12
13	0.30	25.90	31.99	7.61	1.18	0.24	0.41		1.83	1.36	0.80
15	0.30	25.10	31.69	5.01	0.75	0.01	3.68		4.44	1.50	
15	1.00	25.10	32.18	5.08	0.77	0.12	9.67		10.56	2.02	4.80
15	2.00	25.15	32.12	5.01	0.08	4.05	3.70		7.83	2.00	
16	0.30	25.30	32.11	5.21	0.62	2.50	1.82		4.94	1.23	
16	1.00	25.40	31.80	5.19	1.00	4.88	14.45		20.33		

TABLA A6. VARIABLES REGISTRADAS EN EL MUESTREO ESPACIAL  
FEBRERO-1986

EST.	PROF. (m)	T(°C)	Si(‰)	O2(ml/L)	NO2	NO3	NH4		POM
							(µgAt/L)		
1	0.30	24.90	30.70	3.81	0.31	0.07	8.06	8.44	2.27
1	1.00	24.90	30.67	3.80	0.35	0.03	1.41	1.79	0.85
2	0.30	25.40	30.54	3.80	0.25	0.01	2.36	2.62	0.58
2	1.00	25.40	30.56	3.89	0.69	3.05	9.63	13.37	1.45
2	2.00	25.40	30.61	3.86	0.28	2.77	3.11	6.16	1.15
3	0.30	25.40	30.71	4.18	1.53				
3	1.00	25.40	30.61	4.10	0.23	0.82			1.02
4	0.30	25.40	30.66	4.20	0.19	0.43	1.10	1.72	2.02
5	0.30	25.10	30.61	3.57	1.76	0.29	1.17	3.22	0.98
5	1.00	25.10	30.63	3.38	0.47	0.38	4.83	5.68	0.84
5	2.00	25.10	30.49	3.55	0.33	0.95			0.87
5	3.00	25.10	30.59	3.46	0.32	4.33	4.05	8.7	1.16
5	4.00	25.10	30.64	3.53	0.41	0.75	2.79	3.95	0.80
6	0.30	25.40		3.80	0.35	0.81			0.74
6	1.00	25.30	30.57	3.86	0.25	0.39	3.05	3.69	0.70
7	0.30	25.60	30.68	4.22	0.25	0.68	1.43	2.36	2.95
7	1.00	25.60	30.73	3.91	0.27	0.09			0.76
8	0.30	25.40	30.62	3.44	0.44	0.20			
9	0.30	25.50	30.58	4.47	0.27	2.48	9.52	12.27	
9	1.00	25.60	30.56	4.55	0.45	0.28	0.46	1.19	
10	0.30	25.80	30.45	4.97	0.29	0.34	1.21	1.83	0.89
10	1.00	25.85	30.50	4.65	1.29	0.94			1.05
11	0.30	25.80	30.49		0.03	2.56	4.19	6.78	0.95
11	1.00	26.30	30.67		0.12	2.81	1.22	4.15	0.92
12	0.30	25.45	30.28		0.27	0.93	1.68	2.88	1.19
13	0.30	27.10	30.71		0.61	5.41	4.38	10.4	1.83
14					2.52	35.37	14.32	52.21	1.82
15	0.30	26.4	30.24		0.70		9.66		
15	1.00	26.05	30.34	4.35	0.73	1.40	1.62	3.75	1.61
15	2.00	25.8	30.44	4.18	0.71	0.95	9.54	11.2	2.00
16	0.30	26.2		4.87	0.40	1.89	9.24	11.53	0.51
16	1.00	26.2	30.98	4.87	0.27	2.85	5.16	8.28	0.50
16	2.00	26.2	30.95	4.52	0.28	1.35	1.46	3.09	0.94

TABLA A7. VARIABLES REGISTRADAS EN EL MUESTREO ESPACIAL  
ABRIL-1986

EST.	PROF. (#)	T(°C)	Si(‰)	O2(ml/L)	NO2	NO3	NH4	NH	PCW	SIO4
1	0.30	27.80	34.18	4.06	0.82	1.19	4.06	6.07	0.56	11.00
1	1.00	27.70	34.28	3.91	0.58	2.08	4.34	7.00	0.79	10.81
2	0.30	28.10	34.32	4.38	0.47	2.05	2.90	5.42	0.67	10.39
2	1.00	27.80	34.91	4.68	0.60	2.27	2.60	5.67	0.65	5.16
3	0.30	28.40	35.01	4.79	0.38	2.00	7.01	9.39	0.44	6.24
3	1.00	28.30	34.63	4.64	0.44	2.51	4.05	7.00	0.63	6.51
4	0.30	28.40	35.05	4.41	0.41	2.24	4.05	6.70	0.65	5.90
4	1.00	28.20	34.37	4.58	0.48	1.95	4.25	6.68	0.82	5.17
5	0.30	29.00	35.00	4.48	0.54	2.61	3.74	6.89	0.77	5.00
5	1.00	28.70	34.98	4.63	0.44	1.95	2.79	5.18	0.52	5.99
5	2.00	28.25	34.96	3.88	0.54	3.01	3.63	7.18	0.90	5.54
5	3.00	27.80	35.11	3.66						5.26
6	0.30	29.20	34.98	4.96	0.58	2.08	4.34	7.00	0.79	5.52
6	1.00	28.70	34.97	5.49	0.44	1.90	2.81	5.15	0.55	4.44
6	2.00	28.10	35.06	4.76	0.44	1.86	2.81	5.11	0.61	5.61
6	3.00	27.80	34.91	4.23	0.44	2.08	6.43	8.95	0.63	5.34
6	4.00	27.60	34.85	4.08	0.43	1.87	2.90	5.20	0.61	5.35
7	0.30	28.85	35.01	5.56	0.46	1.97	3.20	5.63	0.60	5.52
7	1.00	29.00	34.99	6.24	0.44	1.86	2.77	5.07	0.47	5.35
8	0.30	28.90	34.97	5.26	0.42	2.01	5.03	7.46	0.93	5.61
8	1.00	28.50	35.08	5.24	0.46	0.46	3.96	4.88	0.87	5.70
8	2.00	28.90	34.97	5.21	0.46	3.62	7.29	11.37	1.19	5.52
8	3.00	28.65	34.90	5.61	0.49				0.94	6.02
9	0.30	28.70	33.66	5.71	0.51	3.56			0.67	11.54
9	1.00	28.90	34.83	5.49	0.42	2.06	3.58	6.06	0.67	5.35
9	2.00	28.25	34.95	5.56	0.44	2.12	5.12	7.68	0.64	5.93
9	3.00	28.05	34.89	5.24	0.51	2.76	5.80	9.07	1.08	10.99
10	0.30	28.80	34.93	6.51	0.42	1.92	3.48	5.82	0.75	5.16
10	1.00	28.90	34.59	6.66	0.47	2.81				7.77
14					1.03	4.50	300.93	306.46	63.24	
15	0.30	28.20	34.56	5.21		2.41			0.81	
15	1.00	28.15	34.42	5.36	0.47	2.51	3.63	6.61	1.10	9.03
15	2.00	28.15	34.54	4.81	0.46	2.54	3.48	6.48		11.29

TABLA A8. VARIABLES REGISTRADAS EN EL MUESTREO ESPACIAL  
JULIO-1986

EST.	PROF. (m)	T(°C)	S(‰)	O2(ml/L)	µg/L					
					NO2	NO3	NH4	Nt	PO4	SiO4
1	0.30	30.30	35.99	4.91	0.57	0.75	2.99	4.31	0.63	7.59
1	1.00	30.30		5.03	0.39	1.54	1.16	3.09	0.61	8.26
2	0.30	30.40	36.71	5.15	0.43	0.05	1.02	1.50	0.61	4.88
2	1.00	30.40	37.23	4.66	0.51	0.20	6.47	7.18	0.54	1.87
2	2.00	30.60		4.30	0.41	0.04	0.57	1.02	0.58	2.50
3	0.30	30.70	37.23	9.00	0.37	0.32	0.88	1.57	0.33	1.60
3	1.00	30.60	37.13	5.96	0.45	0.19	2.17	2.81	0.52	1.69
5	0.30	30.50	37.21	3.96	0.43	0.55	0.74	1.74	0.54	4.13
5	1.00	30.10	37.19	3.52	0.45	0.49	1.53	2.47	0.50	2.49
5	2.00	30.30	37.12	8.95	0.37	0.04	0.57	0.98	0.56	2.98
5	3.00	29.90	37.22	3.37	0.43	0.44	2.21	3.08	0.56	2.50
6	0.30	30.50	37.29	5.99	0.38	0.45	2.17	3.00	0.39	1.97
6	1.00	30.40	37.28	6.11	0.55	0.05	2.17	2.77	0.57	2.06
6	2.00	29.80	37.32	3.49	0.57	1.59	4.34	6.50	2.41	2.50
6	3.00	30.50	37.20	3.95	0.67	0.65	3.20	3.92	0.77	2.74
7	0.30	30.80	37.15	4.31	0.44	0.01	2.30	2.75	0.68	2.96
7	1.00	30.80	37.13	4.09	0.41	0.11	1.16	1.68	0.76	2.82
9	0.30	31.00	36.99	5.68	0.57	0.05	2.17	2.79	0.50	3.19
9	1.00	30.40	37.10	5.02	0.55	1.19	4.16	5.96	1.74	3.65
9	2.00	30.30	37.07	5.72	0.43	0.47	1.58	2.48	0.74	3.65
9	3.00	30.20	37.03	5.45	0.59	0.06	4.05	4.69	0.56	3.65
9	4.00	30.40	36.97	4.58		0.05	2.69	2.74		3.47
10	0.30	30.00	37.03	5.32	0.51	0.36	1.07	1.94	1.01	4.42
10	1.00	30.50	36.81	4.23	0.47	0.63	1.16	2.26	1.00	3.85
13	0.30	31.20	37.19	7.36	0.41	0.19	2.17	2.77	0.54	0.66
14							252.80	252.80	424.00	167.00
15	0.30	30.85	36.21	5.07	0.44	0.61	1.07	2.12	0.45	6.34
15	1.00	30.80	36.26	4.66	0.67	0.20	1.92	2.79	0.92	6.73
15	2.00	30.70	36.30	5.13	0.91	1.06	3.80	5.77	1.31	9.52
16	0.30	30.80	35.50	5.29	0.48	0.39	0.98	1.85	0.97	4.57
16	1.00	29.70	35.57	4.97	0.47	0.32	1.73	2.52	0.56	5.39
16	2.00	30.10	35.57	4.92	0.39	0.66	1.59	2.64	0.37	4.55

TABLA A9. VARIABLES REGISTRADAS EN EL MUESTREO ESPACIAL  
AGOSTO-1986

EST.	PROF.	T(°C) (m)	S(‰)	O2(ml/L)	NO2	NO3	NH4	Nt	PO4	SiO4
1	0.30	32.20	36.72	6.53	0.18	1.90	3.68	4.60	0.80	10.02
1	1.00	31.90	37.15	6.77	0.19	0.99	2.93	1.55	0.76	9.87
2	0.30	32.70	37.99	6.41	0.13	0.64	3.88	9.37	0.63	4.52
2	1.00	32.50	38.38	5.50	0.15	0.62	3.29	2.29	0.80	5.14
2	2.00	32.50	38.41	5.48	0.13	0.64	3.83	4.26	0.83	4.52
3	0.30	32.20	37.81	5.93	0.21	0.77	0.57	3.68	0.65	8.15
3	1.00	32.50	38.18	7.04	0.15	0.62	8.60	3.23	1.82	5.02
4	0.30	32.60	38.88	5.36	0.10	0.68	1.51	4.82	0.58	
4	1.00	32.50	39.02	7.63	0.13	0.95	3.28	7.41	0.87	2.65
5	0.30	32.60	39.15	5.22	0.13	0.53	3.02	2.72	0.63	
5	1.00	32.20	39.08	5.40	0.18	0.48	2.57	1.31	0.83	2.65
5	2.00	31.80	39.05	4.54	0.11	0.66	4.05	3.58	0.67	2.84
5	3.00	31.40	39.34	4.08	0.13	0.64	6.64	1.92	0.67	2.40
6	0.30	32.50	39.39	4.65	0.15	0.67	1.90	2.93	0.58	2.15
6	1.00	32.50	39.30	4.41	0.08		1.23	1.88	0.44	
6	2.00	31.50	39.32	4.46	0.13	0.43	3.02	5.96	0.56	2.15
6	3.00	31.10	39.41	4.30	0.10	0.50	1.32	0.56	0.49	2.21
6	3.70	31.00		4.15	0.13	0.64	2.16	3.37	0.67	1.90
7	0.30	32.30	39.29	5.27	0.16	0.40	1.32	2.82	0.44	2.15
7	1.00	32.30	39.25	5.18	0.10	0.77	5.09	5.20	0.63	2.09
8	0.30	32.15	39.70	4.15	0.08	0.48		2.42	0.54	2.52
8	1.00	32.10	39.18	4.21	0.07	0.63	2.67	1.10	0.54	2.09
8	2.00	32.15	39.25	4.27	0.10	0.56	2.16	2.37	0.67	2.52
8	3.00	32.00	39.34	4.50	0.08	0.48	4.64	2.26	0.58	2.15
10	0.30	33.00	39.60	7.70	0.19	0.91	1.32	9.13	0.53	2.65
10	1.00	32.85	39.58	7.82	0.21	0.89		3.58	0.51	1.90
11	0.30	32.80	39.46	6.96	0.08	0.59	1.70	2.64	0.51	3.52
11	1.00	32.50	39.50	6.42	0.08	0.48	1.70	1196.40	0.53	1.77
12	0.30	33.40	39.65	7.16	0.10	0.67	8.36	3.85	0.72	2.09
12	1.00	33.00	39.63	6.40	0.10	0.46	3.02	3.91	0.80	2.40
13	0.30	33.70		6.69	0.10	0.56	1.98	0.00	0.63	2.15
14					5.40	323.00	868.00	4.07	320.00	615.00
15	0.30	31.70	37.07	4.96	0.15	0.68	3.02	0.00	0.53	8.15
15	2.00	31.45	37.28	5.32	0.16	0.82	2.93	0.00	0.72	
16	0.30	32.00		5.80				0.30	0.78	6.90
16	2.00	32.30	36.73	5.83	0.10	0.48	3.49	0.00		7.05

TABLA 81. VARIABLES REGISTRADAS EN EL MUESTREO DIURNO  
JULIO-1986

EST.	PROF.	HR.	I	S	O2	NO2	NO3	NR4	Nt	PO4	SiO4
A	0.3	1.33	30.30	37.11	3.35	0.55	0.01	1.02	1.58	0.81	4.37
A	0.3	3.25	30.30		2.96	0.51	0.46	0.97	1.94	1.28	4.67
A	0.3	5.05	29.80		2.79	0.39	1.12	0.91	2.42	0.36	5.17
A	0.3	6.67	29.60		3.08	0.33	0.80	0.33	1.46	0.34	3.03
A	0.3	7.85	30.10			1.15	0.40			0.78	7.79
A	0.3	9.42	30.40		4.01	1.17	0.33			0.31	6.99
A	0.3	10.60	30.80		5.92	1.66	0.03			0.43	7.37
A	0.3	11.80	31.40		6.26	1.00	0.20			0.50	6.12
A	0.3	13.85	31.90		6.43	1.24	0.21	2.73	4.18	0.67	3.15
A	0.3	15.18	32.20		6.90	1.23	0.33	1.97	3.53	1.47	5.75
A	0.3	16.67	32.50		9.91	1.74	0.21	0.00	1.95	0.74	3.15
A	0.3	18.23	32.10		7.02	1.55	0.21	1.12	2.88	0.50	5.75
A	0.3	20.00	32.10			0.35	1.25	1.46	3.06	0.50	5.80
A	0.3	21.23	31.35		4.99	0.37	2.30	1.24	3.91	0.55	5.10
A	0.3	22.45	31.10		4.55	0.12	0.23	0.81	1.96	0.57	4.27
A	0.3	23.90	30.50		3.77						3.14
A	1	1.25	30.50	36.81	3.38	0.37	1.05	0.81	2.23	0.72	
A	1	3.03	30.30		2.91	0.37	0.76	1.25	2.38	0.79	4.18
A	1	4.83	29.80		2.81	0.31	0.56	0.09	0.96	0.51	3.91
A	1	6.53	29.80		2.94	0.39	1.07	0.68	2.14	0.75	3.60
A	1	7.15	30.10			1.16	0.43			1.00	3.71
A	1	9.35	30.50		3.89	1.47	0.34			0.31	6.99
A	1	10.37	30.70		4.97	0.92	0.22			0.64	14.83
A	1	11.70	31.60		9.66	1.58	0.26			0.42	6.43
A	1	13.50	31.90		6.38	1.94	0.45	1.12	3.51	1.45	4.99
A	1	15.07	31.90		7.24	1.32	0.25	1.61	3.18	0.51	4.35
A	1	16.53	32.10		6.68	1.72	0.23	0.35	2.3	1.23	4.99
A	1	17.97	31.60		6.95	1.65	0.26	0.00	1.91	0.56	4.25
A	1	19.78	31.70		5.99			3.93		1.71	6.68
A	1	21.08	31.25		5.01	1.56	0.82	2.86	5.24	0.55	8.43
A	1	22.32	31.00		4.16	0.35	1.52	0.59	2.46	1.12	5.29
A	1	23.80	30.60		3.72	0.60		5.16		0.42	3.58
B	0.3	0.28	30.40	37.07	4.60	1.28	0.29	3.40	4.97	1.05	5.11
B	0.3	1.77	30.25		4.31	0.69		4.14		0.32	6.37
B	0.3	3.82	30.50		3.96	0.39	0.43	0.75	1.57	0.72	4.22
B	0.3	5.61	30.00		3.95	0.43	0.34	0.50	1.27	0.90	4.84
B	0.3	7.10	29.70		3.84	0.35	0.70	0.80	1.85	0.46	4.01
B	0.3	8.40	30.30			0.92	0.27			0.33	7.54
B	0.3	9.73	30.40		4.06	1.55	0.23			0.45	9.46
B	0.3	10.92	31.00		4.08	0.98	0.21			0.31	7.34
B	0.3	12.10	30.50		4.16						4.21
B	0.3	14.25	31.70		4.26	1.69	0.20	2.22	4.11	0.65	3.51
B	0.3	15.72	31.60		4.57	1.55	0.23	0.00	1.78	0.50	3.78
B	0.3	17.13	31.10		4.77	0.77	0.25	2.73	3.75	0.39	3.51
B	0.3	18.55	31.00		4.94	1.51	0.23	2.63	4.37	0.49	2.78
B	0.3	20.40	31.20		5.01			4.05		0.31	5.32
B	0.3	21.63	30.90		4.72	0.39	1.50	1.02	2.91	1.12	4.12
B	0.3	22.87	31.00		4.75	1.19		4.40		1.12	4.37

CONTINUACION TABLA BI

EST.	PROF.	HR.	T	S	O2	MO2	MO3	NH4	Nt	PO4	SiO4
B	1	0.25	30.20	37.12	4.08	1.04	0.21			0.89	15.41
B	1	1.67	30.30		4.33	0.67	0.81	1.68	2.96		7.08
B	1	3.67	30.30		4.18	0.43	0.95	0.55	1.93	1.09	3.95
B	1	5.46	30.00		4.10	0.49	0.97	1.14	2.6	0.60	5.47
B	1	6.98	29.50		3.69	0.21	0.91	0.55	1.67	0.54	3.43
B	1	8.26	30.70		4.67	1.72	0.28	2.53	4.53	0.50	5.15
B	1	9.63	31.10		4.84	1.74	0.25	2.79	4.78	0.56	4.99
B	1	10.85	30.90		4.01	1.29	0.26			0.33	3.19
B	1	12.03	30.40		4.04	0.30	0.39			0.25	3.64
B	1	14.15	31.80		4.35	1.34	0.29	1.12	2.75	0.60	4.99
B	1	15.61	31.40		4.53	1.75	0.32	2.45	4.52	0.42	5.11
B	1	17.07	30.30		4.01	1.74	0.30			0.39	6.43
B	1	18.47	31.00		4.92	1.57	0.29	4.21	6.07	1.50	5.11
B	1	20.30	31.20		4.97	1.19	0.81	2.75	4.75	0.41	4.66
B	1	21.53	31.00		4.75	1.76	0.81	2.86	5.43	0.40	6.17
B	1	22.77	31.10		4.75	0.39	0.76	1.24	2.39	0.37	4.04
B	2		31.00	37.07	4.89			4.24		0.53	5.74
B	2	1.57	30.10		4.55	0.38		2.11		0.58	5.24
B	2	3.52	30.20		4.21	0.35	0.87	0.33	1.55	0.49	10.29
B	2	5.30	30.00		2.64	0.30	1.58	0.77	2.65	0.27	4.36
B	2	6.87	29.60		3.30	0.31	1.15	0.77	2.23	0.37	3.33
B	2	8.13	30.10		4.72	0.35	0.50	3.19	4.04	1.05	5.24
B	2	9.53	30.30		3.96	2.10	0.46			0.40	13.30
B	2	10.79	31.00		3.94	1.20	0.41			0.35	17.77
B	2	11.97	30.40		3.96	1.33	0.28			0.30	4.43
B	2	14.05	31.40		4.23	1.15	0.25	0.52	1.92	0.80	7.17
B	2	15.51	31.40		7.51	1.32	0.25	0.78	2.35	0.49	3.46
B	2	16.92	31.30		4.72	1.42	0.28	0.78	2.48	0.56	7.17
B	2	18.38	31.20		4.92	1.80	1.19	0.52	3.51	0.40	3.46
B	2	20.20	31.20		4.89	0.55	1.13	1.02	2.7	0.59	4.20
B	2	21.43	30.20		4.08	1.03					4.34
B	2	22.68	30.90		4.77	0.41	1.10	1.46	2.97	0.45	5.38
B	2.7	0.20	30.40	37.03	4.70	0.39	0.53	1.46	2.38	0.35	5.38
B	2.7	0.23	30.35			1.06	0.37			1.02	3.46
B	2.7	1.47	30.00		4.31	1.40	0.21	0.35	1.96	0.33	6.21
B	2.7	3.37	30.50		4.28	0.37	0.76	0.46	1.59	0.69	3.91
B	2.7	5.13	30.00		3.35	0.43	1.14	1.08	2.65	0.66	4.36
B	2.7	6.75	29.40		4.01	0.37	1.59	0.63	2.59	0.77	3.44
B	2.7	8.00	30.30		4.19	1.59					5.03
B	2.7	10.72	30.50		3.94	0.90	0.29			0.32	5.57
B	2.7	11.90	31.10		4.04	1.03	0.27			0.56	7.79
B	2.7	13.95	31.70		4.33	1.41	0.22	0.43	2.06	0.43	3.27
B	2.7	15.40	31.10		4.57	1.42	0.28	1.33	3.03	0.60	4.42
B	2.7	16.77	31.20		8.02	1.35	0.22	0.35	1.92	0.45	3.27
B	2.7	18.30	31.75		4.92	1.70	0.25	1.12	3.07	0.51	4.42
B	2.7	20.10	31.20		4.26	1.56	0.82	2.64	5.02	0.66	
B	2.7	21.33	31.00		3.67	1.48	0.84	3.84	6.16	0.74	
B	2.7	22.58	30.70		4.75	0.33	1.45	0.37	2.15	0.31	3.98

CONTINUACION TABLA 81

EST.	PROP.	HR.	T	S	O2	NO2	NO3	HC	HC	PO4	SIC4
C	0.3	0.58	30.40	37.22	3.72	1.41	0.22	2.80	4.43	0.33	2.45
C	0.3	2.02	30.10		3.40	1.35	0.28	1.98	3.61	0.47	4.27
C	0.3	4.20	30.20		2.84	0.29	1.01	1.21	2.51	0.65	4.15
C	0.3	5.90	29.90		2.45	0.41	1.05	0.00	1.46	0.48	2.16
C	0.3	7.37	29.30		2.72						2.43
C	0.3	8.75	30.25		3.06	1.56	0.29		1.85	0.50	4.55
C	2.2	9.92	30.30		3.89	1.12	0.21		1.33	0.38	5.25
C	0.3	11.23	31.20		4.77	0.96	0.23		1.19	0.58	8.00
C	0.3	12.35	31.00		5.58						0.57
C	0.3	14.58	32.20		7.09	1.59	0.27	0.43	2.29	0.91	3.45
C	0.3	16.00	32.50		7.46			4.91			2.20
C	0.3	17.38	32.00		7.61	1.27	0.49	2.50	4.26	1.41	3.45
C	0.3	18.78	31.70		6.19	1.57	0.25	0.88	2.7	0.52	2.20
C	0.3	20.62	31.50		6.43	0.30		3.19		0.27	4.36
C	0.3	21.88	30.50		5.53	0.40	1.02	2.33	3.75	0.33	1.15
C	0.3	23.15	30.10		4.16	1.41	0.19	2.60	4.4	0.37	2.25
C	1	0.50	30.20	37.16	3.57			3.83		0.39	2.35
C	1	1.88	30.20		3.33	1.72	0.28	2.49	4.49	0.73	3.19
C	1	4.00	30.10		1.81	0.33		0.55		0.39	4.06
C	1	5.73	29.80		2.40	0.39	0.58	0.34	1.31	0.38	2.13
C	1	7.18	29.40		2.76	0.41	1.22	0.23	1.86	0.71	3.88
C	1	8.48	30.20		2.96	1.21	0.23				0.30
C	1	9.78	30.60		3.69	0.89	0.18			0.43	4.72
C	1	11.08	30.90		7.66	1.03	0.41			0.52	3.21
C	1	12.22	31.20		9.56	1.84	0.26			0.29	7.97
C	1	14.40	31.90		7.51	1.51	0.25	5.03	6.85	0.76	2.13
C	1	15.87	32.30		7.61	1.26	0.26	0.70	2.22	0.34	2.58
C	1	17.22	31.40		6.29	1.61	0.21	4.10	5.92	0.57	2.13
C	1	18.62	31.50		6.56	1.81	0.24	3.16	5.21	0.66	2.58
C	1	20.48	31.35		6.36	0.69		3.94	4.63	0.61	2.45
C	1	21.73	31.20		5.31	0.40	1.46	0.15	2.01	0.65	5.37
C	1	23.00	31.10		4.11	1.47	0.28	3.73	5.46	0.67	4.20
D	0.3	0.93	30.40	25.99	4.43	2.52	0.61	2.15	5.29	0.38	6.43
D	0.3	2.35	29.70		7.61	2.81	0.76	3.62	7.19	0.47	12.27
D	0.3	6.30	29.80		6.29	0.54	1.75	0.46	2.75	0.39	8.52
D	0.3	7.60	28.90		3.86	0.53	1.14	0.75	2.42	0.99	7.19
D	0.3	9.03	30.20		3.62	1.95	0.67			0.40	17.32
D	0.3	10.18	30.50		4.31	2.24	0.63			0.50	
D	0.3	11.47	31.10		4.77	1.62	0.67			0.43	15.96
D	0.3	12.53	31.00		5.33	1.42	0.56			0.36	7.23
D	0.3	14.85	32.00		6.97	2.17	0.47	0.70	3.34	0.43	14.12
D	0.3	16.35	32.00		7.58	1.75	0.45	1.47	3.67	0.80	10.70
D	0.3	17.68	32.40		7.44						14.12
D	0.3	18.98	31.70		7.61	1.86	0.46	2.73	5.05	0.53	10.70
D	0.3	20.87	31.30		6.16	0.53	2.10	0.46	3.09	0.62	9.47
D	0.3	22.10	31.00		5.38	0.55	4.72	0.48	5.75	0.81	10.10
D	0.3	23.48	30.20		4.89	2.50	0.69	2.86	6.05	0.60	13.11

## CONTINUACION TABLA B1

EST.	PROF.	HR.	T	S	O2	NO2	NO3	NH4	Nt	PO4	SiO4
D	1		31.20	33.51	6.07			3.93		0.96	8.92
D	1	0.82	30.20		4.53	0.53	3.14	0.59	4.26	0.55	9.03
D	1	2.20	29.80		7.36	0.55	2.33	0.22	3.1	0.39	3.48
D	1	4.33	30.00		3.79	0.61	3.01	1.14	4.76	1.20	10.23
D	1	6.05	29.70		3.79	0.69	2.27	0.57	3.53	0.72	13.01
D	1	7.45	29.20		5.99	0.53	1.29	0.42	2.24	1.01	13.43
D	1	8.85	30.20		3.79	2.45	0.67			0.41	21.18
D	1	10.03	30.40		4.23	2.59	0.65			0.35	12.57
D	1	11.38	31.00		5.01						15.38
D	1	12.48	30.80		5.41	1.87	0.49			0.40	12.16
D	1	14.73	31.70		6.80	1.35	0.53	3.86	5.74	0.41	11.50
D	1	16.11	31.70		7.04	2.45	0.44	2.45	5.34	1.08	10.83
D	1	17.52	32.20		7.39	1.55	0.44	2.73	4.72	0.67	11.50
D	1	18.88	31.60		10.15	1.82	0.44	0.80	2.26	0.51	10.83
D	1	21.97	30.90		5.43	0.59	2.31	0.37	3.27	0.69	
D	1	23.37	30.10		5.85	0.62	1.55	0.37	2.54	0.95	9.42

EST. : Estación de muestreo

PROF. : Profundidad en metros

HR. : Hora decimal a la que se realizó el muestreo

T : Temperatura del agua (°C)

S : Salinidad (P/oo)

O2 : Oxígeno disuelto (ml/L)

NUTRIENTES: (N-NO2, N-NO3, N-NH4, P-PO4, Si-SiO4) µgAt/L

TABLA B2. VARIABLES REGISTRADAS EN EL MUESTREO DIARIO  
AGOSTO-1936

EST.	PROF.	HR.	T	S	O2	NO2	NO3	NH4	Nt	PO4	SIO4
C	0.3	0.62	30.90	38.88	4.09	0.12	0.85	4.70	5.67	0.45	
C	0.3	1.63	30.80		2.97	0.14	1.12	3.64	4.90	0.45	
C	0.3	2.63	31.00		2.64	0.11	0.80	1.76	2.67	0.41	
C	0.3	3.45	30.80		1.96	0.10	0.88				
C	0.3	5.70	30.65		0.89						
C	0.3	6.72	31.00		0.78	0.14					
C	0.3	7.33	31.00		2.59	0.29	0.56	7.19	8.04	0.69	0.85
C	0.3	7.52	30.50		1.27	0.35	0.36	2.81	3.52		
C	0.3	8.27	30.80		2.80	0.17	0.50	6.06	6.73		1.15
C	0.3	8.50	30.50		2.12	0.11	0.45	1.84	2.40	0.46	
C	0.3	9.47	30.80		2.68	0.10	0.46	1.67	2.23	0.53	
C	0.3	9.50	31.20		2.47	0.20	0.49	19.27	19.96	0.72	0.29
C	0.3	10.38	32.00		3.56	0.20	0.62	11.58	12.60	0.83	0.58
C	0.3	11.25	31.50		4.90	0.17	0.72	3.69	4.58		0.71
C	0.3	12.30	32.15		5.34	0.23	0.79	7.91	8.93	1.31	0.71
C	0.3	13.22	32.20		6.05	0.15	0.81	7.91	8.87	0.83	0.65
C	0.3	14.18	32.70		6.81	0.15	0.81	5.91	6.87	0.44	0.64
C	0.3	15.27	33.20		9.54	0.09	0.61	1.55	2.25	0.61	0.76
C	0.3	16.43	32.80		7.11	0.17	0.57	2.59	3.33	0.27	0.39
C	0.3	17.42	32.80		6.31	0.15	0.53	1.66	2.34	0.31	0.39
C	0.3	18.60	32.60		7.25	0.21	0.60	2.59	3.40	0.40	
C	0.3	19.52	32.35		5.96	0.10	0.67	2.83	3.60	0.46	
C	0.3	20.33	32.40		4.46	0.09	0.87	4.31	5.27	0.30	0.32
C	0.3	21.57	32.25		4.35	0.29	0.66	3.90	4.85	0.45	0.32
C	0.3	22.67	31.50		5.36	0.12	0.72	4.36	5.20	0.49	
C	0.3	23.65	30.50		3.23	0.17	0.80	3.65	4.62	0.61	
C	1.0		32.70	39.02	6.16						
C	1.0	0.75	30.90		3.52	0.12	0.78	4.91	5.81	0.57	
C	1.0	1.85	30.80		3.00	0.44	0.12	2.40	2.96	0.45	
C	1.0	2.80	30.20		2.31	0.35	0.92	5.33	6.60		
C	1.0	3.55	30.65		1.93	0.13	0.85	3.67	4.65	0.51	
C	1.0	5.83	30.65		0.73	0.16	0.75	2.09	3.09	0.43	
C	1.0	6.80	30.50		0.99	0.15	0.62	2.46	3.23	0.96	
C	1.0	7.52	30.80		2.68	0.14	0.63	4.54	5.31		0.50
C	1.0	7.55	30.50		1.34	0.12	0.59	2.38	3.09		
C	1.0	8.45	30.50		3.30	0.15	0.68	21.24	22.07	0.49	0.39
C	1.0	8.55	30.55		2.43	0.10					
C	1.0	9.52	30.80		2.90	0.12	0.44	2.17	2.73		
C	1.0	9.65	32.00		3.56	0.37	1.42	32.70	34.49	0.63	0.60
C	1.0	10.55	31.60		4.52	0.14	0.68	21.91	22.73	0.87	0.80
C	1.0	11.45	31.50		5.78	0.17	0.59	3.24	4.00	0.65	0.87
C	1.0	12.47	32.59		5.69	0.14	0.22	2.78	3.14	0.24	0.61
C	1.0	13.39	32.40		6.64	0.14	0.62	7.24	8.00	0.49	0.61
C	1.0	14.36	32.75		7.19	0.17	0.72	4.35	5.24	0.76	0.56
C	1.0	15.32	33.15		7.30	0.08	0.60	2.16	2.24	0.34	0.57
C	1.0	16.50	32.90		9.47	0.12	0.62	1.43	2.17	0.25	0.76
C	1.0	17.53	32.70		7.28	0.17	0.45	1.51	2.13	0.97	0.39
C	1.0	19.57	32.40		5.92						0.35
C	1.0	20.38	32.35		5.94	0.29	0.40	3.02	3.71	0.64	0.51
C	1.0	21.82	32.00		5.50	0.20	0.62	3.02	3.84	0.20	0.29
C	1.0	22.85	31.30		4.26	0.14	1.04	4.91	6.09	0.45	
C	1.0	23.82	31.10		4.42	0.12	0.89	5.29	6.30	0.72	

CONTINUACION TABLA B2

EST.	PROF.	HR.	T	S	O2	NO2	NO3	NO4	HT	PO4	SiO4
E	0.3	0.12	31.00	39.39	4.18	0.12	0.47	4.28	4.87	0.76	
E	0.3	1.12	30.90		4.09	0.12	0.44	1.99	2.55	0.47	
E	0.3	2.12	30.80		3.86		1.02	5.98	7.00	0.48	
E	0.3	3.12	30.35		3.74	0.08	0.98	3.36	4.42	0.48	
E	0.3	5.12	31.05		3.26	0.13					
E	0.3	6.05	30.95		3.27	0.10	0.46	2.74	3.30	0.46	
E	0.3	6.78	31.20		3.40	0.26	0.96	11.35	12.57	0.76	0.62
E	0.3	7.02	30.90		2.87	0.13	0.64	3.39	4.16	0.63	
E	0.3	7.78	31.20		3.90	0.17	0.60	7.37	8.14	0.89	0.65
E	0.3	8.02	30.90		3.02	0.10	0.67	1.84	2.61	0.41	
E	0.3	8.78	31.50		4.14	0.12	0.57	3.24	3.93	0.56	0.84
E	0.3	9.02	31.00		3.25	0.12	0.44	2.17	2.73		
E	0.3	9.78	31.60		3.44	0.14	0.68	4.57	5.39	0.39	0.58
E	0.3	10.78	31.30		3.81	0.15	0.81	5.69	6.65	0.83	0.46
E	0.3	11.78	32.20		3.97						0.56
E	0.3	12.78	31.40		4.52	0.08	0.68	1.91	2.67	0.48	0.49
E	0.3	13.78	32.40		6.38	0.14	0.69	3.24	4.07	0.71	0.53
E	0.3	14.87	33.00		5.89	0.17	0.67	1.66	2.50	0.25	0.29
E	0.3	15.87	32.80		6.27	0.08	0.91	0.97	1.96	0.43	0.76
E	0.3	16.85	32.60		6.16	0.08	0.75	0.65	1.48	3.20	0.45
E	0.3	18.00	32.50		6.21	0.05	0.82	1.51	2.38	0.27	
E	0.3	19.00	32.40		5.63	0.11	0.64	4.78	5.53	0.26	0.75
E	0.3	19.85	32.25		6.99	0.14	0.61	1.04	1.79	0.20	0.75
E	0.3	21.15	32.25		3.92	0.26	0.43	1.92	2.61	0.45	0.51
E	0.3	22.12	31.70		4.20	0.12	0.78	5.97	6.87	0.38	
E	0.3	23.12	30.80		5.05	0.09	0.87	10.35	11.31	1.48	
E	1.0	0.17	30.90	39.30	4.72	0.09	0.47	2.19	2.75	0.45	
E	1.0	1.17	30.80		3.96	0.11	0.45	7.45	8.01	0.69	
E	1.0	2.17	30.80		3.83	0.08	0.48	1.67	2.23	0.43	
E	1.0	3.22	31.00		2.81	0.11	0.95	2.83	3.89	0.46	
E	1.0	5.22	31.00		3.33	0.11	0.52	1.51	2.14	0.43	
E	1.0	6.23	30.95		4.33	0.11	0.52	1.51	2.14	0.43	
E	1.0	6.83	31.00		3.71	0.14	0.62	16.35	17.11	1.13	0.35
E	1.0	7.08	30.85		3.13	0.16					
E	1.0	7.68	30.90		3.59	0.12	0.65	7.37	8.14	0.71	1.23
E	1.0	8.08	30.90		3.02	0.09	0.54	2.93	3.56		
E	1.0	8.83	31.40		3.59	0.08	0.55	4.35	4.98	0.32	0.66
E	1.0	9.10	31.00		3.25	0.08	0.48	2.35	2.91	0.38	
E	1.0	9.83	31.50		3.71	0.12	0.84	18.80	19.76	0.50	0.50
E	1.0	10.88	31.40		3.80	0.14	0.75	6.35	7.24	0.76	0.76
E	1.0	11.95	32.05		3.67	0.10	0.86	4.13	5.09	0.46	0.61
E	1.0	12.83	31.40		4.54	0.23	0.33	3.69	4.25	0.54	1.09
E	1.0	13.88	32.10		5.93	0.11	0.78	1.91	2.80	0.35	0.46
E	1.0	14.95	32.90		6.71	0.05	0.67	1.55	0.62	0.45	0.45
E	1.0	15.93	32.80		8.04	0.17	0.51	1.73	2.41	0.27	0.51
E	1.0	16.93	32.50			0.12	0.50	0.75	1.37	0.25	0.45
E	1.0	18.08	32.50		5.76	0.08	0.73	1.88	2.69	0.34	0.64
E	1.0	19.08	32.40		5.39	0.12	0.63	1.92	2.67	0.51	
E	1.0	19.93	32.20		5.39	0.14	0.55	1.04	1.73	0.33	0.35
E	1.0	21.22	31.90		5.81	0.11	0.64	4.34	5.09	0.45	0.57
E	1.0	22.17	31.50		4.88	0.15	0.68	1.97	2.80	0.38	
E	1.0	23.17	31.30		2.79	0.09	0.47	1.99	2.55	0.69	

CONTINUACION TABLA B2

	EST.	PROP.	HR.	T	S	O2	NO2	NO3	NH4	Nt	PO4	SiO4
E	2.0	0.40	30.80	39.32	4.23	0.09	0.47	4.46	5.02	0.49		
E	2.0	1.40	30.80		4.11	0.12	0.44	4.67	5.23			
E	2.0	2.40	30.90		3.60	0.14	0.77	3.57	4.48	0.66		
E	2.0	3.27	31.10		3.73	0.11	0.95	4.36	5.42	0.53		
E	2.0	5.28	30.85		3.38	0.10	0.67	1.84	2.61	0.41		
E	2.0	7.00	31.00		3.83	0.26	0.43	9.69	10.38	0.84	1.11	
E	2.0	7.15	30.85		3.02	0.08	0.48	1.59	2.15	0.41		
E	2.0	7.98	31.10		3.59	0.14	0.63	7.37	8.14	0.67	0.62	
E	2.0	8.13	30.90		2.97	0.11	0.53	4.08	4.72			
E	2.0	9.00	31.30		3.54	0.14	0.63	19.32	20.09	0.60	0.52	
E	2.0	9.15	31.00		3.23	0.08	0.48	2.01	2.57	0.41		
E	2.0	10.00	31.20		3.59	0.17	0.50	4.11	4.78	0.56	0.45	
E	2.0	10.98	31.10		4.17	0.24	0.65	8.13	9.02	0.78	0.44	
E	2.0	11.12	31.80		5.04	0.11	0.78	14.13	15.02	0.67	0.47	
E	2.0	13.00	31.80		5.06	0.21	0.68	6.35	7.24	0.50	0.68	
E	2.0	13.98	32.40		7.19	0.11	1.25			0.46	0.56	
E	2.0	15.00	32.80		6.64	0.17	0.51	2.16	2.84	0.37	0.64	
E	2.0	16.00	32.65		5.62	0.05	0.88	3.23	4.16	1.13	0.45	
E	2.0	17.00	32.65		6.94	0.11	0.45	0.75	1.31	1.15	0.45	
E	2.0	18.13	32.50		5.43	0.05	0.57	1.20	1.82	0.28		
E	2.0	19.25	32.30		6.78	0.06	0.68	4.61	5.35	0.25		
E	2.0	19.98	32.20		5.88	0.14	0.65	2.17	2.96		0.29	
E	2.0	21.27	32.15		5.72	0.11	0.59	1.55	2.25	0.53	0.39	
E	2.0	22.33	31.40		4.01	0.09	0.81	3.23	4.13			
E	2.0	23.40	31.30		4.19	0.09	0.00	2.19	2.28	0.45		
E	3.0	0.45	30.80	39.37	4.22	0.09	0.45	1.58	2.12	0.54		
E	3.0	1.45	30.90		4.23	0.11	0.86	9.12	10.09	0.36		
E	3.0	2.45	30.90		5.54	0.12	0.66	3.94	4.92			
E	3.0	3.32	30.95		3.66	0.11						
E	3.0	5.35	31.05		3.26	0.11	0.66	2.01	2.78	0.79		
E	3.0	6.33	31.00		3.14	0.08	0.48	2.51	3.07	0.38		
E	3.0	7.17	31.00		4.14	0.10	0.59	3.02	3.71	0.65	0.57	
E	3.0	7.25	31.00		2.92	0.13	0.57	1.91	2.61	0.46		
E	3.0	8.05	31.00		3.44	0.20	0.62			1.30		
E	3.0	8.18	30.95		2.87	0.10						
E	3.0	9.17	31.00		3.44	0.20	0.42	8.02	8.64	0.89	0.46	
E	3.0	9.27	31.05		3.26	0.11	0.60	2.17	2.88			
E	3.0	10.17	31.30		3.49	0.17	0.60	4.11	4.88	0.73	0.56	
E	3.0	11.05	31.10		3.83	0.11	0.65	2.80	3.56	0.53	1.66	
E	3.0	11.17	31.40		3.68	0.02	0.80	4.35	5.17	2.87	0.38	
E	3.0	13.17	31.50		4.90	0.14	0.62	1.91	2.67	0.69	0.65	
E	3.0	14.05	32.40		6.00	0.10	0.59	1.46	2.15	0.44		
E	3.0	15.05	32.20		5.01	0.15	0.66	1.66	2.47	0.28	0.57	
E	3.0	16.10	31.95		6.11	0.14	0.67	3.02	3.83	0.27	0.45	
E	3.0	17.17	32.05		5.53	0.12	0.56	0.97	1.65	0.28	0.75	
E	3.0	18.22	32.30		5.17	0.09	0.72	2.11	2.92	0.31		
E	3.0	19.30	32.30		5.34	0.10	0.65	1.48	2.23	0.14		
E	3.0	20.05	32.00		5.39	0.17	0.65	1.92	2.74	0.51	0.41	
E	3.0	21.33	32.05		2.56	0.14	0.26	1.92	2.32	0.45	0.29	
E	3.0	22.50	31.40		5.37	0.11	0.79	4.07	4.97	0.49		
E	3.0	23.45	31.00		4.46	0.09	0.47	2.40	2.96	0.54		

CONTINUACION TABLA E2

EST.	PROF.	HR.	T	S	O2	NO2	NO3	NH4	NC	PO4	SiO4
E	3.5	0.52	30.90	39.41	4.10	0.09	0.59	4.07	4.75	0.53	
E	3.5	1.52	31.00		4.10	0.09	0.00	8.17	8.26	0.45	
E	3.5	2.53	30.60		3.78	0.11	0.59	3.39	4.09	0.47	
E	3.5	3.35	30.90		3.66	0.11	0.87	3.76	4.74		
E	3.5	5.43	31.05		3.47	0.11	0.45	2.51	3.07	0.71	
E	3.5	6.38	31.00		2.89	0.11	0.59	4.45	5.15	0.30	
E	3.5	7.28	31.00		3.40	0.12	0.65	6.93	7.70	0.57	0.57
E	3.5	7.30	30.95		3.05	0.11	0.53	2.17	2.81		
E	3.5	8.13	30.90		3.60	0.23	0.66	19.27	20.16	0.84	0.61
E	3.5	8.23	31.00		2.86	0.11	0.45	1.96	2.52		
E	3.5	9.38	30.80		3.18	0.14	0.62	8.44	9.20	0.73	1.37
E	3.5	10.23	31.45		3.49	0.10	0.66	9.24	10.00	0.54	0.66
E	3.5	11.15	31.10		3.07	0.15	0.74	2.13	3.02	0.58	0.70
E	3.5	12.22	31.60		4.51	0.12	0.71	3.46	4.29	0.44	0.53
E	3.5	13.22	31.40		4.39	0.12	0.57	5.02	5.71	0.80	0.76
E	3.5	14.08	31.80			0.14	0.55	3.24	3.93	0.43	0.45
E	3.5	15.13	31.70		4.19	0.09	0.67	1.94	2.70	0.58	
E	3.5	17.20				0.11	0.51	0.97	1.59	0.25	0.51
E	3.5	19.37	31.95		4.95	0.14	0.48	1.20	1.82	0.22	
E	3.5	20.15	32.10		5.81	0.14	0.61	1.48	2.23	0.33	0.64
E	3.5	21.40	32.00		5.99	0.08	0.68	1.30	2.06	0.27	0.41
E	3.5	22.60	31.60		4.13	0.09	0.00	5.39	5.48	0.59	
E	3.5	23.52	31.00		4.01	0.11	0.59	2.81	3.51	0.76	

EST. : Estación de muestreo

PROF. : Profundidad en metros

HR. : Hora decimal a la que se realizo el muestreo

T : Temperatura del agua (°C)

S : Salinidad (‰)

O2 : Oxígeno disuelto (ml/L)

NUTRIENTES: (N-NO2, N-NO3, N-NH4, P-PO4, Si-SiO4) µgAT/L

TABLA C. CONTENIDO DE NUTRIENTES, AGUA Y MATERIA ORGANICA DEL SEDIMENTO

BOJORQUEZ

EST/NIVEL	NH4	NO3	NO2		Nt	PO4	SiO2	% H2O	% M.O.
			NO2	NO2					
3(0-5)									
(5-13)	368.2		7.0	375.2	11.6	129.6		38.0	44.6
(13-20)	1196.8	33.3	4.5	1234.6	13.4	118.8		54.0	44.8
(26-33)	811.8	38.4	4.1	854.3	13.9	88.8		31.0	50.0
PRM.	792.3	35.9	5.2	821.4	13.0	112.4		39.1	43.6
4(0-5)	160.2	45.2	1.3	206.7	19.5	192.8			
(5-10)	510.0	9.9	1.7	521.6	32.2	267.8			
(10-17)	182.9	27.1	1.4	211.5	14.6	151.1			
(17-22)	1700.0	20.8	4.0	1724.8	81.9	1083.6			
PRM.	638.3	25.8	2.1	666.1	37.6	448.8			
4(0-25)	370.5	13.0	4.4	388.0	7.9	137.8	75.3	15.6	
(25-50)	475.5	16.2	9.0	500.7	6.5	167.4	74.1	17.5	
(50-75)	644.6	15.3	12.8	672.7	12.2	236.3	72.3	13.8	
(75-100)	946.5	13.4	23.3	983.3	12.1	177.3	39.8	26.9	
(100-115)	2000.0	8.3	17.9	2026.1	16.0	210.0	38.1	27.4	
PRM.	887.4	13.3	13.5	914.2	11.0	185.7	59.9	20.3	
5(0-5)	3320.0	44.1	10.7	3374.8	33.6	99.1	73.5	30.2	
(5-15)							65.0	29.6	
(20-25)	3664.0	26.6	16.0	3706.6	16.8	362.4			
(32-40)							14.0	11.1	
(40-52)							14.0	6.2	
PRM.	3492.0	35.4	13.4	3540.7	25.2	230.8	41.6	19.3	
7(0-6)	990.9	30.4	4.5	1025.8	28.7	175.6	70.0	45.6	
(6-15)	3320.0	36.3	7.4	3363.7	24.2	206.0			
(15-29)	1762.2	48.1	5.3	1815.6	20.8	363.0	73.0	49.2	
(29-34)	2284.8	18.8	8.0	2311.6	18.4	207.4	84.0	55.7	
(34-40)	1557.0	39.2	6.2	1602.4	23.4	398.2	63.5	24.9	
(40-44)							55.0	19.8	
PRM.	1983.0	34.6	6.3	2023.8	23.1	270.0	69.1	39.0	
9(0-13)	1177.0	43.3	5.2	1225.5	105.6	611.6	77.0	26.3	
(13-25)	1386.0	34.8	4.5	1425.3	23.5	200.4	73.5	31.0	
(25-35)							24.5	18.2	
(35-45)							24.5	31.9	
(45-56)							20.0	10.4	
(59-66)							24.0	4.6	
PRM.	1281.5	39.1	4.8	1325.4	64.6	406.0	40.6	20.4	

NICRUITE

EST/NIVEL	NO4	NO3	NO2 Mg/l/L	Nt	PO4	SiO3	% H2O	% H.O.	
0(0-5)	65.3	100.5	25.2	191.0	25.0	53.1			
(5-10)	2402.0	98.0	10.2	2510.2	18.0	79.6	33.0	12.4	
(10-15)	110.1	110.9	12.0	233.0	11.1	72.3	35.0	14.2	
(20-25)	2588.0	31.4	7.4	2625.8	17.0	124.0	18.5	18.5	
(30-35)	100.1	16.5	4.0	120.6	14.6	106.4	17.0	8.8	
(40-45)	194.6	38.0	4.5	237.0	25.5	104.3	19.0	1.8	
(48-53)	2041.0	117.6	6.9	2165.5	15.3	90.9	25.0	22.5	
FROM.	1071.6	73.3	10.0	1154.3	18.1	90.1	24.6	13.0	
1(0-5)	98.6	21.9	2.5	123.1	9.0	72.0			
(5-10)	220.3	52.0	4.3	276.6	12.4	138.6			
(25-30)	44.0	30.9	1.8	76.7	10.2	230.3			
FROM.	121.0	34.9	2.9	158.8	10.5	147.0			
1(0-20)	10	2000.0	16.6	6.7	2023.3	3.2	137.8	60.6	18.0
(20-40)	30	2000.0	17.0	8.0	2025.0	12.7	144.3	58.2	19.5
(40-60)	50	2000.0	20.2	6.9	2027.1	4.6	147.6	48.3	23.3
(60-80)	70	2000.0	26.7	8.2	2034.9	4.1	124.7	42.0	25.4
(80-105)	92.5	2000.0	92.6	15.5	2108.2	6.5	124.7	37.1	27.4
FROM.			34.6	9.1	2043.7	6.2	135.8	49.2	22.7
2(0-5)	2050.0	30.7	5.0	2085.6	13.1	209.7	31.0	24.8	
(5-10)							44.5	34.8	
(10-15)	1560.5	196.1	58.4	1815.0	18.1	252.4	61.5	16.7	
(20-25)							61.0	19.0	
(30-35)							33.0	6.6	
(50-56)							25.0	27.6	
FROM.	1805.3	113.4	31.7	1950.3	15.6	231.0	42.7	21.6	
SCMOSAYA							55.0	9.8	
(0-5)							59.0	46.4	
(5-25)							41.5	9.0	
(25-39)							47.0	20.6	
(33-71)							50.6	21.5	
FROM									
RIO INGLES									
(0-10)							44.0	13.2	
(10-30)							36.0	6.2	
(30-52)							36.0	13.6	
(orilla sur)							29.0	38.9	
FROM							36.3	18.0	
CUENCA NORTE									
(0-12)							59.0	14.8	
(12-22)							54.0	13.9	
(22-38)							44.0	4.1	
(38-53)							37.0	13.2	
FROM							48.5	11.5	
MEDITERRANE									
(0-24)							65.2	60.5	
(31-41)							61.3	75.0	
FROM							63.2	67.8	