

207  
520



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EVALUACION DE LA MATERIA ORGANICA PARTI-  
CULADA EN LA LAGUNA DE COYUCA DE  
BENITEZ, GRO., DURANTE EL CICLO  
OTOÑO 1983 - VERANO 1984 Y SU  
RELACION CON PERCEPCION  
REMOTA.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
B I O L O G O  
P R E S E N T A :  
EDUARDO ADOLFO DELGADILLO CARDENAS

México, D. F.

1986



## **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	i
1) INTRODUCCION	1
2) ANTECEDENTES	12
3) OBJETIVOS	23
4) AREA DE ESTUDIO	24
5) METODOLOGIA	29
6) RESULTADOS	34
7) DISCUSION	47
8) CONCLUSIONES	74
9) BIBLIOGRAFIA	77

A mis padres, quienes aún en la distancia me dieron todo su apoyo en mi formación profesional.

A Carlos y Rosa, por brindarme un segundo hogar durante mis estudios y realización de este trabajo.

A Agustín y Carmela, por la infinidad de ayuda que me aportaron.

A la familia Rendón Aguilar, por todo su apoyo incondicional.

A todos mis amigos, que me brindaron su amistad y cariño.

A Beatriz Rendón, mi compañera, por compartir mi esfuerzo y brindarme su apoyo durante la elaboración de este trabajo. Por el mecanografiado, sugerencias y críticas al mismo.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Pilar Ruíz-Azuara, por permitirme formar parte de esta investigación y ser miembro del personal del laboratorio Interdisciplinario.

A la Dra. Guadalupe De la Lanza, por aceptar ser mi orientadora, por sus críticas y comentarios.

A los miembros del jurado:

Dr. Samuel Gómez Aguirre.

Biól. Jaime Saavedra Solá.

Biól. Juan Nuñez Farfán.

por dedicar parte de su tiempo a la revisión de este trabajo.

A los compañeros del laboratorio Interdisciplinario, quienes hicieron posible el desarrollo de esta investigación:

Ana Ma. Pérez Zea.

Aurora Monreal Prado.

Javier Dávila Zúñiga.

Francisco López Andrade.

Raúl Aguirre Gómez.

Francisco Uribe.

Jesús Rosas Ponce.

Ernesto Chávez Velasco.

A Lorena Campos Villegas, por la realización de una parte de los análisis químicos.

A Gerardo Vilchis Canales, por la realización de las figuras.

## RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo en la laguna de Coyuca de Benítez, Gro., comprendiendo el ciclo estacional otoño 1983 - verano 1984. Se evaluó la Materia Orgánica Particulada (M.O.P.) y el Carbono Orgánico Particulado (C.O.P.) además de la temperatura del agua, salinidad, transparencia (Secchi), pH, oxígeno disuelto, nitritos ( $\text{NO}_2$ ), nitratos ( $\text{NO}_3$ ), amonio ( $\text{NH}_4$ ) y fosfatos ( $\text{PO}_4$ ), como una contribución al conocimiento del comportamiento espacial y temporal de este cuerpo de agua.

Los registros de M.O.P. y C.O.P., 16.0 mg/l y 1.5 mg/l promedio anual respectivamente, fueron altos en comparación con los obtenidos en otros sistemas similares y sin embargo se considera que la laguna de Coyuca es un sistema de producción moderada. Se trató de establecer diferentes fuentes de producción de M.O.P., de las cuáles la que presentó mayor importancia para este sistema fue la vegetación de manglar y la ubicada en la marisma, cuya mayor abundancia se manifestó principalmente en la zona noroccidental de la laguna.

La baja relación M.O.P./C.O.P. (el 8.8% de la M.O.P. estuvo representada por C.O.P.), puede significar que aparentemente los detritus refractarios constituyen la parte más importante de la M.O.P. en el sistema y/o que el oxidante utilizado no fue lo suficientemente fuerte para oxidar el material orgánico evaluado.

Los registros promedio anuales de los nutrimentos fueron:  $\text{NO}_2 = 0.5$ ,  $\text{NO}_3 = 3.9$ ,  $\text{NH}_4 = 8.7$  y  $\text{PO}_4 = 1.4$  ug-at/l, así como 7.9 mg/l para oxígeno disuelto, lo cuál sugirió que el sistema presentó un adecuado equilibrio en

tre la remineralización y la productividad primaria en el sistema, alcanzándose un 110% de saturación de oxígeno.

La revisión bibliográfica sobre las técnicas de Percepción Remota aplicadas a la posible evaluación de la M.O.P., señaló algunas que pueden ser desarrolladas satisfactoriamente en México. De éstas, la evaluación indirecta de la M.O.P. a través de los sólidos suspendidos y la materia particulada suspendida, y la elaboración de modelos de parámetros hidrobiológicos y modelos estadísticos con base en registros in situ de la M.O.P., representan mayor factibilidad para su desarrollo.

## I.- INTRODUCCION

Las zonas costeras constituyen un recurso natural de gran importancia, siendo imprescindibles para actividades de pesquería, acuacultura, zonas de recreo y construcción y manejo de puertos. Hacia mar abierto comprenden la plataforma continental que abarca hasta 2000 m. de profundidad y en la franja costera a las lagunas, esteros, ríos y playas.

De los sistemas acuáticos anteriores, las lagunas costeras constituyen el medio más productivo debido a que representan un ambiente de transición entre los ecosistemas marino y terrestre, donde la resultante de la interacción de procesos continentales, oceánicos y climáticos producen características ecológicas únicas, permitiendo que sean auténticos viveros donde las especies se desarrollan y viven todo o parte de su ciclo vital, participando en redes alimentarias e interaccionando con los factores físicos y químicos del medio (De la Lanza, 1981).

Emery y Stevenson (1958), definen a las lagunas costeras como "cuerpos de agua separados en la mayoría de los casos por barras costeras o islas de origen marino y son usualmente paralelas a la línea de costa", aunque en ocasiones pueden tener "comunicación permanente o efímera con el mar" (Lankford, 1976).

En México, aproximadamente un tercio de las costas están ocupadas por lagunas (Phleger, 1969), constituyendo 12 555 km<sup>2</sup> de superficie (Cárdenas, 1969; Yáñez-Arancibia, 1977), distribuidas en 125 lagunas las cuáles se han agrupado en siete regiones con base en su distribución geográfica, rasgos geológicos, climáticos y oceanográficos (Lankford, 1976).

Según González (1985), la alta productividad de estos sistemas se debe generalmente al aporte de energía por parte de comunidades de manglar y la vegetación encontrada en la marisma en forma de materia orgánica, además de la energía autóctona producida por las comunidades fitoplanctónicas.

Según Waksman (1941) vide Kuznetsov (1970), la materia orgánica se divide en tres categorías:

1) Materia Orgánica Suspendida, procedente de:

- a) fitoplancton, zooplancton y bacterias suspendidas.
- b) plancton muerto así como restos vegetales y animales acarreados por viento y corrientes.
- c) restos orgánicos parcialmente degradados o detritus (materia orgánica particulada procedente de organismos muertos según De la Lanza, 1975).

2) Materia Orgánica Disuelta, incluyendo sustancias orgánicas coloidales como:

- a) sustancias resistentes a degradaciones posteriores -un grupo que puede ser ampliamente llamado "humus acuático".
- b) productos de descomposición intermedia fácilmente asimilables por bacterias, como aminoácidos, ácidos grasos, carbohidratos y proteínas.

3) Materia Orgánica de Sedimentos.

- a) sustancias procedentes de organismos vivos.
- b) compuestos fácilmente degradados procedentes de organismos muertos.
- c) humus -sustancias altamente resistentes a una degradación posterior, como la lignina y sus productos de transformación.

Se ha establecido que los organismos vivos representan un porcentaje muy bajo de la masa total de la materia orgánica particulada en los océanos y los lagos (Ryther y Menzel, 1965; Sushchenya y Finenko, 1966; Finenko y Zaika, 1970), por lo que los detritus representan el potencial más alto de energía disponible.

Se denomina detritus a "todos los tipos de material biogénico en diversos estados de descomposición microbiana, los cuáles representan fuente potencial de energía para las especies consumidoras" (Darnell, 1967a), incluyéndose organismos muertos, secreciones, regurgitaciones, excreciones de organismos vivos.

Los procesos de degradación y mineralización de la materia orgánica particulada son esenciales en la dinámica de estos cuerpos de agua y pueden considerarse como parte de las cadenas alimentarias debido al consumo de detritus, como por ejemplo en algunos organismos bentónicos; mientras que los productos finales de tales procesos redistribuyen nutrientes para los productores primarios (Fig. 1). En el primer caso es posible que cada partícula detrital pase a través de varios organismos antes de que toda su energía disponible sea utilizada (Burton y Liss, 1976). Un esquema general de la descomposición biológica de los detritus orgánicos fue dado por Darnell (1967b), quien consideró la división realizada por Jørgensen en 1952 en cuanto al tamaño de la partícula. La materia orgánica que se presenta en este esquema equivale a la producción primaria y secundaria total de la comunidad, exclusiva del material que es unido temporalmente al protoplasma de las especies productoras, consumidoras y descomponedoras, y de aquel material que ha sido oxidado al estado de baja energía a través de la respiración (Fig. 2).

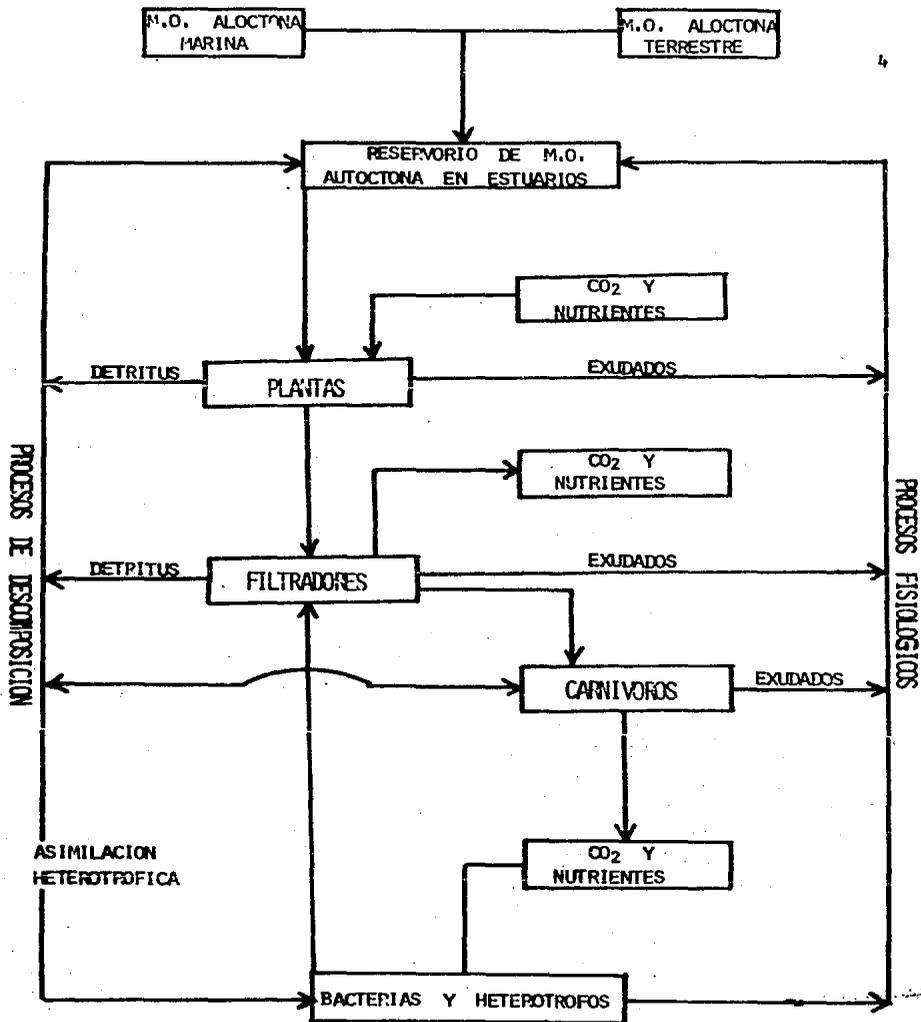


Fig. 1.- Ciclo de la materia orgánica en estuarios (después de Parsons y Takahashi, 1973).

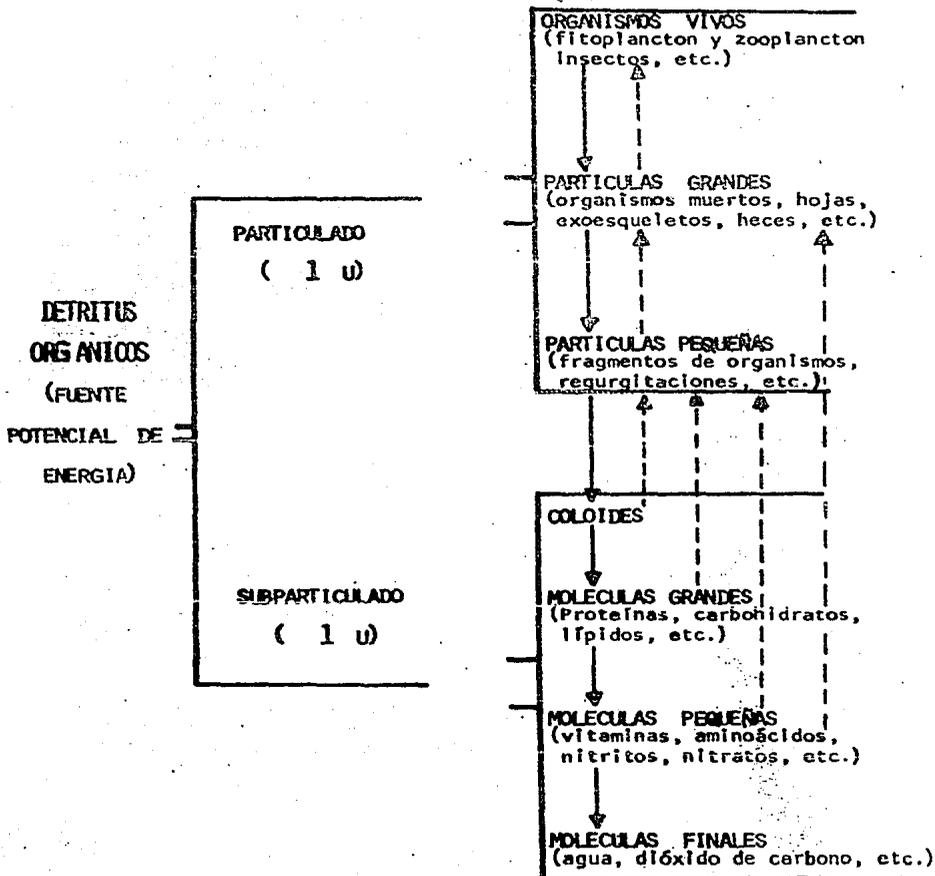


Fig. 2.- Descomposición biológica y formación de detritus orgánicos. Los procesos primarios de reducción de partículas son indicados con línea continua. Los procesos secundarios, los cuales incrementan con el tamaño de la partícula se muestran con línea interrumpida (Desarrollado de Darnell; 1969b).

Las fuentes del origen de la materia orgánica particulada para estuarios son, según Darnell (1967b):

1) Fuentes Autóctonas.

- a) Fitoplancton.
- b) Vegetación marginal sumergida.
- c) Diatomeas y algas filamentosas (especialmente verdeazules).
- d) Perifiton.

2) Fuentes Alóctonas.

- a) Vegetación de pantano.
- b) Vegetación de zona de inundación o marisma.
- c) Fitoplancton y material de detritus acarreado por el río.
- d) Material de escurrimiento durante tormentas o en otras ocasiones, donde el nivel del agua sube.
- e) Material acarreado por el viento, especialmente hojas y granos de polen.
- f) Fitoplancton y otros materiales que se originan en ambientes marinos adyacentes.

La evaluación de la materia orgánica particulada puede ofrecer información relativa a la productividad de ambientes acuáticos, conjuntamente con los parámetros hidrológicos (temperatura, salinidad, transparencia, pH, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, amonio y fosfatos).

Aunque existe un cuadro metodológico para la evaluación de los parámetros anteriores, que ayude a la interpretación de la productividad y la dinámica de las lagunas en el tiempo y en el espacio (Ruíz-Azuara et al., 1983a), es difícil tener una interpretación precisa del sistema si no se

realiza un análisis sistemático del mismo. Este hecho se deriva de la inestabilidad e inmadurez, lo que impide hacer predicciones o pronósticos precisos, tomando como base sólo la información de estudios realizados para un ciclo estacional.

Con la utilización de la Percepción Remota en la prospección de los recursos naturales, se han intentado elaborar metodologías para la evaluación de parámetros hidrobiológicos esenciales dentro del conocimiento de la dinámica de estos cuerpos de agua.

Por Percepción Remota o Teledetección se designa al conjunto de técnicas utilizadas para obtener y analizar informaciones relativas a objetos distantes, empleando la propiedad de las ondas electromagnéticas emitidas o reflejadas por los objetos.

El concepto de Percepción Remota en la actualidad hace referencia a la adquisición y manejo de información mediante sensores ubicados en naves aéreas o espaciales (Fig. 3).

Los sensores son dispositivos que permiten la recolección y el registro de la información de un problema de estudio. Estos pueden ser: cámara de vista fija, aparatos de barrido, radiómetro de infrarrojo, espectrorradiómetro, radar y otros.

La información captada por el sensor debe tener un medio de transmisión, el cuál está constituido por la atmósfera y el espacio. La transmisión es posible debido a los campos de influencia que son: el gravitatorio, el magnético, el eléctrico y el electromagnético. La detección y manejo de estos campos permite tener información de cualquier objeto (Díez y García, 1977).

La cantidad de radiación reflejada o emitida depende de factores co-

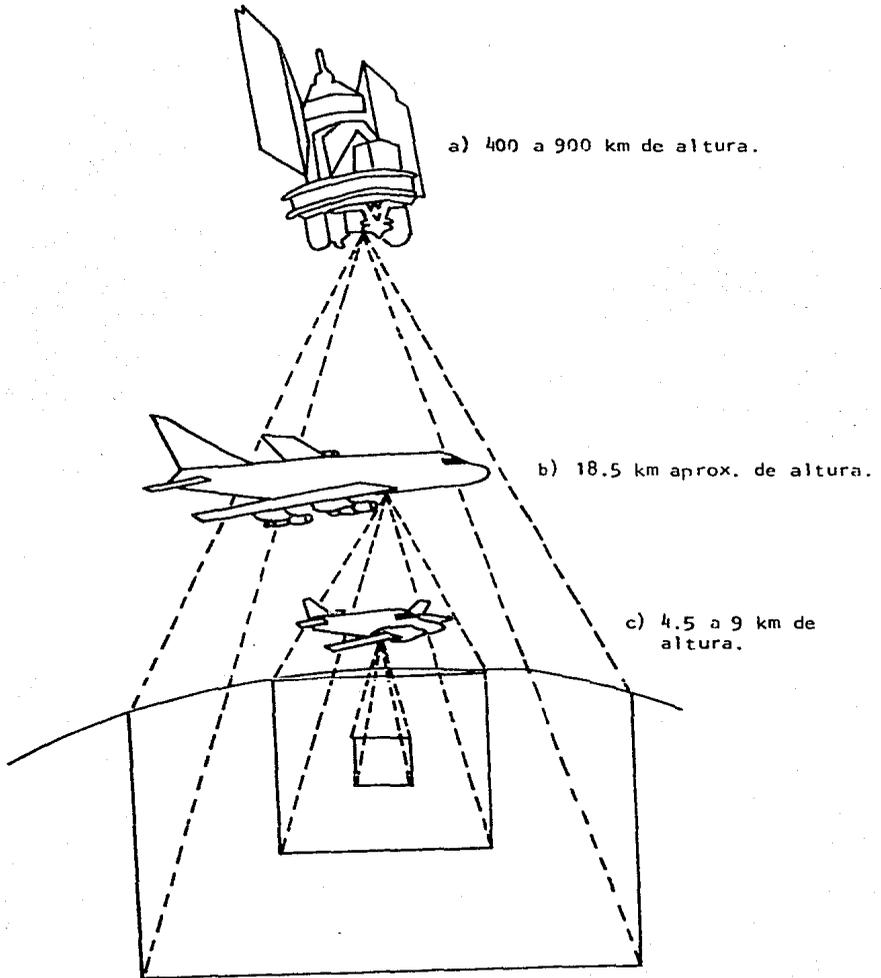


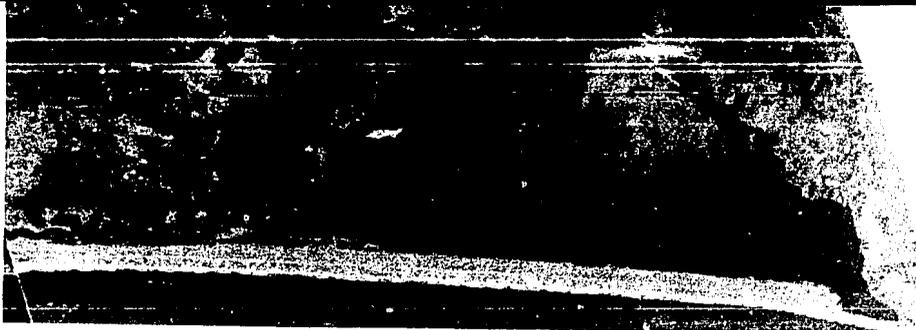
Fig. 3.- Sistemas de adquisición de información mediante la Percepción Remota. Características principales: a) Satélite, extremadamente pequeña escala, moderada resolución visual y cobertura repetitiva de grandes áreas; b) Avión de gran altura, pequeña escala y moderada resolución y c) Avión de mediana y pequeña altura, mayor escala y mayor resolución (Tomado de Purdue Univ. Press., 1979).

mo la distribución espectral de la intensidad de la radiación incidente, el ángulo de incidencia de la radiación, de la orientación de la topografía, lo plano o áspero de la misma y la dispersión; este último factor es muy importante. El espacio no afecta la radiación solar, pero la atmósfera terrestre sí lo absorbe y dispersa selectivamente. Esta dispersión no es uniforme, pues ocurre que la atmósfera dispersa las ondas azules de la luz, cuatro veces más que las rojas (Díez y García, 1977).

La curva de repartición de la energía emitida por cada objeto en función de la longitud de onda se conoce como "firma espectral"; cada objeto en condiciones ideales tiene una firma espectral que lo caracteriza (Nonotza, 1983).

La radiación emitida por el objeto es captada en una celda detectora sensible a la longitud de onda escogida. La señal eléctrica emitida por la celda es amplificada y registrada sobre la cinta magnética, ya sea de manera continua (método analítico) o por valores discretos (método digitalizado). Esto último se basa en la asignación de valores a la brillantez (intensidad) y a la energía emitida (color), comparándolas con la tabla de valores que posee cada sistema de Percepción. También se puede registrar la información fotográficamente (Nonotza, 1983) (Fig. 4). Un tratamiento posterior puede transformar esta información en otra numérica compatible con una computadora. El tratamiento de datos tiene como fin extraer de la imagen información relativa al tema estudiado y presentarla en forma utilizable (Fig. 4).

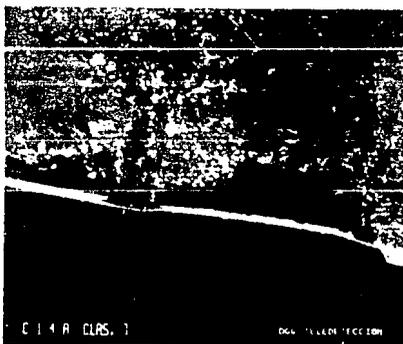
Los beneficios obtenidos con esta nueva metodología son muchos, así como las disciplinas que la utilizan: geodesia, geodinámica, geología, vulcanología, oceanografía, cartografía, investigación petrolífera, agricul-



(a)



(b)



(c)

Fig. 4.-.Imágenes de la laguna de Coyuca de Benítez obtenidas a partir de algunos sensores utilizados en la Percepción Remota: a) imagen aérea B/N Infrarroja\*; b) imagen aérea de Barredor multiespectral\* y c) imagen de satélite (LANDSAT)\*\*.

\* cortesía Rufz-Azuara *et al.*, 1983a.

\*\* cortesía Rufz-Azuara. No publicada.

tura, silvicultura, ecología e hidrobiología, por mencionar algunas.

Conociendo la potencialidad de la Percepción Remota, se pueden sugerir metodologías que permitan realizar evaluaciones de los parámetros hidrobiológicos como los anteriormente expuestos, importantes en el comportamiento productivo en el tiempo y espacio de los cuerpos de agua marinos.

Debido a lo anteriormente expuesto el presente trabajo tiene como objetivos evaluar la materia orgánica particulada (viva o muerta) y algunas características fisicoquímicas que definen indirectamente la productividad de los cuerpos de agua marinos, en especial las lagunas costeras (laguna de Coyuca de Benítez, Gro.), asimismo discutir la posibilidad de encontrar alguna relación entre la materia orgánica particulada y la Percepción Remota, que permita su evaluación individual o conjunta para obtener una mayor cobertura de la que puede brindarse en las metodologías tradicionales.

## 2.- ANTECEDENTES

Con base en las características generales de origen geológico, climático, aporte de agua dulce y salina, etc. se ha definido que las lagunas del estado de Guerrero constituyen un sistema lagunar costero: Salinas de Apozahualco, Chautengo, Tecomate, Tres Palos, Mitla, El Tular, Nuxco, Salinas de Cuajo, Potosí y Coyuca.

La mayoría de los trabajos desarrollados en esta zona fueron agrupados por Yáñez-Arancibia (1977), de acuerdo al enfoque principal que presentaban en geológicos, geográficos, ecológicos, biológicos e hidrológicos. Otros trabajos realizados en dicho sistema lagunar se presentan a continuación.

Mandelli y Botello (1976), realizaron un estudio hidrológico en las lagunas de Tecomate, Mitla, Nuxco y Chautengo. Observaron que éstas responden a un ciclo anual de cuatro etapas: 1) de barra cerrada; 2) período donde la alta precipitación ocasiona el llenado de la laguna; 3) apertura de la barra y descarga de la laguna hacia el mar y 4) período de cambios de marea junto con la descarga del río a la laguna.

Guzmán et al., (1976), realizaron un curso de Biología de Campo en la laguna de Coyuca de Benítez, en donde evaluaron los parámetros físico-químicos, de vegetación, de productividad primaria, zooplancton y necton, con el objeto de contribuir al conocimiento de la ecología de la laguna.

Hee (1977), en las lagunas de Chautengo, Apozahualco y Mitla, reali-

zó un estudio hidroquímico y su comportamiento estacional. Utilizó fotografías de satélite para ubicar material suspendido, rasgos topográficos y vegetación.

Yáñez-Arancibia (1977), efectuó estudios ictiológicos a lo largo del sistema lagunar, en los cuáles se contemplaron aspectos ecológicos que permitieron entender algunos rasgos del comportamiento de estas lagunas.

Klimek (1978), estudió tres lagunas del sistema, Chautengo, Nuxco y Coyuca de Benítez, en las cuáles determinó la productividad primaria neta y realizó una evaluación de los parámetros hidrológicos. En este trabajo se tomó a la materia orgánica particulada como un parámetro más dentro del cuadro metodológico utilizado tradicionalmente en estos sistemas, el cuál ayuda a la interpretación de la capacidad productiva y su comportamiento en el tiempo y el espacio.

Ruíz-Azuara et al., (1983b), realizaron un estudio hidrológico en la laguna de Coyuca de Benítez con el fin de explorar las capacidades reales de las técnicas de Percepción Remota disponibles en el país, para la posible detección de parámetros como sedimentos suspendidos, la transparencia (Secchi) y la concentración de clorofila a principalmente, teniendo como variable principal a determinar esta última.

Carbajal y Escobar (1983), en su curso de Biología de Campo en la laguna de Coyuca de Benítez, estudiaron la productividad primaria neta del sistema así como la evaluación de los parámetros hidrobiológicos como temperatura del agua, pH, salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes.

Con respecto a la Percepción Remota, se han desarrollado metodologías con el objeto de realizar evaluaciones de algunos parámetros hidrobiológicos como concentración de clorofila  $a$ , sólidos suspendidos, temperatura, salinidad y color. Klemas (1980), señaló la factibilidad de la evaluación de estos parámetros con la tecnología disponible hasta esa fecha (Tabla 1)

En particular, para la M.O.P. no se ha diseñado alguna metodología para su evaluación en lagunas costeras. El intento más significativo se realizó en aguas marinas del Golfo de México por Clark et al., (1980), quienes realizaron mediciones "in situ" de irradiación espectral en el agua y en la atmósfera (luz incidente) ( $E_w$  y  $E_a$ , respectivamente) y de radianza espectral reflejada (luz emitida) ( $L_w$ ). Para esto, utilizaron espectrorradiómetros de barrido (rango de 400 a 700 nm.), sumergible y normal, además de realizar muestreos para la evaluación de la materia particulada suspendida (M.P.S.), concentración de clorofila  $a$  ( $Cl_a$ ) y feofitinas. Encontraron que es posible evaluar la cantidad de M.P.S. en aguas oceánicas de baja y alta productividad además de minimizar los errores metodológicos, realizando tratamientos separados de las fracciones particuladas (materia orgánica oxidable (Co); parámetros fitoplanctónicos (Cp) y materia inorgánica (Ci)).

Otra forma indirecta de la posible evaluación de la M.O.P., mediante técnicas de Percepción Remota puede ser a través de la utilización de la banda de 600 a 700 nm., aplicada para el monitoreo y evaluación de los sólidos suspendidos, de los cuáles la materia orgánica particulada forma parte. Al respecto, Klemas et al., (1973), realizaron un estudio en la bahía de Delaware, en la cuál, utilizando cintas del satélite ERTS-1, hicie

T A B L A 1

Posibles aplicaciones de los sistemas de Percepción Remota en la evaluación de algunos parámetros hidrobiológicos (Klemas, 1980).

SISTEMAS	TEMPERATURA	SALINIDAD	CLOROFILA	COLOR	SEDIMENTOS SUSPENDIDOS	DIF. DE CUERPOS MARINOS	FRENTES DE DENSIDAD	PATRONES EN PARCHES	CONTENIDO DE ACEITE
LANDSAT MSS	0	0	1	2	3	1	2	2	2
NIMBUS-C (CZCS)	0	0	2	3	3	1	2	1	1
NOAA-5 HRIR	3	0	0	0	0	1	3	1	1
DMSP	3	0	0	0	0	1	3	1	1
HCMM	3	0	0	0	0	0	2	1	1
SEASAT	3	1	0	0	0	3	2	2	2
U-2 MSS (OCS)	0	0	2	3	3	1	2	3	3
U-2 FOTOGRAFIA	0	0	1	1	2	1	2	3	2
NP 3A FOTOGRAFIA	0	0	1	2	2	2	2	3	2
NP 3A MSS (M2S)	3	0	2+	3	3	2	3	3	3
NP 3A INFRARROJO (TERMICO)	3	0	0	0	0	1	3	2	2
NP 3A MICROONDA	2	2	0	0	0	3	2	1	2
NP 3A RADAR	0	1	0	0	0	3	1	2	2
HELICOPTERO CON FLUOROSENSOR	0	0	2+	1	1	1	2	2	3
FOTOGRAFIA AEREA DE PEQUENA ESCALA	0	0	1	1	2	2	2	3	3

OCS= Barrerador del color del mar (10 bandas)

M2S= Barrerador multiespectral modular (11 bandas, incluye infrarrojo térmico).

U-2= Fotografía aérea de gran altitud.

NP 3A= Fotografía aérea a mediana altitud (o C-130).

HCMM= Satélite con misión de mapear la capacidad calorífica.

DMSP= Satélite de la Defensa para uso meteorológico.

MSS= Barrerador multiespectral.

FOTOGRAFICA= Zeiss y Mitchell= cámaras de filmación Venten.

0= no aplicable.

1= valor limitado (potencial futuro).

2= necesaria prueba de campo adicional.

3= realizable (operacional).

ron algunas observaciones entre la firma espectral de los sólidos suspendidos y las cuatro bandas en las cuáles trabajó el sensor. En este trabajo se determinó que la banda 5 (600 a 700 nm.) del ERTS-1 mostró la mejor correlación espectral con sólidos suspendidos y se tomó a éstos como trazadores naturales que permitieron a los fotointérpretes deducir a primera instancia patrones de circulación dentro del cuerpo de agua.

Kritikos et al., (1974), utilizando imágenes del satélite ERTS-A del año de 1982 hicieron un análisis de sólidos suspendidos. El análisis estadístico de las bandas mostró que la banda III (700 a 800 nm.), fué útil para la determinación de la interfase agua-tierra. La banda II (600 a 700 nm.), definió la existencia de tres tipos de agua, con base en el grado de reflectancia. Se realizaron muestreos en las áreas que mostraron gran reflectividad y se encontró que esos sitios contenían altas concentraciones de sólidos suspendidos.

Wezernak et al., (1976), empleando la reflectancia, establecieron un índice del estado trófico de cuerpos de agua, utilizando factores que indicaban el estado de eutroficación de estos cuerpos como: concentración de clorofila a, transparencia y sólidos suspendidos. Este índice fué aplicado a seis lagos del condado de Genesee, Michigan con buenos resultados.

Abiodun et al., (1976), obtuvieron la distribución de partículas suspendidas en el lago Kainji, utilizando imágenes de satélite LANDSAT-1. Encontraron que la banda 5 (600 a 700 nm.) tuvo la mejor correlación con sólidos suspendidos. Con esto, se determinaron cinco masas de agua en una distribución horizontal con base en turbidez o partículas suspendidas.

Klemas et al., (1977), mediante el estudio de frentes de densidad y efectos de contaminantes costeros, vuelven a establecer la utilidad de la banda 5 del satélite LANDSAT-1, para la correlación con sedimentos suspendidos y transparencia.

Finley et al., (1980), en su estudio de interpretación de la circulación superficial del agua en el paso de Aransas, Texas, utilizaron a los sólidos suspendidos como marcadores naturales. Aquí de nuevo se puso de relevancia el rango espectral de 600 a 700 nm. para el reconocimiento de los sólidos suspendidos.

Otra metodología puede ser mediante el uso de modelos ópticos de características hidrológicas. Al respecto, Morel et al., (1977), realizaron mediciones espectrales de radiación incidente y emitida de diferentes fuentes de agua, con respecto a la turbidez y contenido de pigmentos. De los valores espectrales se calculó el promedio de la reflectancia R.

Holyer (1978), elaboró un programa de análisis para demostrar la factibilidad de las técnicas de Percepción Remota para monitorear concentraciones de sedimentos suspendidos en cuerpos de agua, midiendo la radianza de la superficie con un barrido en el espectro electromagnético desde 400 a 1000 nm., con las correspondientes evaluaciones en el laboratorio de las partículas encontradas. Su objetivo principal fué obtener un algoritmo universal para ser utilizado en la mayoría de los casos con el menor número de evaluaciones en la columna de agua.

Munday et al., (1975), utilizaron datos de radianza espectral para probar modelos matemáticos que relacionaran la reflectancia difusa con la concentración de sólidos suspendidos; Proponen la utilización de modelos lineales y no lineales (logarítmicos y de Gordon). Encontraron también que los modelos no lineales proporcionan mayor precisión en la evaluación de los sólidos suspendidos.

Los trabajos anteriores han sido el sustento de algunas bases físicas y matemáticas donde se apoyan los modelos ópticos, de los cuáles los más representativos son:

Bukata et al., (1981a), desarrollaron el primer intento del modelo óptico de características hidrológicas para el lago Ontario, utilizando las secciones transversales de partículas orgánicas e inorgánicas. Propusieron el modelo óptico con cinco componentes: Concentración de clorofila a, concentración de minerales suspendidos, concentración de materia orgánica no viva, concentración de materia orgánica disuelta y agua pura. Realizaron además, mediciones directas del coeficiente de atenuación de la radiación K, reflectancia difusa R y el coeficiente de atenuación total c.

Bukata et al., (1981b), elaboraron la segunda parte del estudio incorporando la utilización de sensores sumergibles para medir la reflectancia de la radiación bajo la capa de agua. Introdujo un modelo para la interfase agua - aire, el cuál incorpora los efectos de la reflectancia de la superficie. Presentaron también un ejemplo de la estimación de estos parámetros por medio de sensores de baja altura.

Sugahara et al., (1982), propusieron un método analítico para estimar

la concentración de clorofila a y sólidos suspendidos, utilizando un modelo de multidispersión dentro del método analítico. Además, las mediciones en la columna de agua fueron en menor número que utilizando un análisis estadístico.

Hayakawa et al. (1983), utilizando las bases del modelo óptico de Bukata y el modelo de cuatro componentes de Kubelka-Munk (1931), elaboraron aquél que permitiera a sensores de gran altura (satélites), estimar la concentración de clorofila a, tomando en cuenta el material disuelto y particulado.

El desarrollo de modelos estadísticos utilizando imágenes espectrales y mediciones in situ de parámetros hidrobiológicos, representa otra opción para la evaluación de la M.O.P. Al respecto, Carpenter y Carpenter (1982), durante 1978 y 1979, elaboraron un modelo que fué aplicado al sur este de Australia. En este modelo, se cuantificaron las relaciones entre las variaciones observadas entre los datos del barredor multiespectral y los cambios obtenidos en los parámetros turbidez y concentración de pigmentos, mediante un análisis de regresión lineal múltiple donde las variables dependientes fueron turbidez y la concentración de pigmentos y los datos del satélite fueron las variables independientes.

Se realizaron modelos individuales para cada parámetro y con el fin de producir modelos los cuáles pudieran tener un propósito predictivo y ser más generales en aplicabilidad. Se obtuvieron valores promedio del muestreo in situ y fué tomada en cuenta la elevación del sol en el momento en que el satélite sobrevoló la zona. Estos modelos fueron utilizados

para una predicción exitosa de estos parámetros.

Khorram (1985a), realizó un estudio en la bahía de San Francisco y su delta con el objeto de ver si los modelos obtenidos a partir de imágenes LANDSAT, pudieran ser desarrollados para mapear salinidad, sólidos suspendidos, clorofila a y turbidez. Estos fueron obtenidos en el momento que el LANDSAT sobrevoló el área. Los modelos de regresión se aplicaron a cada uno de los parámetros hidrobiológicos y a los datos digitales del LANDSAT. Se corroboró la utilidad de estos modelos eligiendo 23 sitios y obteniendo valores predichos y observados para tales sitios. Estos modelos de regresión fueron así extendidos al estudio de áreas enteras para mapear los parámetros de calidad de agua de interés. Los coeficientes de correlación obtenidos para los parámetros de estudio fueron: salinidad= 0.91; turbidez= 0.903; sólidos suspendidos= 0.81; clorofila a= 0.76.

Khorram (1985b), realizó un estudio similar al anterior en Carolina del Norte en el estuario del río Neuse. Utilizó los mismos parámetros hidrobiológicos e imágenes de LANDSAT. Encontró que en las partes someras existió reflexión del fondo, lo cuál causó dificultades para el desarrollo de modelos de clorofila a y turbidez, por lo que para el desarrollo de ta les modelos se tomaron en cuenta sitios de más de tres metros de profundidad. Los coeficientes de correlación obtenidos en ese estudio fueron: salinidad= 0.82; turbidez= 0.70; sólidos suspendidos= 0.76 y clorofila a= 0.64.

En México, el Laboratorio Interdisciplinario del Depto. de Física, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., ha promovido la utilización de las técnicas de Percepción Remota en cuerpos de agua, desde su fundación (1974).

Ruíz y Lemus (1977), realizaron, en la presa Requena, un estudio preliminar sobre la aplicación de técnicas de Percepción Remota para la evaluación de sólidos suspendidos. Utilizaron fotografías aéreas y terrestres infrarrojas de falso color, las cuáles se analizaron por fotointerpretación y microdensitometría. Se sugirió una relación lineal entre la transmisibilidad de la película infrarroja y el total de la concentración de sólidos suspendidos.

Ruíz y Lemus (1978), determinaron algunas características espectrales de materiales como  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , encontrados en el análisis químico de muestras tomadas en la presa Requena y la Esperanza. En este trabajo se analizaron, además de la región visible, las ultravioleta e infrarroja. Se sugirió que la transmisibilidad parcial podría considerarse como un indicador selectivo para la Percepción Remota en cuerpos de agua altamente contaminados.

Lemus et al., (1980), desarrollaron un estudio hidrobiológico en la presa Brockman, desde Agosto de 1978 a Abril de 1979, tomando fotografías de infrarrojo y mediciones de radianza en un rango de longitud de onda de 500 a 1 200 nm. La película se analizó por fotointerpretación y microdensitometría. El objetivo principal fué obtener relaciones entre la película infrarroja, la transmisibilidad y la productividad primaria. Se encontró que un incremento en la productividad implicaba un decremento en la transparencia (Secchi); posteriormente éste se correlacionó con un incre-

mento de la transmisibilidad de la película infrarroja.

Ruíz et al., (1983b), realizaron un estudio hidrológico a partir de 1981 en la laguna de Coyuca de Benítez, observando las variaciones estacionales durante un ciclo anual (verano de 1981 - primavera de 1982). Los parámetros que se correlacionaron fueron: sólidos suspendidos, salinidad, concentración de clorofila a, productividad primaria, temperatura del agua, pH y transparencia (Secchi). También se obtuvieron fotografías aéreas B/N infrarrojo de la laguna.

Ruíz-Azuara (1985), en la laguna de Coyuca de Benítez, realizó un estudio que tuvo como objetivo principal detectar parámetros hidrobiológicos en áreas pequeñas por medio de una imagen de satélite LANDSAT-3. Utilizó las clasificaciones no supervisada y supervisada encontrando una alta homogeneidad en la reflectancia obtenida. Sin embargo mediante la utilización del promedio de reflectancia de las cuatro bandas utilizadas, aplicado a un modelo estadístico, encontró que la productividad primaria, el pH, la concentración de clorofila a y de sólidos suspendidos, la salinidad y la transparencia (Secchi), podrían ser correlacionados con datos del barredor multiespectral del LANDSAT-3. Los modelos estadísticos obtenidos por regresión lineal múltiple mostraron un alto coeficiente de determinación ( $r^2 = 0.99999$  para productividad primaria neta;  $0.99989$  para salinidad;  $0.99988$  para transparencia y  $0.99966$  para sólidos suspendidos). El nivel de significancia para los valores de 'f' son más bajos a 0.01, a excepción de la concentración de clorofila a (la cuál tuvo una significancia de 0.5).

### 3.- OBJETIVOS

- Realizar la evaluación de la materia orgánica particulada (M.O.P.) y el carbono orgánico particulado (C.O.P.), en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero enfocándose a su relación con los micronutrientes y la productividad primaria en este sistema.
- Evaluar los parámetros hidrológicos: temperatura, pH, salinidad, transparencia (Secchi), oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, amonio y fosfatos para el conocimiento general del comportamiento de este cuerpo de agua. De terminar dichos parámetros en tres niveles dentro de 1 m de profundidad (subsuperficial, 0.5 m y 1 m), tomando en cuenta las características ópticas y grado de resolución para la Percepción Remota.
- Asociar el contenido de M.O.P., con posibles fuentes de origen detectadas en diversos puntos geográficos de la laguna.
- Discutir las técnicas de Percepción Remota para la evaluación de la M.O.P., mencionando aquellas que presenten la factibilidad de ser desarrolladas en México, de acuerdo a las posibilidades tecnológicas y económicas.

#### 4.- AREA DE ESTUDIO

La laguna de Coyuca de Benítez, como se mencionó anteriormente, constituye parte del sistema lagunar costero del estado de Guerrero, el cuál se delimita desde la desembocadura del río Balsas, en el límite norte con Michoacán hasta Punta Maldonado, en el límite sur con Oaxaca. Dicho sistema se localiza en la planicie costera suroccidental, entre la Sierra Madre del Sur y el Océano Pacífico, comprendiendo una longitud de 490 km.

Esta planicie se caracteriza porque la mayor área está ocupada por el litoral lagunar, presentando algunas zonas rocosas (granito) y algunas llanuras de bajo relieve. Esta se ha dividido convencionalmente en dos zonas características: la Costa Grande, que parte del delta aluvial del Balsas (hacia el noroeste), hasta la bahía rocosa de Acapulco (hacia el sureste); la Costa Chica, la cuál continúa desde la bahía rocosa de Acapulco hacia el límite con el estado de Oaxaca.

Este sistema lagunar se localiza en la provincia biótica denominada "Balsas Sudpacífiquense", dentro de la región neotropical de México.

La laguna de Coyuca de Benítez, situada en el municipio del mismo nombre, se localiza entre los 99° 58' y los 100° 05' de longitud W y 16°55' y 17° 00' latitud N, al noroeste de Acapulco. Esta laguna presenta un área de 34 km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 18 m. Se alimenta principalmente por el río Coyuca, el cuál se une con el arroyo de Las Cruces en el lugar donde se abre la barra (dos veces al año), permitiendo la comunicación con el mar. A partir de este lugar existe un canal meándrico de 7 km que comunica a la laguna. El río Conchero, localizado en la parte nororiental de la

laguna, constituye otro aporte de importancia (Fig. 5).

La planicie costera presenta un clima que, de acuerdo con Köppen, modificado por García (1981), es tropical subhúmedo con lluvias en verano y sequías en invierno, con canícula o sequía interestival; comprende del 43.2 al 55.3% de lluvias, régimen de lluvia invernal menor al 5% y una oscilación isotermal,  $A_w(w)i$ .

Klimek (1976), señala que de acuerdo a Thornwaite, la región de Coyuca presenta un clima de tipo B(ip)A(a), que significa: B= húmedo; A(a)= caliente sin invierno; i= invierno seco; p= primavera seca.

Los vientos que predominan en la época de lluvias son los del sureste, mientras que los predominantes en la época de secas son los del noroeste. Estos constituyen un factor importante de evaporación local. Presentan una velocidad media de 2.52 y 8.64 km/h.

El decremento de las lluvias comienza en octubre, siendo escasas en febrero, marzo y abril. existen incrementos desde junio hasta agosto durante la persistencia de los vientos marinos del sureste. En septiembre, debido al efecto de ciclones, existe la mayor precipitación. Los datos que a continuación se presentan resumen la precipitación registrada en la estación 'Coyuca de Benítez' durante los años 1981 a 1984 (Tabla 2).

Tabla 2.- Datos de precipitación anual en mm de los años 1981 a 1984, registrados por la estación meteorológica 'Coyuca de Benítez' (Fuente: SARH. Direcc. Gral. Serv. Meteorológico).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
81	22.5	0.0	---	0.0	0.0	132	130.5	114	160	76.5	INAP	0.0

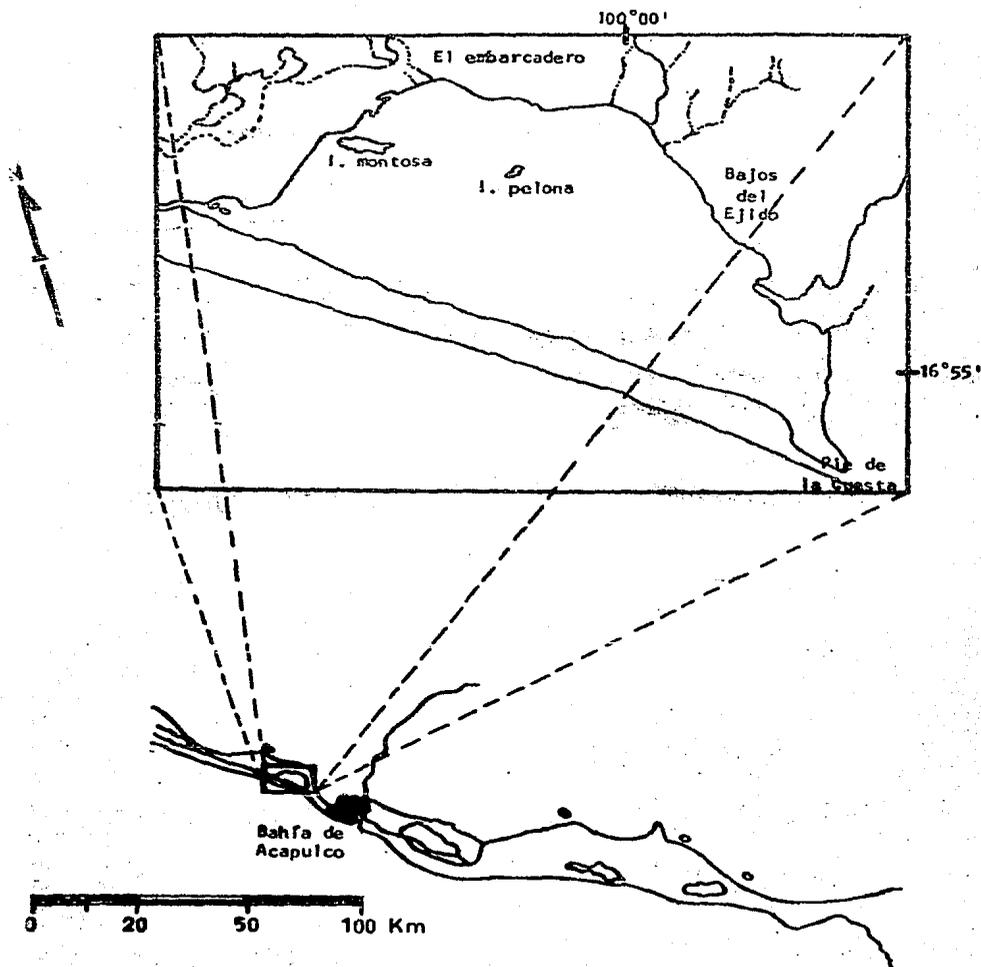


Fig. 5.- Ubicación del área de estudio y toponimia (laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero) (Fuente: CETENAL, 1977. Carta Topográfica, escala 1: 50 000. E 14C56 Coyuca de Benítez).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
82	0.0	0.0	0.0	0.0	21	110	53.5	48.5	235	63	0.0	0.0
83	INAP	15.5	0.0	0.0	15	67	144	53.5	116.5	18.5	INAP	INAP
84	15.5	0.0	0.0	0.0	5	129.5	176	169	631	25	0.0	INAP

La vegetación representada en esta planicie costera es característica de regiones cálido-húmedas. Klimek (1978), menciona que esta vegetación es transitoria con parches discontinuos con un bosque tropical en áreas predominantemente de sabana como resultado de la humedad.

En el borde la laguna se encuentra principalmente manglar, siendo la especie típica Rizophora mangle, aunque se encuentra también Laguncularia racemosa, Abiesenia germinans, Conocarpus erectus (Fig. 6).

La información in extenso sobre estos aspectos se encuentra en "Eco-plan del municipio de Acapulco, Guerrero" (1978), Guzmán et al., (1976) y Klimek (1978).

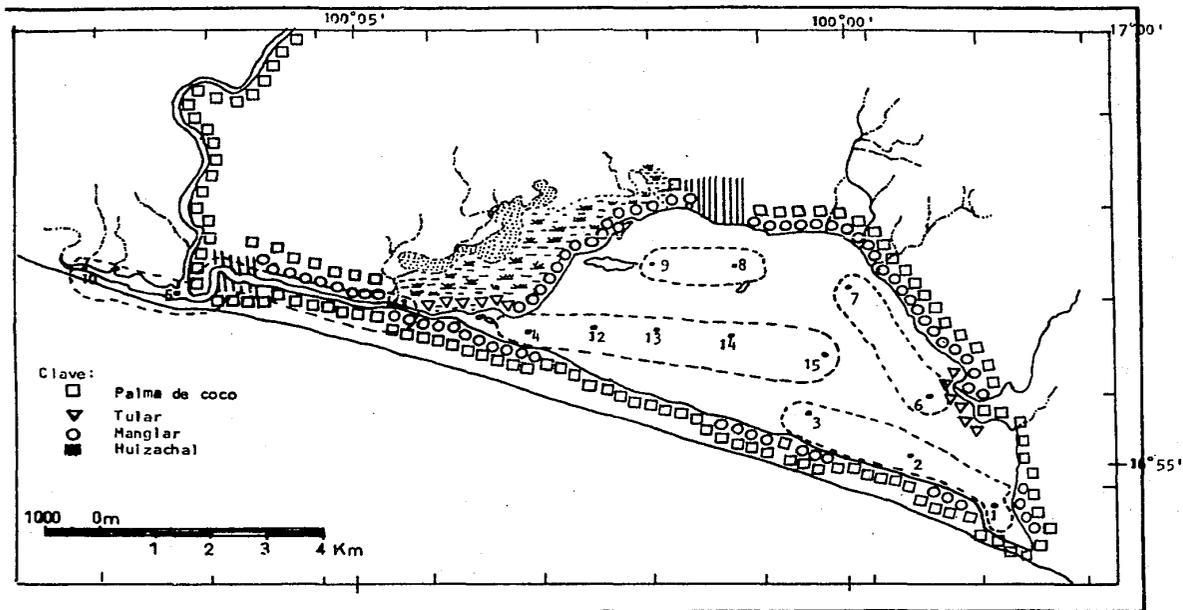


Fig. 6.- Mapa de distribución de la vegetación en la laguna de Coyuca de Benítez, Gro. después de Guzmán (1976). 28

## 5.- METODOLOGIA

El trabajo se desarrolló en tres fases:

- a) fase de campo
- b) fase de laboratorio
- c) fase de análisis

### a) FASE DE CAMPO

El trabajo de campo consistió básicamente en colectas trimestrales (estacionales), de agua de la laguna de Coyuca de Benítez, a partir de verano de 1983 hasta primavera de 1984.

Las localidades de muestreo fueron establecidas de acuerdo a la investigación realizada en el ciclo 1981 a 1982 en esta misma laguna (Ruíz et al., 1983b), adicionando cinco localidades con el propósito de tener más información de la zona de mayor profundidad de la laguna (central). Esto dió un total de 15 localidades (Fig. 7).

Las muestras de agua se obtuvieron mediante una botella de Van Dorn, e inmediatamente se transfirieron a botellas plásticas. Para la determinación de los nutrimentos ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$  y  $\text{PO}_4$ ), se utilizaron botellas de 1000 ml, mientras que para la M.O.P. y el C.O.P. se ocuparon botellas de 250 ml.

El muestreo se realizó por duplicado para los tres niveles verticales (subsuperficial, 0.5 m y 1 m). El material colectado se conservó en refrigeración para su análisis posterior.

En cada localidad se tomó la siguiente información: hora y fecha, pro

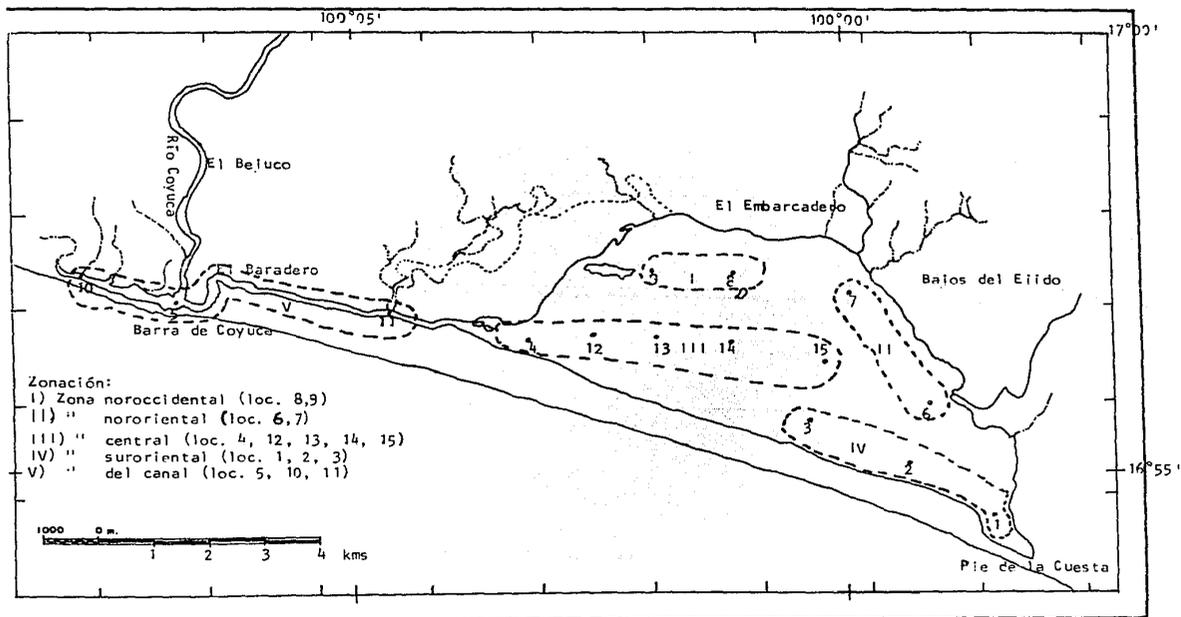


Fig. 7.- Ubicación de las localidades de muestreo y zonación en la laguna de Coyuca de Benítez, Gro. (ciclo otoño 1983-  
 verano 1984).

fundidad, temperatura del agua, salinidad, transparencia (Secchi) y pH para cada nivel. El oxígeno disuelto se determinó mediante el método Winkler citado por Strickland y Parsons (1977).

Las muestras destinadas a la evaluación de la M.O.P. y el C.O.P. se procesaron en un laboratorio montado en Coyuca de Benítez, en donde se procedió a su filtración utilizando membranas de fibra de vidrio con tamaño de poro de  $0.6 \mu$  (Whatman GF/A) y un equipo de filtración estandar (Millipore). Para el C.O.P. se utilizaron membranas precombustionadas (una hora a  $450^{\circ}\text{C}$ ) y el filtrado se acompañó con 2 ml de  $\text{Na}(\text{SO}_4)_2$ . Posteriormente, las membranas se colocaron en frascos entomológicos limpios y debidamente etiquetados, los cuáles se guardaron en recipientes de cierre hermético con desecador, para eliminar toda la humedad. Estos recipientes, junto con las botellas destinadas al análisis de micronutrientos, se colocaron en refrigeración para su traslado y análisis al laboratorio interdisciplinario de la Facultad de Ciencias, U.N.A.M.

#### b) FASE DE LABORATORIO

Esta consistió en el desarrollo de las técnicas para la evaluación cuantitativa de los micronutrientos, el C.O.P. y la M.O.P.

La cuantificación de nitritos, nitratos y amonio se hizo según la metodología de Strickland y Parsons (1977), a excepción de la cuantificación de nitratos para las estaciones primavera y verano, la cuál se llevó a cabo mediante la técnica de brusina-ácido sulfanílico, utilizada en el laboratorio de estudios de agua de la Secretaría de la Defensa Nacional. Estas técnicas se basan fundamentalmente en el desarrollo de compuestos coloreados.

Los fosfatos se evaluaron por el método espectrofotométrico descrito por Strickland y Parsons, modificado por Murphy y Riley (1977) a través de la formación de un compuesto colorido (azul), denominado fosfomolibdato de amonio.

La evaluación de C.O.P. se realizó por la técnica de oxidación húmeda con dicromato de potasio-ácido sulfúrico, descrita por Strickland y Parsons (1977), en la cuál se mide la decoloración de esta mezcla al ser oxidado el C.O.P. presente.

Para la M.O.P. se aplicó la técnica gravimétrica (Wetzel y Likens, 1979), la cuál consiste en obtener la diferencia de peso de las membranas que contienen el material a evaluar, al someterse a un proceso de combustión a 500°C durante 1 hr; esta diferencia equivale a la M.O.P.

### c) FASE DE ANALISIS

Los valores registrados se procesaron en dos sentidos: 1) espacial (perfil vertical y horizontal) y 2) temporal.

Para determinar el comportamiento espacial en el sentido horizontal se obtuvo la concentración promedio de los tres niveles de cada localidad; posteriormente se determinó la concentración promedio anual para cada localidad. En el perfil vertical se calculó la concentración promedio para cada uno de los niveles.

Tomando en cuenta rasgos geomorfológicos, hidrológicos y de vegetación circundante, así como las concentraciones promedio anuales de la M.O.P. para cada localidad, se delimitaron zonas (Fig. 7), como complemento del análisis espacial (perfil vertical y horizontal) y del análisis temporal.

Para el análisis temporal se tomaron los promedios de los tres nive-

les de las 15 localidades.

En cada uno de los análisis se aplicó la estadística elemental. Se realizaron regresiones lineales entre todos los parámetros, para detectar posibles correlaciones.

Toda esta información se encuentra contenida en tablas y figuras citadas en resultados y discusión.

## 6.- RESULTADOS

Tomando como base a los propósitos planteados para este trabajo, los resultados se abordan de la siguiente manera: la descripción individual de los parámetros hidrológicos en el espacio y en el tiempo; posteriormente se hace referencia a la zonación, tomando en cuenta los registros de la M.O.P., asociándose a éstos últimos con algunas características biótico-abióticas asociadas al ambiente y finalmente se plantean correlaciones entre los parámetros de estudio, algunas de las cuáles servirán de base para especular sobre la naturaleza de la M.O.P.

Los parámetros hidrológicos mostraron una alta uniformidad en sus valores, tanto en el espacio (perfil horizontal y vertical) como en el tiempo. no obstante esto, el análisis se basó en algunas diferencias registradas.

La temperatura promedio del agua presentó una fluctuación de aproximadamente  $3^{\circ}\text{C}$ , siendo  $31.8^{\circ}\text{C}$  la máxima registrada durante primavera (estratos 0.5 y 1 m) y la mínima de  $28.5^{\circ}\text{C}$  durante verano (estrato subsuperficial) (Tabla 3)(Fig. 8). En general se pudo observar que la parte horiental presentó una mayor homogeneidad entre los valores registrados. En el metro de profundidad no se encontraron diferencias significativas entre los tres niveles, siendo ésta de  $0.4^{\circ}\text{C}$  aunque se observó un incremento gradual desde el nivel subsuperficial hasta el metro de profundidad, lo cuál implica un calentamiento laminar de la laguna. En la temporada de lluvias se presentó

T A B L A 3

Valores promedio estacionales y anuales de los parámetros de estudio en la 35  
laguna de Coyuca de Benítez durante otoño de 1983-verano de 1984 (estrato subsuperficial, 0.5 m y 1 m).

PARAMETRO	E S T R A T O S U B S U P E R F I C I A L									
	OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA		VERANO		GLOBAL	
	$\bar{x}$	d.e.	$\bar{x}$	d.e.	$\bar{x}$	d.e.	$\bar{x}$	d.e.	$\bar{x}$	d.e.
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	30.3	1.2	29.3	0.7	31.2	0.4	28.5	1.8	29.9	0.6
SALINIDAD (‰)	2.5	1.0	3.0	1.5	3.6	0.8	3.2	1.4	3.1	1.0
pH	6.8	0.5	7.0	0.6	7.3	0.7	6.2	0.3	6.8	0.4
OXIGENO DISUELTO (mg/l)	9.1	2.0	7.7	1.2	10.4	1.8	5.7	1.9	8.2	0.8
NITRITOS (ug-at/l)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	1.0	0.9	0.4	0.3
NITRATOS (ug-at/l)	3.6	1.9	2.9	1.2	7.8	0.2	1.3	2.4	3.9	0.7
AMONIO (ug-at/l)	3.2	4.5	6.1	2.2	8.2	3.5	15.5	7.7	8.4	2.2
FOSFATOS (ug-at/l)	4.4	3.2	0.6	0.3	0.1	0.1	0.6	0.4	1.4	0.8
CARBONO ORGANICO (mg/l)	1.3	0.9	1.7	0.9	1.9	1.0	1.0	0.8	1.7	0.7
MATERIA ORGANICA (mg/l)	10.4	0.6	19.1	9.4	19.8	5.2	14.8	7.8	16.1	4.2
E S T R A T O 0.5 m										
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	31.0	1.4	29.6	0.7	31.8	0.4	28.9	2.2	30.0	1.5
SALINIDAD (‰)	2.3	1.1	3.3	1.2	3.6	0.8	3.3	1.0	3.1	0.9
pH	6.8	0.5	7.0	0.6	7.4	0.7	6.3	0.3	6.9	0.4
OXIGENO DISUELTO (mg/l)	5.4	1.8	7.5	1.0	10.1	2.1	5.4	1.8	7.7	0.8
NITRITOS (ug-at/l)	0.4	0.7	0.2	0.2	0.3	0.1	1.0	1.0	0.5	0.3
NITRATOS (ug-at/l)	3.5	1.4	2.8	0.9	7.7	0.1	1.8	3.4	3.8	0.8
AMONIO (ug-at/l)	3.9	5.6	6.8	2.7	8.1	4.2	16.8	8.4	8.9	3.1
FOSFATOS (ug-at/l)	4.2	3.6	0.6	0.3	0.1	0.1	0.7	0.3	1.4	0.9
CARBONO ORGANICO (mg/l)	1.3	1.1	1.6	1.0	1.8	0.6	0.5	0.6	1.4	0.4
MATERIA ORGANICA (mg/l)	10.8	5.1	18.8	9.9	19.4	5.9	15.6	7.1	16.1	4.1
E S T R A T O A 1 m										
TEMPERATURA DEL AGUA (°C)	30.8	1.4	29.5	0.8	31.8	0.4	29.0	2.2	30.3	0.8
SALINIDAD (‰)	2.5	0.8	3.2	0.9	3.6	0.8	3.5	1.1	3.2	0.7
pH	6.9	0.6	7.0	0.6	7.4	0.6	6.3	0.4	6.9	0.3
OXIGENO DISUELTO (mg/l)	8.2	2.6	7.3	1.2	9.2	2.9	5.2	1.8	7.6	1.0
NITRITOS (ug-at/l)	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3	0.01	0.9	0.9	0.5	0.4
NITRATOS (ug-at/l)	3.1	1.1	3.2	1.8	7.8	0.1	1.4	2.4	3.9	0.7
AMONIO (ug-at/l)	2.7	4.5	7.3	3.4	7.7	4.5	17.5	8.1	8.6	2.2
FOSFATOS (ug-at/l)	4.2	3.0	0.7	0.6	0.1	0.2	0.6	0.4	1.4	0.7
C.O.P. (mg/l)	1.4	1.0	1.6	1.1	1.8	1.0	0.8	1.2	1.3	0.4
M.O.P. (mg/l)	10.9	5.0	18.4	10.0	18.8	7.2	13.7	6.7	15.7	4.2

el mayor aporte de agua dulce, con el resultado de una disminución de 3°C con respecto a la temporada de secas.

La salinidad máxima y mínima promedio detectada en la laguna fué de 3.6 y 2.3 ‰ detectadas durante primavera (en los tres estratos) y otoño (estrato medio), respectivamente (Tabla 3)(Fig. 9); siendo la zona del canal la que presentó el promedio más bajo (1.6 ‰) y la zona nororiental el más alto (3.8 ‰) (Tabla 4). De acuerdo con la clasificación dada por Hedgpeth (1957), la laguna mostró condiciones oligohalinas. En el perfil vertical sólo se obtuvo una diferencia de 0.1 ‰ anual entre los tres niveles.

Los promedio máximo y mínimo de transparencia fueron 0.89 m durante otoño y 0.29 m en primavera (Tabla 5)(Fig. 10), detectándose en la zona suroriental los valores más bajos (0.38 m) y en la zona del canal los valores más altos (0.69 m) (Tabla 4).

Con respecto a los registros de pH, el valor promedio máximo que se obtuvo fué de 7.4 durante primavera (estratos de 0.5 y 1 m) y el mínimo de 6.2 durante verano (estrato subsuperficial), con una diferencia en el sentido horizontal de aproximadamente 1.2 (Tabla 3)(Fig. 11). La zona del canal presentó los valores promedio más bajos (6.4) y la nororiental los más altos (7.4)(Tabla 4).

El contenido promedio de oxígeno disuelto en la laguna presentó el máximo registro durante primavera (estrato subsuperficial, 10.4 mg/l) y el mínimo durante verano (estrato de 1 m, 5.2 mg/l)(Tabla 3)(Fig. 12), con un

T A B L A 4

Análisis temporal y anual promedio de los parámetros hidrobiológicos por región, de la laguna de Coyuca de Benítez, Gro. (ciclo otoño 1983-verano 1984).

REGION	TEMP. DEL AGUA (°C)	SALINIDAD (°/∞)	TRANSP. SECCHI (m)	pH	OXIGENO DISUELTO (mg/l)	NITRITOS (ug-at/l)	NITRATOS (ug-at/l)	AMONIO (ug-at/l)	FOSFATOS (ug-at/l)	CARBONO ORGANICO (mg/l)	MATERIA ORGANICA (mg/l)
Norocc.	29.8	3.5	0.50	6.9	7.9	0.5	3.5	7.7	1.2	1.5	19.5
Nororiental	30.6	3.8	0.44	7.4	8.3	0.4	3.6	9.9	1.7	1.5	17.5
Central	30.8	3.4	0.49	6.9	7.0	0.4	4.2	8.6	1.4	1.8	15.3
Suroriental	30.5	3.7	0.38	7.1	7.8	0.4	3.5	10.9	1.8	1.4	19.7
Del canal	29.4	1.6	0.69	6.4	7.9	0.7	4.3	6.3	0.9	1.3	10.5

T A B L A 5

Comportamiento estacional y global de la transparencia (Secchi) en m por localidad de muestreo, en la laguna de Coyuca de Benítez, Gro. (1983-1984).

Localidad	OTOÑO 1983	INVIERNO 1983	PRIMAVERA 1984	VERANO 1984	GLOBAL
1	0.50	0.40	0.20	0.40	0.38
2	0.50	0.40	0.20	0.40	0.38
3	0.60	0.40	0.20	0.40	0.40
4	1.00	0.50	0.30	0.05	0.46
5	1.40	0.52	0.40	0.05	0.59
6	0.55	0.40	0.30	0.50	0.44
7	0.90	0.40	0.30	0.50	0.45
8	0.90	0.40	0.30	0.40	0.50
9	0.90	0.40	0.30	0.40	0.50
10	1.30	1.00	0.40	0.60	0.83
11	1.50	0.70	0.30	0.05	0.64
12	0.90	0.40	0.30	0.40	0.50
13	0.80	0.40	0.30	0.40	0.48
14	1.10	0.40	0.30	0.40	0.55
15	0.50	0.50	0.30	0.60	0.48
Media	0.89	0.48	0.29	0.37	0.50
Desv. Est.	0.33	0.17	0.06	0.18	0.12

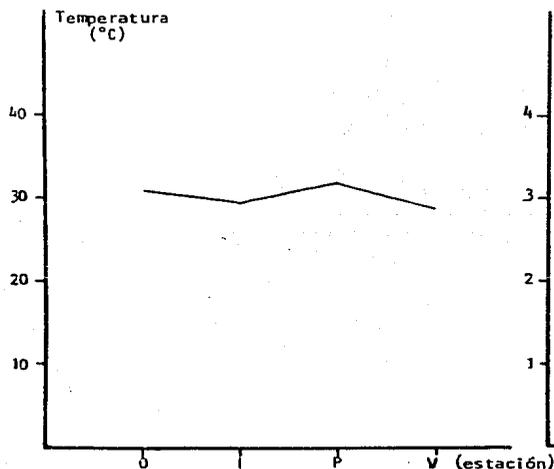


Fig. 8.- Comportamiento estacional de la temperatura (°C) en la laguna de Coyuca de Btez. (ciclo otoño 83-verano 84).

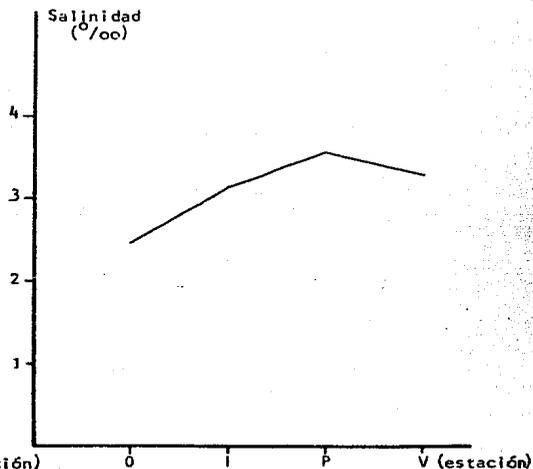


Fig. 9.- Comportamiento estacional de salinidad (‰) en la laguna de Coyuca de Btez. (ciclo otoño 83-verano 84).

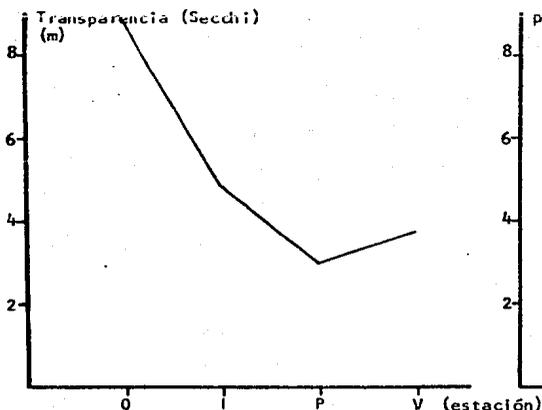


Fig. 10.- Comportamiento estacional de transparencia (m) en la laguna de Coyuca de Btez. (ciclo otoño 83-verano 84)

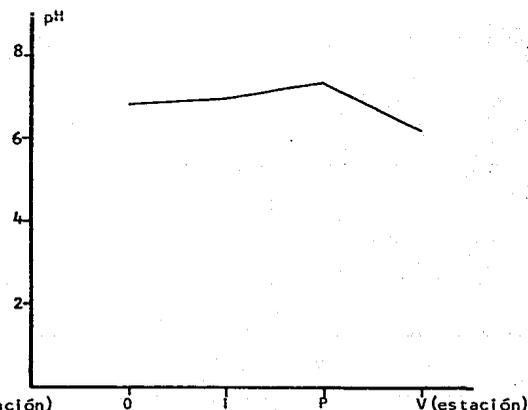


Fig. 11.- Comportamiento estacional de pH en la laguna de Coyuca de Btez. (ciclo otoño 83-verano 84)

promedio anual de 7.0 mg/l (Tabla 4), para la zona central y 8.3 mg/l, para la zona nororiental. El análisis vertical mostró una diferencia de 0.63 mg/l.

La dinámica de los nutrientes fue muy similar en los aspectos horizontal y vertical, más no en el tiempo.

Para nitritos se destacó una diferencia promedio anual de 0.8 ug-at/l entre los tres niveles que consecuentemente se calificó como un comportamiento más heterogéneo. El máximo registro se obtuvo durante verano, 1.0 ug-at/l (estrato subsuperficial y medio) y el mínimo durante otoño e invierno (0.2 ug-at/l en los tres estratos) (Tabla 3, Fig. 13). Las localidades ubicadas en la zona nororiental, central y suroriental presentaron el valor promedio más bajo (0.4 ug-at/l) mientras que las del canal presentaron el más alto (0.7 ug-at/l) (Tabla 3).

Las concentraciones promedio de nitratos máxima y mínima fueron de 7.8 ug-at/l durante primavera (estrato subsuperficial y 1 m) y 1.3 ug-at/l durante verano (estrato subsuperficial) (Tabla 3, Fig. 14). Sin embargo, las localidades del canal promediaron el valor anual más alto, 4.3 ug-at/l; mientras que las ubicadas en la zona suroriental y noroccidental promediaron el más bajo con 3.5 ug-at/l (Tabla 3). Los valores registrados a 1 m de profundidad presentaron sólo una diferencia de 0.1 ug-at/l promedio entre los tres estratos.

El amonio presentó un comportamiento espacial disímil al de los nutrientes antes mencionados. El máximo promedio fue observado durante el verano en el estrato profundo (17.5 ug-at/l) y el mínimo durante otoño en el

mismo estrato (2.7 ug-at/l), obteniéndose una diferencia de 14.8 ug-at/l (Tabla 3, Fig. 15). Las localidades de la zona suroriental promediaron el valor anual máximo (10.9 ug-at/l), mientras que las localidades del canal el valor anual mínimo (6.3 ug-at/l) (Tabla 4). El análisis espacial vertical mostró una diferencia promedio anual de 0.5 ug-at/l entre los niveles, reflejando una alta uniformidad.

Para fosfatos, se obtuvo el máximo y mínimo promedio durante otoño (4.4 ug-at/l, estrato subsuperficial) y primavera (0.1 ug-at/l, en los tres niveles), respectivamente (Tabla 3, Fig. 16). Las localidades de la zona suroriental presentaron el promedio anual más alto, 1.8 ug-at/l, mientras que las del canal el más bajo con 0.9 ug-at/l (Tabla 4). En el perfil vertical se obtuvo una variación promedio anual de 0.1 ug-at/l.

Con respecto al C.O.P., se obtuvo un promedio anual de 1.5 mg/l para la laguna de Coyuca de Benítez, en donde el máximo promedio fue durante primavera (1.9 mg/l, estrato subsuperficial) y el mínimo durante verano (0.5 mg/l, estrato 0.5 m) (Tabla 3, Fig. 17). En la zona central se obtuvo el promedio anual más alto (1.8 mg/l), mientras que en la del canal el más bajo (1.3 mg/l). A 1 m de profundidad se detectó sólo una diferencia de 0.3 mg/l entre los tres niveles muestreados (Tabla 4).

Debido a que las diferencias en el contenido de la M.O.P. en la laguna de Coyuca fueron más marcadas, se pudo confirmar la zonación que para el caso de los parámetros anteriores fue difícil, dada su relativa homogeneidad. Dichas zonas se exponen a continuación:

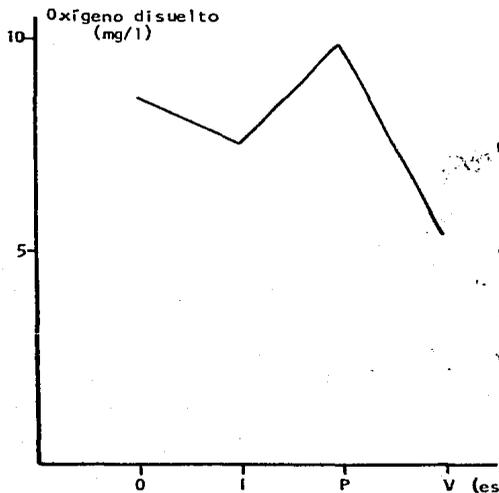


Fig. 12.- Comportamiento estacional del o.d. (mg/l) en la laguna de Coyuca de Btez. (ciclo otoño 83-verano 84).

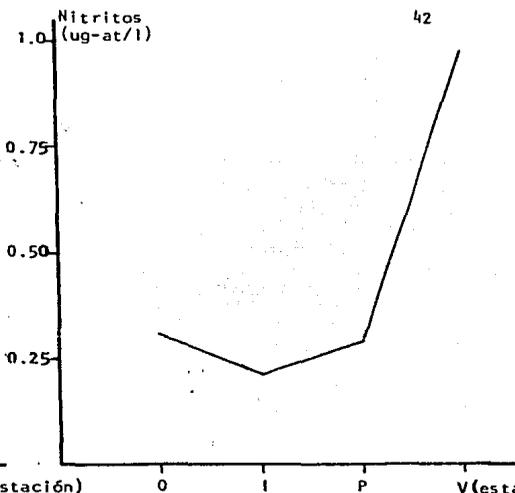


Fig. 13.- Comportamiento estacional de  $\text{NO}_2$  (ug-at/l) en la laguna de Coyuca de Btez. (ciclo otoño 83-verano 84).

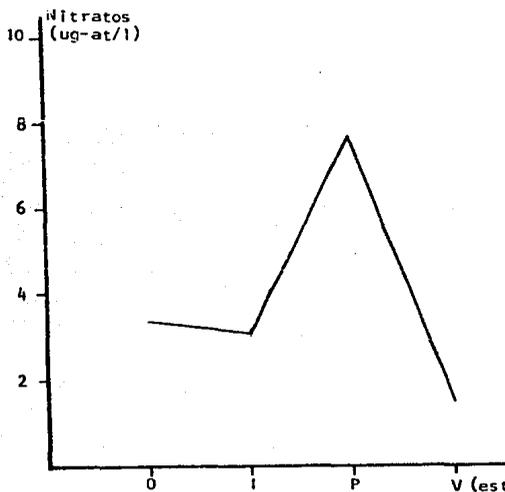


Fig. 14.- Comportamiento estacional de  $\text{NO}_3$  (ug-at/l) en la laguna de Coyuca de Btez. (ciclo otoño 83-verano 84).

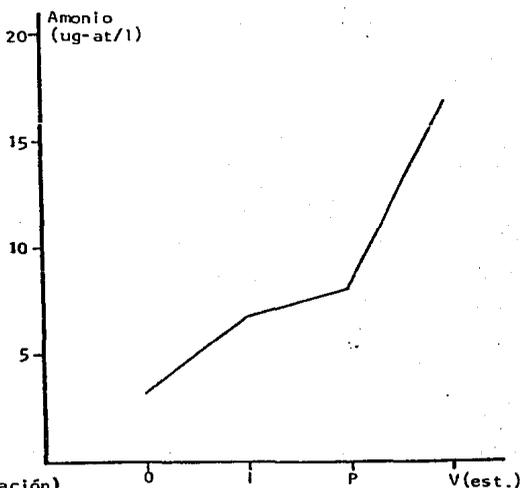


Fig. 15.- Comportamiento estacional de  $\text{NH}_4$  (ug-at/l) en la laguna de Coyuca de Btez. (ciclo otoño 83-verano 84).

- zona noroccidental o de "las islas", en la costa interna, entre las islas "Montosa" y "Pelona" (Fig. 7) con las localidades 8 y 9. Esta mostró un promedio anual de 19.5 mg/l.

- zona nororiental o de "Bajos del Ejido", en la costa interna, frente a los caseríos del mismo nombre en la localidad 6, y "el conchero" en la localidad 7. Esta zona presentó un promedio anual de 17.5 mg/l.

- zona central, partiendo de la apertura del canal hacia la laguna con dirección oeste-este, con las localidades 4, 12, 13, 14 y 15. Tuvo un promedio global de 15.3 mg/l.

- zona suroriental o de "Pie de la Cuesta", en la costa externa con dirección este-oeste comprendiendo las localidades 1, 2 y 3; con 19.7 mg/l, que es el máximo promedio global anual registrado.

- zona del canal, con las localidades 10, 5 y 11 con un promedio anual de 10.5 mg/l, siendo éste el mínimo valor observado en toda la laguna.

El comportamiento por zonas fué ligeramente similar al mostrado por el resto de los parámetros aquí evaluados. La laguna presentó un promedio anual de 16.0 mg/l; el máximo registro se llevó a cabo en primavera en el estrato subsuperficial (19.8 mg/l) y el mínimo durante otoño en el mismo estrato (10.4 mg/l) (Tabla 3, Fig. 18). Se obtuvo una diferencia de 0.4 mg/l en el perfil vertical de 1 m.

Las variaciones estacionales apoyan la observación de Klimek (1978), en el sentido de que la laguna presenta un ciclo biestacional con una temporada de lluvias durante verano-otoño, la cuál es representada por una dis

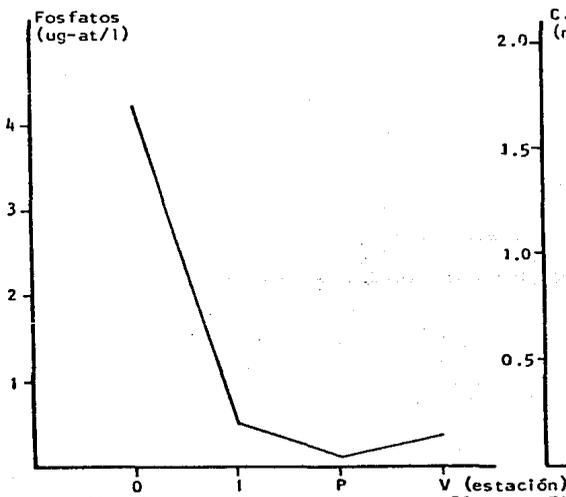


Fig. 16.- Comportamiento estacional de  $PO_4$  (ug-at/l) en la laguna de Coyuca de Btez. (ciclo otoño 83-verano 84).

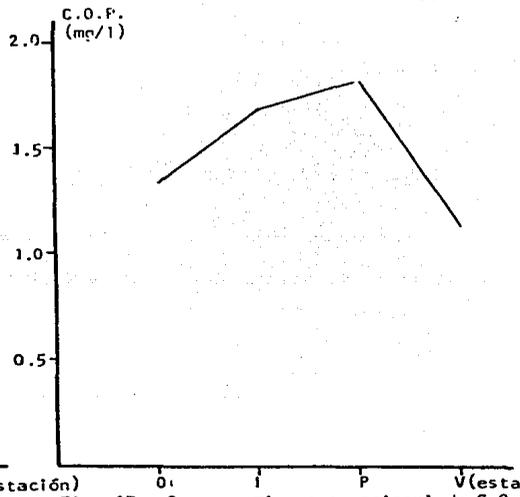


Fig. 17.- Comportamiento estacional de C.O.P. (mg/l) en la laguna de Coyuca de Btez. (ciclo 83-verano 84).

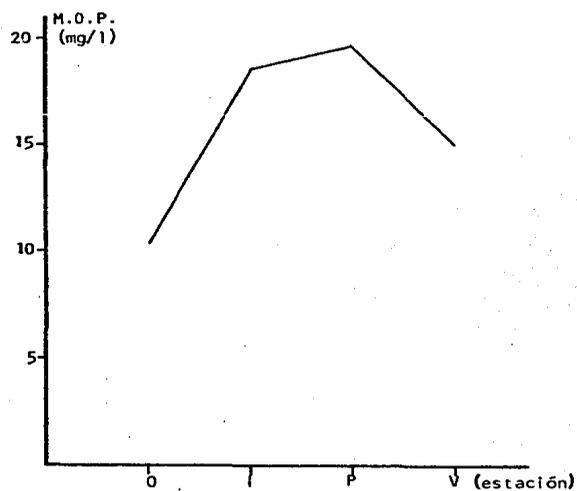


Fig. 18.- Comportamiento estacional de M.O.P. (mg/l) en la laguna de Coyuca de Btez. (ciclo otoño 83-verano 84).

minución en las concentraciones de M.O.P. y C.O.P. en el sistema y siendo una temporada de alta productividad primaria (Pérez, en elaboración); mientras que la temporada de secas (invierno-primavera) presentó las más altas concentraciones de M.O.P. y C.O.P., además de un decremento en la productividad primaria (Pérez, en elaboración).

Del análisis de regresión lineal entre los parámetros se obtuvo una matriz de correlación (Tabla 6), cuyos resultados más significativos se resumen a continuación:

La temperatura presentó una correlación positiva con salinidad ( $r = 0.58$ ) y negativa con nitritos ( $r = -0.74$ ); El pH señaló correlación positiva con fosfatos ( $r = 0.64$ ) y negativa con transparencia ( $r = -0.57$ ); La salinidad tuvo correlaciones positivas con fosfatos ( $r = 0.59$ ) y M.O.P. ( $r = 0.71$ ) y negativas con nitritos ( $r = -0.56$ ) y transparencia ( $r = -0.78$ ); Para la transparencia se obtuvieron correlaciones negativas con amonio ( $r = -0.70$ ) y M.O.P. ( $r = -0.90$ ); El amonio presentó correlaciones positivas con M.O.P. ( $r = 0.69$ ); Nitratos una correlación positiva con nitritos ( $r = 0.66$ ) y negativa con fosfatos ( $r = -0.54$ ). También se obtuvieron correlaciones entre la M.O.P. y el C.O.P. con concentraciones de clorofila a (Monreal, en elaboración), concentración de fitoplancton (Dávila, 1986) y productividad primaria neta (Pérez, en elaboración), obteniéndose las siguientes correlaciones: C.O.P./fitoplancton,  $r = 0.62$ ; M.O.P./clorofila a,  $r = 0.71$  y M.O.P./productividad primaria neta,  $r = 0.69$ .

T A B L A 6

Matriz de correlación lineal (r) obtenida a partir de los parámetros hidrobiológicos evaluados en la laguna de Coyuca de Benítez, durante el ciclo otoño 1983 - verano 1984.

	TEMP. DEL AGUA	SALI- NIDAD	TRANSP. SECCHI	pH	O <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	CLOR. (1)	FITO. (2)	P.P.N. (3)	C.O.P.	H.O.P.
TEMP. DEL AGUA	1.00	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SALINIDAD	0.58	1.00	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
TRANSP. SECCHI	-0.26	-0.78	1.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
pH	-0.02	0.51	-0.057	1.00	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
O <sub>2</sub>	-0.03	0.01	-0.05	0.30	1.00	*	*	*	*	*	*	*	*	*
NO <sub>2</sub>	-0.74	-0.56	0.07	-0.20	-0.14	1.00	*	*	*	*	*	*	*	*
NO <sub>3</sub>	-0.26	-0.50	0.15	-0.23	-0.08	0.66	1.00	*	*	*	*	*	*	*
NH <sub>4</sub>	0.19	0.52	-0.70	0.51	-0.11	-0.18	-0.25	1.00	*	*	*	*	*	*
PO <sub>4</sub>	0.29	0.59	-0.45	-0.45	-0.64	-0.45	-0.54	0.43	1.00	*	*	*	*	*
CLOR. (1)	0.50	0.81	-0.51	0.57	0.02	-0.25	-0.26	0.43	0.44	1.00	*	*	*	*
FITO. (2)	0.51	0.67	-0.20	0.32	-0.17	-0.51	-0.37	-0.16	0.16	0.44	1.00	*	*	*
P.P.N. (3)	0.21	0.80	-0.62	0.63	0.10	-0.32	-0.55	0.19	0.38	0.61	0.73	1.00	*	*
C.O.P.	0.34	0.43	-0.31	-0.01	-0.01	0.21	0.05	-0.20	0.20	0.40	0.62	0.42	1.00	*
H.O.P.	0.03	0.71	-0.90	0.48	0.08	0.07	-0.25	0.69	0.37	0.71	0.22	0.69	0.15	1.00

(1) Determinado por Monreal (en elaboración).

(2) " " Dávila (1986).

(3) " " Pérez (en elaboración).

## 7.- DISCUSION

Los parámetros hidrológicos tuvieron un comportamiento regular en el espacio y el tiempo, señalando que la laguna es un sistema altamente homogéneo, donde la mayoría de los parámetros presentaron diferencias expresadas en decimales.

Con base en las observaciones del comportamiento anual de los parámetros, principalmente M.O.P. y C.O.P., se pudo corroborar que esta laguna presenta un ciclo biestacional asociado a la temporada de secas (invierno-primavera), durante la cuál se obtuvieron los máximos registros (19.8 mg/l de M.O.P. y 1.9 mg/l de C.O.P.); y a la de lluvias (verano-otoño) en la cuál se presentaron los mínimos (10.4 mg/l y 0.5 mg/l, respectivamente). Además, durante ésta última se presentó la apertura de la barra. Esta biestacionalidad fué señalada anteriormente por Yáñez-Arancibia (1977), Mee (1977) y Klimek (1978), en el sistema lagunar costero de Guerrero.

Los promedios anuales registrados de la temperatura del agua fueron altos (30.4°C)(Tabla 7). A nivel de 1 m se registró la más alta, con respecto a la subsuperficial (0.4 °C de diferencia)(Tabla 3), la cuál pudo deberse a que el viento produjo un ligero decremento. Las temperaturas más bajas fueron en invierno (29.5°C) y en verano (28.8°C)(Tabla 3), justificables a los cambios climáticos ambientales.

El contenido promedio anual de salinidad (Tabla 3) no rebasó a 5 ‰

T A B L A 7

Valores promedio anuales de los parámetros hidrológicos estudiados en la laguna de Coyuca de Benítez, Gro., durante el ciclo verano 1983-otoño 1984.

<u>PARAMETRO</u>	<u>PROMEDIO</u>
TEMPERATURA DEL AGUA	30.4 °C
SALINIDAD	3.2 ‰
TRANSPARENCIA SECCHI	0.5 m
pH	6.9
OXIGENO DISUELTO	7.9 mg/l
NITRITOS	0.5 ug-at/l
NITRATOS	3.9 ug-at/l
AMONIO	8.7 ug-at/l
FOSFATOS	1.4 ug-at/l
C.O.P.	1.5 mg/l
M.O.P.	16.0 mg/l

ni en su período de sequía, con lo que de acuerdo con Hedgpeth (1957), la laguna se comporta como un sistema oligohalino. Durante otoño, como consecuencia de la mayor entrada de agua dulce al sistema, se obtuvo un registro de 2.4 ‰, no obstante de encontrarse la barra abierta. Durante primavera se obtuvo la máxima salinidad (3.6 ‰) (Tabla 3) como consecuencia del incremento de la temperatura ambiente -provocando un ligero incremento en la tasa de evaporación- aunado a la menor entrada de agua dulce al sistema.

Los altos valores de la transparencia, durante otoño (0.89 m), se debieron a la renovación del agua a través del canal, el cuál a pesar del acarreo del material en suspensión, no provocó un decremento significativo en la penetración de la luz. Al respecto, Gómez (1981), en su estudio realizado en algunas lagunas del noroeste de México, señala que cuando las barras se abren puede existir aporte de aguas menos turbias. Las corrientes en el flujo originan remoción de materiales del fondo y durante el refluo se encargan de transportar los materiales hacia la boca y fuera de ésta. Durante verano, se presentó un mayor decremento en la transparencia (0.37 m) (Tabla 5), debido a que la alta precipitación favoreció la presencia de materiales en suspensión. Los registros más bajos obtenidos en primavera (0.29 m), coincidieron con altos registros de M.O.P. y C.O.P. en el sistema.

A pesar de que el pH mostró escasa variación, este registro presenta una tendencia hacia la neutralidad (6.9) (Tabla 7). Durante la temporada de secas, en invierno y principios de primavera, existió un aumento (7.4) (Tabla 3), presumiblemente debido al efecto de la productividad primaria, lo

cuál se pudo apoyar con los registros de producción primaria obtenidos por Pérez (en elaboración). En la época de lluvias el pH fué ligeramente ácido, debido a la influencia pluvial y fluvial (6.3)(Tabla 3).

El valor promedio anual de oxígeno disuelto fué alto (7.9 mg/l)(Tabla 7) y similar a aquellos obtenidos por otros autores en el sistema lagunar costero de Guerrero (Yáñez-Arancibia, 1977; Mee, 1977 y Klimek, 1978), al canzándose hasta un 110% de saturación como promedio global. Los porcentajes estacionales de saturación se señalan en la figura 19, observándose que, a excepción de verano, los valores estuvieron por encima del 100%. Es en esta estación donde se obtuvo el menor registro de oxígeno disuelto (5.4 mg/l), asociado posiblemente a la mayor oxidación de la M.O.P. producida en mayor concentración durante primavera. Coincidentemente, en verano se registró un incremento de micronutrientes, lo cuál sugirió la mineralización de la M.O.P. El aumento en la concentración de oxígeno disuelto (7.5 mg/l), a partir de esta temporada, es debido a la acción mecánica de la lluvia, a los fuertes vientos que existieron y a la mayor población fitoplanctónica registrada durante la transición de otoño (Dávila, 1986). Las altas concentraciones en primavera (9.9 mg/l)(Tabla 3), se pudieron deber a la presencia de pastos sumergidos, aportes fitoplanctónicos y a los períodos de mezcla provocados por los vientos irregulares. Klimek (1978), encontró altos valores en esta temporada relacionándolos con un florecimiento fitoplanctónico. Al respecto, Pérez (en elaboración), señaló que en primavera se obtuvo una productividad primaria de 148.4 g de C-año/m<sup>2</sup>, siendo el segundo pico máximo registrado en este ciclo.

Los nitritos solo presentaron su concentración más alta durante la

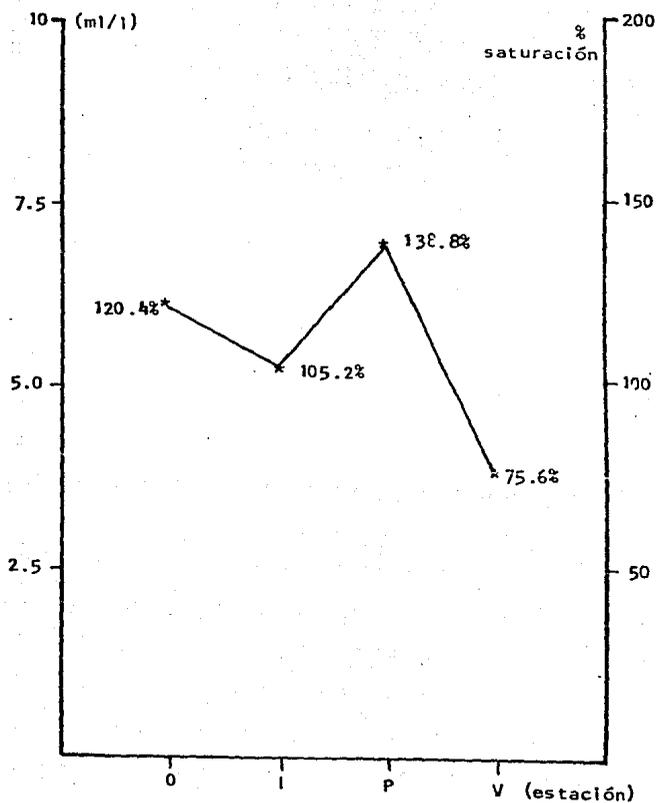


Fig. 19.- Porcentajes de saturación de oxígeno disuelto en la laguna de Coyuca de Benítez, Gro. Comportamiento estacional durante el ciclo otoño 83 - verano 1984.

temporada de lluvias (1 ug-at/1)(Tabla 3), que pudo deberse a la influencia de los ríos y escorrentías que representan el abastecimiento más importante de esta fracción en las lagunas tropicales, según lo señala Okuda (1966).

Los nitratos por su parte, durante primavera mostraron el máximo (7.8 ug-at/1) y en verano el mínimo (1.5 ug-at/1(Tabla 3). Klimek (1978), encontró concentraciones de 0 ug-at/1 en aguas profundas y solamente durante la temporada de lluvias obtuvo valores de hasta 2 ug-at/1 causados por el influjo de agua dulce y salina que contenían una moderada concentración de oxígeno disuelto.

Los valores promedio anuales de  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$  registrados en esta laguna fueron mucho más altos que los obtenidos por otros autores en otras lagunas dentro del mismo sistema lagunar costero (Tabla 8).

El amonio (16.6 ug-at/1) y fosfatos (4.3 ug-at/1), presentaron la mayor disposición durante la temporada de lluvias (verano y otoño respectivamente) posiblemente debido a las condiciones de turbulencia y a la entrada de agua con mayor contenido de oxígeno disuelto, como lo señala Klimek (1978); ésto creó condiciones óptimas para un posible florecimiento fitoplanctónico. Este hecho fué apoyado con la observación de Dávila (1986), en el sentido de encontrar para esta temporada el máximo registro de población fitoplanctónica. Las concentraciones aquí registradas, en comparación con otros estudios dentro del sistema lagunar, mostraron ser más altas posiblemente debido a una variación en las tasas de mineralización por las condiciones hidrológicas propias de cada laguna (Tabla 9).

T A B L A 8

Comparación de concentraciones de  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$  con otros estudios del sistema lagunar costero de Guerrero.

AUTOR	LAGUNA	NITRITOS ( $\mu\text{g-at/l}$ )	NITRATOS ( $\mu\text{g-at/l}$ )
Mandelli y Botello (1976)	Chautengo	0.14	0.39
	Mitla	0.29	0.24
Mee (1977)	Chautengo	0.06	0.51
	Apozahualco	0.02	0.51
	Mitla	0.02	0.05
Klimek (1978)	Chautengo	0.08 a 0.7	0.1 a 6.9
	Nuxco	0.1 a 0.7	0 a 6.6
	Coyuca	-----	0.4 a 2.0
Carbajal et al (1983)	Coyuca	0.03	---
Este estudio	Coyuca	0.5	3.9

T A B L A 9

Comparación de concentraciones de  $\text{NH}_4$  y  $\text{PO}_4$  con otros estudios del sistema lagunar costero de Guerrero.

AUTOR	LAGUNA	AMONIO (ug-at/l)	FOSFATOS (ug-at/l)
Mandelli y Botello (1976)	Chautengo	7.8	1.6
	Mitla	2.2	---
Mee (1977)	Chautengo	1.3	1.7
	Apozahualco	2.8	2.2
	Mitla	1.0	0.3
Klimek (1978)	Chautengo	0.5	0.7
	Nuxco	1.0	0.1
	Coyuca	0.5	0.2
Carbajal et al. (1983)	Coyuca	---	0.1
Este estudio	Coyuca	8.7	1.4

Con respecto a las fracciones nitrogenadas, el amonio representó la concentración anual más alta (8.7 ug-at/l) (Tabla 7), correspondiendo con las observaciones realizadas en sistemas tropicales por Okuda et al., (1969) Mee (1977); Klimek (1978). Mee señaló en su estudio que la relación entre estas fracciones en la mayoría de las lagunas de este sistema lagunar fué  $\text{NH}_4 > \text{NO}_3 > \text{NO}_2$ , que además concuerda con este trabajo. Klimek señaló además, que debido a las concentraciones "relativamente" bajas de  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$ , el amonio representa la fracción más importante para la utilización del fitoplanc ton.

La relación N:P calculada para esta laguna fué de 9:1. Al respecto, Lackey (1969), estimó que esta relación debe estar dentro de un rango de 10:1 a 30:1, considerada como favorable para el mantenimiento de una alta productividad primaria en sistemas estuarinos. Por su parte, Klimek obtuvo una relación 5:1 para esta laguna en 1977, señalando que el intenso reciclaje y agotamiento de los nutrimentos que ocurría en estas aguas superficiales mantenían estas bajas proporciones. La relación encontrada en el presente estudio con respecto a la de Klimek sugiere una mayor disposición de las fracciones nitrogenadas debido a un aumento en la tasa de mineralización.

El promedio anual de M.O.P. y C.O.P. fué de 16 mg/l y 1.5 mg/l, respectivamente (Tabla 7), calculándose que el contenido de C.O.P. representa el 8.8% de la M.O.P. Esta relación es muy baja si se toma en cuenta lo señalado por Wetzel (1975) y De la Lanza (1985), en el sentido de que el C.O.P. representa aproximadamente el 50% de la M.O.P. Este hecho se puede explicar tomando en cuenta la naturaleza de la M.O.P. y las transformaciones durante la formación de detritus e inclusive eficiencia en las oxidaciones entre

ambos parámetros. Según Waskman (1941) vide Kuznetsov (1970), la M.O.P. se compone principalmente de:

- a) fitoplancton, zooplancton y bacterias suspendidas.
- b) plancton muerto así como restos vegetales y animales.
- c) restos orgánicos parcialmente degradados o detritus.

De la Lanza (1983), agrupo a éstos últimos dentro de la categoría de detritus; en consecuencia la M.O.P. se compone de organismos vivos y detritus. Estos últimos representan el porcentaje más importante de la M.O.P. según Ryther y Menzel (1975); Sushchenya y Finenko (1966) y Finenko y Zaika (1970), los cuáles están constituidos por compuestos más refractarios con respecto al fitoplancton (Wetzel, 1975). El material detritico vegetal con alto contenido de lignina y celulosa presenta una mineralización pobre en el agua y en general tarda más que el fitoplancton en ser mineralizado (De la Lanza, 1985) y además son los detritus quienes dan lugar a un complejo ciclo del carbón, el cuál determina tanto la estructura como el funcionamiento de los sistemas acuáticos (Wetzel, 1975). Por otra parte, de la composición total del fitoplancton, el 45-55% corresponde a carbón, significando que un alto porcentaje de carbono orgánico presente en la laguna proviene de la fracción fitoplanctónica (Strickland, 1966). Lo anterior parece indicar que el material que compuso principalmente a la M.O.P. estuvo constituido en su mayoría por material más refractario (detritus), o que el oxidante utilizado para la evaluación del C.O.P. no fué lo suficientemente fuerte para oxidar todo el carbón presente, enmascarando este resultado, lo que puede explicar el valor de correlación tan bajo entre M.O.P. y C.O.P. ( $r = 0.15$ ).

Entre la M.O.P. y el fitoplancton se obtuvo un valor de correlación de  $r = 0.22$  que se puede interpretar en el sentido de que el material planct

tónico solo representó una pequeña fracción de la M.O.P. Sin embargo, la correlación M.O.P./clorofila a ( $r = 0.71$ ), puede indicar que el material orgánico procedía de organismos de mayor talla con alto contenido de pigmentos. El factor de correlación que se obtuvo entre los parámetros C.O.P./clorofila a mostró una correlación baja pero significativa ( $r = 0.40, \alpha \leq 0.05$ ), lo cuál puede señalar que el carbono tiene un mayor origen fitoplanctónico. Por su parte Klimek (1978), encontró una  $r = 0.71$  entre estos mismos parámetros, atribuyéndola a la mayor presencia de fitoplancton vivo.

En la tabla 10 se señalan los valores de M.O.P. y se observa que fueron altos en relación a otros sistemas, mientras que el C.O.P. fué semejante; sin embargo las concentraciones de M.O.P. sugieren que el sistema presenta una producción moderada. Comparando estos valores con los obtenidos por Klimek (1978), se registró un incremento al doble (11 mg/l).

De acuerdo a las observaciones realizadas en la laguna, existió una relación entre la transparencia y la M.O.P.; ésto es, a menor transparencia mayor contenido de materiales orgánicos en el período de secas y viceversa, en el de lluvias.

En la laguna de Coyuca se localizaron cinco zonas de acuerdo al contenido de M.O.P., aunque no muy bien definidas por la hidrología y el C.O.P.

En la zona noroccidental o de "las islas" se encontró la mayor cobertura de vegetación de manglar así como la influencia de una zona de marisma (Fig. 20). Según Odum y De la Cruz (1967) y González (1985), la vegetación de manglar y la zona de marisma proporcionan un alto aporte de materiales

T A B L A 10

Comparación de concentraciones de M.O.P. y C.O.P. (mg/l) obtenidas en la laguna de Coyuca de Benítez (1983-1984) con las reportadas por otros autores en diferentes sistemas acuáticos.

AUTOR	SISTEMA	M.O.P. (mg/l)	C.O.P. (mg/l)
Odum y de la Cruz (1967)	Estuario Isla Sa- peló, Geo- gia.	6.5 a 15.8	-----
Krey (1967)	Océano Atlántico	1.2 a 1.5	-----
Virge y Judai (1926-1934) en Wetzel (1975)	Lagos de Wisconsin	1.4	-----
Sharp (1975)	Océanos	-----	0.15
Burton y Liss (1976)	Aguas costeras	-----	0.1 a 1.0
Hood (1976)	Océanos	-----	normalmente 0.1 en florecimientos 1.0 a 2.0
Colwell (1976)	Lagos	-----	Lagos pobres 0 a 2 Lagos ricos más de 26
Klimek (1978)	Coyuca Nuxco Chautengo	5.3 2.6 5.2	----- ----- -----
González (1985)	Estero El Verde	10.0	-----
Este estudio	Coyuca	10.0	1.5

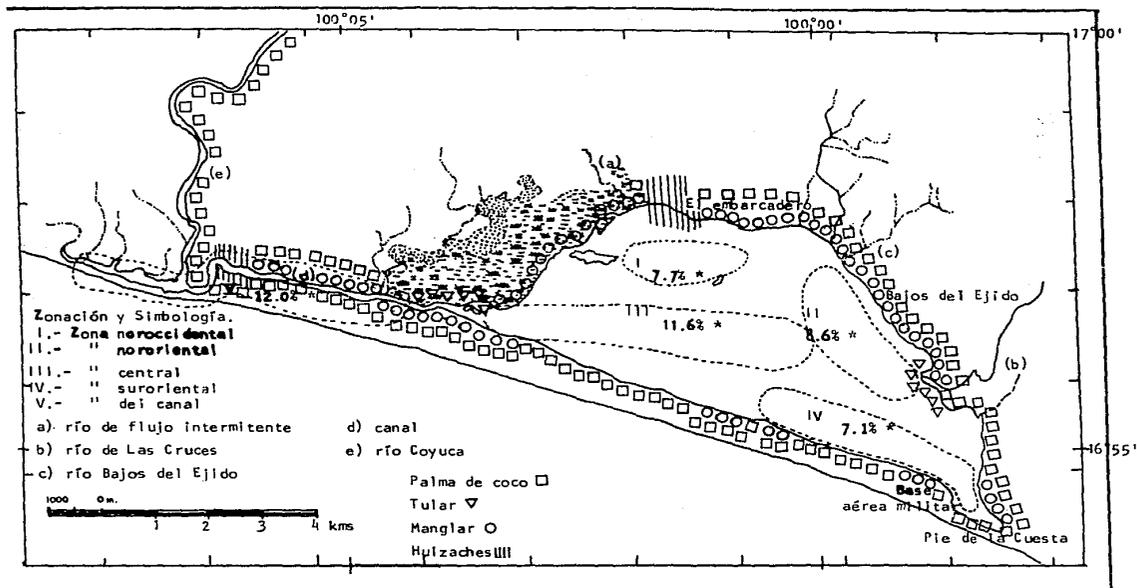


Fig. 20.- Ubicación de las zonas y principales rasgos de la laguna de Coyoaca de Benítez, Gro., durante el ciclo otoño 1983 verano 1984, señalándose el % del C.O.P. con respecto a la H.O.P. (\*). (Fuentes: CETENAL, 1977. Carta topográfica 1: 50 000. E 1456 Coyoaca de Benítez y Guzmán, 1976).

orgánicos. Al respecto, en esta zona se presentó un alto promedio de M.O.P., 19.5 mg/l y un C.O.P. de 1.5 mg/l, donde el C.O.P. representa el 7.7% de la M.O.P. Se encontró también una alta concentración del oxígeno disuelto (7.9 ,g/l)(Tabla 7), lo cuál sugirió procesos de productividad altos, alcanzándose un 110.6% de saturación de oxígeno disuelto. Al mismo tiempo, Pérez (en elaboración), registró que la productividad primaria neta fué la más alta de las zonas, 320.3 g de C-año/m<sup>2</sup>. Las bajas concentraciones de nutrientes pueden deberse a la alta dinámica de consumo. Además, Dávila (1986), señaló la existencia de la mayor población fitoplanctónica.

La zona nororiental o de Bajos del Ejido, presentó influencia de vegetación de manglar (en menor proporción que la anterior) y palmar, además de la descarga de dos ríos de flujo intermitente (Tabla 11). Es importante resaltar que las características hidrológicas se mantuvieron semejantes a las de la región anterior. La condición oligohalina parece prevalecer probablemente desde hace 10 años, ya que el máximo registro promedio que correspondió a esta zona, 3.8 ‰, fué similar a aquel presentado por Yáñez-Arancibia (1977), quién estimó que la salinidad no excedía a 3.5 ‰.

El promedio anual de oxígeno disuelto fué el más alto de las zonas (8.3 mg/l)(Tabla 3), aunque se registró un decremento de la productividad primaria a 218.7 g de C-año/m<sup>2</sup> (Pérez, en elaboración), no obstante de registrarse un 116.2% de saturación, lo cuál hace pensar en la presencia de vegetación sumergida.

Las concentraciones de nutrientes (amonio, 9.9 ug-at/l) y fosfatos (1.7 ug-at/l), se vieron aumentadas posiblemente debido a la influencia de los dos ríos. Las concentraciones de M.O.P. y C.O.P. fueron 17.5 mg/l y 1.5 mg/l, respectivamente, de lo cuál se obtiene que un 8.6% de la M.O.P. corres

T A B L A 11

Algunas características más importantes de las cinco zonas determinadas para la laguna de Coyuca de Benítez, Gro. durante el ciclo 1983-1984.

ZONA	LOCALIZACION	PROFUNDIDAD X	VEGETACION	APORTE FLUVIAL	ASENTAMIENTOS HUMANOS
Noroccidental	Costa Interna	3.37 m	Manglar y marisma	a) de flujo intermitente	Isla Montosa
Nororiental	Costa Interna	6.17 m	Carrizal Tule Huizache Manglar Palma de coco	b) rfo de Las Cruces c) rfo Bajos del Ejido	El Embarcadero El Conchero
Central	parte central	6.88 m	pobl. fito planctónica	entrada del canal	-----
Suroriental	Costa Externa	3.31 m	Manglar Palma de coco	-----	Pie de la Cuesta
del canal	en el canal	3.70 m	Manglar Palma de coco Huizache Tule Lirio acuático	d) canal de las Cruces e) rfo Coyuca	La Barra de Coyuca

Nota: para a, b, c, d y e ver figura 20.

ponde al C.O.P. lo cuál sugiere un aumento en el material orgánico labil.

La zona central presentó la máxima temperatura promedio anual, 30.8°C -que es un grado centígrado diferente a la obtenida por Klimek en 1978 (29.7°C para los tres primeros metros de profundidad)- por lo que se puede pensar que las condiciones ambientales han variado muy poco desde entonces. En esta zona se determinaron las más bajas concentraciones de M.O.P. (15.3 mg/l) y las ligeramente más altas de C.O.P. (1.8 mg/l), lo que significó que un 11.6% de la M.O.P. está representada por el C.O.P.; ésta es una de las razones más altas obtenidas y corresponde con los registros más altos de población fitoplanctónica (Dávila, 1986), sin embargo se obtiene el valor más bajo de saturación de oxígeno (98%).

La zona suroriental o Pie de la Cuesta, presentó en su línea litoral vegetación de mangle. La estación 1 se localizó frente al asentamiento más grande de la laguna y la 2 se ubicó frente a una base aérea militar, introduciendo M.O.P. de diferente origen alóctono. Esto condujo al valor de transparencia más bajo (0.38 m), coincidiendo con una alta M.O.P. (19.7 mg/l) y un bajo C.O.P. (1.4 mg/l); de esto, se obtuvo que sólo el 7.1% de la M.O.P. correspondió al C.O.P., lo que significa la razón más baja encontrada. Esto pudo deberse a que el material evaluado fué más refractario; apoyando esta idea, Dávila (1986), encontró la más baja población fitoplanctónica en la laguna. A pesar de que se empleó el contenido de M.O.P. y C.O.P., como variables para delimitar zonas en la laguna, es importante señalar que sólo se efectuó para especular sobre su origen, ya que sus diferencias pueden ser debidas a los límites de confiabilidad de la técnica.

El amonio y fosfatos mostraron las más altas concentraciones posible-

mente debido a un aporte de descargas orgánicas de origen antropogénico (Pesson, 1979), las cuáles de cualquier forma no son tan importantes ya que se obtiene un 109.2% de saturación de oxígeno disuelto.

La zona del canal presentó en sus márgenes parches de vegetación que Guzmán (1976) incluye en sus observaciones: palmar, manglar, huizachal y tular. Debido al fuerte aporte dulceacuícola, se obtuvo una salinidad baja (1.6 ‰). En la localidad 5, situada frente a la apertura de la barra, se presentaron bajas salinidades aún durante temporadas de barra abierta (otoño y verano) lo cuál señaló una fuerte circulación estuarina positiva (Pritchard, 1969 y Bowden, 1969). Como el muestreo se llevó a cabo a 1 m de profundidad, tal vez no se detectó la cuña salina, sin embargo Klimek (1977) menciona que se localizan salinidades superiores a 8 ‰ a los 7 m.

El hecho de registrarse valores altos de transparencia en esta zona, puede significar que el material alóctono en suspensión, traído por el canal, fué mucho menor. Aquí se determinaron valores bajos de M.O.P. y C.O.P. (10.5 mg/l y 1.3 mg/l, respectivamente), en donde el 12% de la M.O.P. lo representó el C.O.P., la cuál es la relación más alta encontrada, lo que significa diferente origen de materiales lábiles. Los registros de oxígeno observados (7.9 mg/l), con una productividad primaria neta baja (28.9 g de C-año/m<sup>2</sup>) (Pérez, en elaboración), podrían explicarse por la presencia de macrófitas, lo cuál apoyaría la existencia de un 110.6% de saturación de oxígeno. Los valores bajos de amonio (6.3 ug-at/l) y fosfatos (0.9 ug-at/l), registrados en el canal, apoyan el hecho de que los procesos de mineralización no se llevan a cabo de manera importante como ocurrió en la cuenca la gunar; sin embargo, nitritos y nitratos (0.7 ug-at/l y 4.3 ug-at/l, respectivamente), procedentes del canal y escurrientías fueron los más altos.

Con respecto a la Percepción Remota, el hecho de realizar una revisión bibliográfica para encontrar alguna metodología que pudiera utilizarse para la evaluación de la M.O.P., se debió principalmente a que no existieron imágenes para el ciclo en que se realizó el presente estudio, las cuáles permitieran desarrollar un estudio práctico. A partir de esta información se sugieren algunas alternativas para la evaluación de la M.O.P.

Tomando en cuenta que los procesos de transferencia que gobiernan la propagación de fotones en aguas naturales, dependen de la distribución espacial y temporal de los centros de absorción y dispersión ya sean orgánicos e inorgánicos, suspendidos y/o disueltos que se encuentran en esas aguas (M.O.P., materia orgánica disuelta, zooplancton, fitoplancton y minerales suspendidos), se pueden encontrar sus firmas espectrales y realizar su evaluación (Bukata, 1981).

La elección de las posibles metodologías para evaluar la M.O.P., se basó en el hecho de no existir una que evalúe directamente ésta, además de la factibilidad de su desarrollo, desde el punto de vista en la economía del equipo.

Las alternativas a considerar son las siguientes:

- a) Evaluación indirecta a través de la materia particulada suspendida (M.P.S.) (Clark, et al., 1980).
- b) Evaluación indirecta a través de registros de sólidos suspendidos (S.S.) (Klemas, 1974 y 1977).
- c) Desarrollo de un modelo óptico para la evaluación directa de la M.O.P.

(Bukata, 1981a y b).

d) Desarrollo de modelos estadísticos similares a aquellos elaborados por Carpenter, 1982; Khorram, 1985a y b y Ruíz-Azuara, 1985.

La materia particulada suspendida (M.P.S.) y los sólidos suspendidos (S.S.), hacen referencia a lo mismo y están constituidos por tres fracciones importantes: material orgánico (M.I.), material orgánico vivo (M.O.V.) y los detritus. Dado que la M.O.P. está constituida por M.O.V. y detritus, es posible evaluar a ésta conociendo su porcentaje en relación a la concentración total de M.P.S. o S.S. en el sistema de estudio.

a) Evaluación indirecta a través de la materia particulada suspendida.

Al respecto, Clark et al. (1979), propusieron la posible evaluación de la M.P.S. en agua de mar, mediante lecturas in situ de la luz incidente ( $E_w$ ) y luz reflejada ( $L_w$ ) en la columna de agua y luz incidente ( $E_a$ ) en la atmósfera, donde  $\lambda$  es la longitud de onda elegida y  $w$  y  $a$  significan agua y atmósfera respectivamente. Además de la evaluación in situ de la M.P.S., clorofila a y feopigmentos.

Las lecturas espectrales se realizaron por medio del espectrorradiómetro normal y sumergible con un barrido en el espectro visible (400 a 700 nm). Se graficó a escala logarítmica las lecturas de luz incidente y emitida contra los valores de M.P.S. de las dos localidades que registraron el valor máximo y mínimo, de lo cuál se obtuvo que los picos en la energía emitida suceden en la región azul.

Se encontró el factor de radianza  $RL$ , mediante la razón  $(L_w : E_w)$  (Judd, 1967) vide Clark (1979) y los algoritmos descritos por Gordon y Clark (vide Clark), que son  $R_1 = L_w 440 : L_w 550$ ;  $R_2 = L_w 440 : L_w 520$ ;  $R_3 = L_w 520 :$

$L_w$  550. Mediante la transformación logarítmica de estos algoritmos y del contenido de M.P.S. se realizó una regresión por medio de mínimos cuadrados entre los algoritmos y la concentración de M.P.S., obteniéndose que  $R_1$  y  $R_2$  tuvieron una correlación de  $r = -0.96$  y  $r = -0.97$ , respectivamente, con un error estándar ( $s_{x \cdot y}$ ), de 0.20 y 0.17 unidades logarítmicas, respectivamente. Esto representó una correlación muy estrecha entre  $R_1$  y el contenido de M.P.S. en el agua de mar.

Para apoyar más esta observación, realizó el mismo tratamiento entre  $R_1$  y las fracciones que constituyen la M.P.S.:  $C_o$  (materia orgánica oxidable),  $C_p$  (pigmentos fitoplanctónicos) y  $C_i$  (materia inorgánica). Al comparar estos resultados con la relación M.P.S. ( $C_t$ ) y  $R_1$ , encontró que la  $C_p$  representaba el mismo comportamiento que  $C_t$  ( $r = -0.98$ ), lo que significó que de la M.P.S., la  $C_p$  constituía una mayor proporción en orden decreciente; se obtuvo que  $C_o$  representó el coeficiente de correlación  $r = -0.97$  y  $C_i$  un  $r = -0.92$ .

Concluyó que aunque las correlaciones eran altas entre estas fracciones, existía mayor error estándar y que es mejor el tratamiento para la M.P.S. total y  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ , que el tratamiento de este producto y las fracciones que constituyen la M.P.S.

En el trabajo realizado por Clark se encontró una alta correlación entre los valores de la M.P.S. y fitoplancton, ya que este último es el constituyente más importante en las aguas oceánicas. En estudios en sistemas lagunares como el de Coyuca de Benítez, es posible encontrar una correlación alta entre los valores de M.P.S. y los detritos ya que representan la fracción orgánica restante de la M.P.S. ( $C_o$  en el trabajo de Clark).

Esta metodología descrita por Clark podría utilizarse conociendo el porcentaje de la M.O.P. con respecto a la M.P.S. y estableciendo una rela-

ción directa. Además, en México se tiene la tecnología necesaria para llevar a cabo el estudio, a excepción del espectrorradiómetro sumergible, al menos en la Universidad Nacional Autónoma de México; sin embargo, al espectrorradiómetro normal podría adaptarse un dispositivo de manera que se pudiera sumergir y obtener las lecturas necesarias.

b) Evaluación indirecta a través de los registros de los sólidos suspendidos.

La cantidad total del material suspendido (sólidos suspendidos), en aguas naturales, es también referido como seston (Wetzel, 1975). Está compuesto por material inorgánico (minerales suspendidos), material orgánico muerto (detritus) y organismos vivos (zooplancton y fitoplancton). Como se ha establecido anteriormente, la cantidad de seston presente es muy importante en las propiedades ópticas del agua especialmente cuando se considera la cantidad y calidad de energía radiante, la cuál es capaz de penetrar a diferentes estratos verticales del agua.

Debido a que la materia orgánica particulada representa un determinado porcentaje de los sólidos suspendidos, se puede calcular una relación para un cuerpo de agua en cuestión y así tener una aproximación del contenido de M.O.P. Hainheim et al. (1970), estimaron que la M.O.P. obtenida de los afluentes de estuarios representa entre 20 y 40% del total de los sólidos suspendidos, y que esta proporción aumenta a 50 y 80% en los efluentes.

En cuanto a las propiedades espectrales inherentes al cuerpo de agua, se tiene que la lectura total, la cuál es registrada en la cinta del satélite cuando se evalúan sólidos suspendidos, está con base en la siguiente relación (Klemas, 1974):

$$L = R H T + L_a$$

L= radianza

R= reflectividad del blanco

H= radianza que ilumina al blanco

T= transmisibilidad de la atmósfera

$L_a$  = vía de luminiscencia

La cinta se trabaja con una computadora compatible a ésta, la cuál pue de desplegar en la pantalla la imagen de la laguna en cuestión, así como los patrones de distribución de los sólidos suspendidos. Mediante el apoyo de valores de M.O.P. cuantificados en el campo, se puede realizar la corre lación con la Percepción Remota por medio de la relación anterior.

La utilidad de este método sería, en primer lugar, mostrar los patrones de distribución de los sólidos suspendidos y una aproximación a la rea lidad en cuanto a la concentración de la M.O.P.

La metodología utilizada para evaluar sólidos suspendidos es la que más se ha desarrollado en el mundo. En México, la Universidad Nacional Autónoma de México a través del laboratorio Interdisciplinario de la Facultad de Ciencias, ha desarrollado este tipo de metodologías desde 1977. Especialmente, en la laguna de Coyuca de Benítez en el ciclo 1981- 1982 se realizó una evaluación de éstos, obteniéndose algunas imágenes que mostraron patrones de distribución de concentraciones de sólidos suspendidos. En particular, una de las zonas que apareció en las imágenes (la cuál equivale a la zona noroccidental del presente estudio); mostró una gran concentración de sólidos suspendidos (Fig. 21); también en el presente estudio esta zona mostró una de las más altas concentraciones de M.O.P.

Una imagen con patrones de distribución de sólidos suspendidos puede utilizarse para la elección de zonas de muestreo, realizando in situ la eva



Fig. 21.- Zona noroccidental de la laguna de Coyuca de Benítez (ciclo 1981-1982) mostrando cinco diferentes clases de agua basadas en la reflectancia (a, b, c, d y e). (tomada de Ruíz-Azuara, 1983b). En dicho estudio se determinaron altas concentraciones de sólidos suspendidos. En el presente trabajo (ciclo 1983-1984), en esta misma zona, se obtuvo la segunda concentración más alta de M.O.P. (19.5 mg/l), lo cuál pone de relevancia la utilidad de la técnica de evaluación de sólidos suspendidos para la determinación indirecta de la M.O.P.

luación de sólidos suspendidos y cada una de las fracciones que los componen, para obtener un comportamiento espectral más preciso de cada una de éstas.

c) Desarrollo de un modelo óptico para la evaluación directa de la M.O.P.

Este método consiste en efectuar mediciones espectrales in situ de la reflectancia difusa  $R$ , coeficiente de atenuación total  $c$  y coeficiente de atenuación de la radiación  $K$  a profundidades ópticas ( $\tau$ ) y longitud de onda deseada ( $\lambda$ ).

Con estas propiedades ópticas se pueden inferir otras inherentes como: coeficiente de absorción,  $a$ ; coeficiente de dispersión,  $b$ ; albedo de dispersión,  $w_0$ ; probabilidad de dispersión hacia adelante,  $F$ ; probabilidad de dispersión hacia atrás,  $Bb$  para masas de agua (Jerlov, 1970 y Morrison, 1970). Estos últimos deben ser descompuestos en sus componentes de sección transversal (propiedad óptica por unidad de componente -que más tarde se especificará-), antes de que las mediciones in situ puedan interpretarse directamente, a saber: M.O.P., concentración de clorofila  $a$ , concentración de clorofila  $a$  más feofitinas y C.O.P.

La relación que se hace con los parámetros hidrobiológicos es la siguiente:

$$\frac{\text{CONV}}{78} = \frac{\text{valor medido de M.O.P.} - \text{clor. a}}{78} \times \frac{\text{C.O.P.}}{\text{clor. a más feofitinas} \times 24}$$

CONV= componente orgánico no vivo

M.O.P.= materia orgánica particulada

C.O.P.= carbono orgánico particulado

clor.a= concentración de clorofila a

clor.a más feofitinas= concentración de clorofila a más feofitinas

Las unidades de esta ecuación han sido normalizadas en el entendimiento de que el componente orgánico en promedio está siendo representado por la fórmula  $C_2H_6O_3$  (por lo que el peso molecular es igual a 78). En esta ecuación se desprecia el aporte de zooplancton a la conformación de la materia orgánica.

En la columna de agua, el coeficiente de absorción ( $a$ ), el de dispersión hacia atrás ( $Bb$ ) y el de dispersión ( $b$ ) a una longitud de onda deseada ( $\lambda$ ), están dados por:

$$a(\lambda) = a_w(\lambda) + xa_{clor.}(\lambda) + ya_{ms}(\lambda) + za_{CONV}(\lambda) + ua_{od}(\lambda)$$

$$b(\lambda) = b_w(\lambda) + xb_{clor.}(\lambda) + yb_{ms}(\lambda) + zb_{CONV}(\lambda)$$

$$Bb(\lambda) = Bb_w(\lambda) + Bb_{clor.}(\lambda) + yBb_{ms}(\lambda) + zBb_{CONV}(\lambda)$$

w= agua pura

clor.= clorofila

ms= minerales suspendidos

CONV= componente orgánico no vivo

od= componente orgánico disuelto

x= concentración de clorofila más feofitinas

y= concentración de minerales suspendidos

z= material orgánico no vivo

u= material orgánico disuelto

y los componentes de  $a$  ( $a_{clor.}$ ,  $a_{ms}$ ,  $a_{CONV}$ ,  $a_{od}$ ),  $b$  ( $b_{clor.}$ ,  $b_{ms}$ ,  $b_{CONV}$ ) y  $Bb$  ( $Bb_{clor.}$ ,  $Bb_{ms}$ ,  $Bb_{CONV}$ ), son las secciones transversales de absorción, dispersión y dispersión hacia atrás.

Los aparatos que se utilizaron para las mediciones espectrales in situ

son: Quanta Q.C.M. 2 500 (espectrómetro de barrido) para la determinación de R y K; transitómetro multibanda (Martek), para la determinación de los valores de c.

Se utilizan los rangos espectrales de 410 a 670 nm debido a que son las bandas que corresponden al CZCS (Coastal Zonal Color Scanner), del Nimbus 7, el cuál puede realizar este tipo de estudios a corto plazo. El desarrollo de modelos como el de Bukata puede representar una buena opción para la evaluación de la M.O.P.

En los estudios que se lleguen a realizar en lagunas como la de Coyuca, se debe hacer hincapié en la utilización de la fracción de zooplancton para completar aquellas que podrían implicar modificaciones del comportamiento óptico, ya que su distribución y abundancia es tan variable e importante como la de la población fitoplanctónica. Además, la ecuación que representa a la materia orgánica promedio  $C_2H_6O_3$  deberá cambiarse por  $(CH_2O)_{106}(NH_3)_{16}H_3PO_4$ , ya que esta ecuación representa teóricamente, el principal aporte de energía a los sistemas acuáticos. La realización de esta metodología no implica algún problema debido a que en México se tiene el instrumental requerido para llevarla a cabo.

#### d) Desarrollo de modelos estadísticos.

Por último, la realización de modelos estadísticos representa otra opción para la evaluación de la M.O.P. Diversos estudios han puesto de relevancia la funcionalidad de dichos modelos en diferentes regiones (Carpenter, et al., 1983; Khorram, 1985a y b y Rufz-Azuara, 1985).

Las lecturas de reflectancia  $R_\lambda$  (donde  $\lambda = 1, 2, 3, 4$ ) se efectúan en las cuatro bandas para áreas poligonales pequeñas alrededor de las estacio

nes de muestreo. Los valores promedio de éstos "campos de entrenamiento" son considerados como la reflectancia característica de las estaciones de muestreo (Ruíz-Azuara, 1985). Los modelos estadísticos se obtienen por regresión lineal múltiple, donde los parámetros hidrobiológicos, en este caso la M.O.P., representan el parámetro dependiente y la reflectancia la in dependiente.

Ruíz-Azuara (1985), desarrolló modelos estadísticos en esta misma laguna para salinidad, transparencia, sólidos suspendidos, concentración de clorofila a y productividad primaria neta, siendo la primera ocasión que se considera la productividad primaria neta en este tipo de estudios. Los valores de correlación fueron altos ( $r^2 = 0.99999$  para productividad primaria neta;  $0.99989$  para salinidad;  $0.99988$  para transparencia y  $0.99966$  para sólidos suspendidos). Por último concluyó que se podían obtener mejores resultados con la utilización de las imágenes multispectrales aéreas debido a su mayor resolución para zonas más pequeñas, en el caso de este estudio.

Como se mencionó anteriormente, en este estudio no se obtuvieron imágenes de satélite o de avión por lo que no se pudo desarrollar y corroborar esta metodología para la evaluación de la M.O.P. Sin embargo, esta metodología representa una de las formas más simples de correlacionar parámetros hidrobiológicos, como la M.O.P., con imágenes de satélite.

## 8.- CONCLUSIONES

I) Los parámetros temperatura (30.4°C), salinidad (3.2 ‰), transparencia (0.50 m) y pH (6.9) presentaron comportamientos muy similares a aquellos observados en estudios previos en esta misma laguna, por lo que parece ser que el ambiente físico no se ha modificado drásticamente desde hace aproximadamente 10 años.

II) Las altas concentraciones de oxígeno disuelto (7.9 mg/l) que se han mantenido desde hace 10 años sugieren la escasa o nula modificación tanto natural como antropogénica.

III) La laguna de Coyuca es un sistema oligohalino permanente, cuyas concentraciones de nutrimentos son semejantes a otros cuerpos costeros tropicales, con mayor dominancia del amonio y alta disponibilidad de ortofosfatos.

IV) La concentración de M.O.P. promedio anual de 16.0 mg/l hace de la laguna de Coyuca un sistema de producción moderada, alcanzándose las máximas durante la temporada de secas (primavera-invierno, 19.3 mg/l) y los mínimos durante la de lluvias (verano-otoño, 14.7 mg/l).

V) Se encontró cierta relación entre el contenido de la M.O.P. y las características biótico-abióticas asociadas al ambiente, mostrando una regionalización:

a) zona noroccidental.- vegetación de manglar, zona de marisma y presencia de una isla habitada, con 19.5 mg/l de M.O.P. y 1.5 mg/l de C.O.P., ésta

última mostró un 7.7% de C.O.P. con respecto a M.O.P.

b) zona nororiental.- vegetación de palmar con algunos parches de vegetación de manglar, presencia de dos ríos intermitentes y dos caseríos en la parte litoral con 17.5 mg/l de M.O.P. y 1.5 mg/l de C.O.P. lo cuál señala que el 8.6% de la M.O.P. lo representa el C.O.P.

c) zona central.- principalmente aporte fitoplanctónico, con 15.3 mg/l de M.O.P. y 1.8 mg/l de C.O.P. el cuál representó el 11.8% de la M.O.P.

d) zona suroriental.- con manchones de vegetación de manglar y de palmar principalmente, además de estar frente a Pie de la Cuesta y una base aérea militar, lo cuál introduce aportes orgánicos por vertidos humanos, con 19.7 mg/l de M.O.P. y 1.4 mg/l de C.O.P. el que representó 7.1% de M.O.P. Esta relación fué la más baja.

e) zona del canal.- con parches de vegetación de palmar, huizachal, manglar, tular y fitoplancton, con 10.5 mg/l de M.O.P. y 1.3 mg/l de C.O.P., donde éste último representó el 12.4% del C.O.P.

VI) Con base en el análisis de M.O.P. y C.O.P. y las correlaciones obtenidas, se puede suponer que los valores de C.O.P. pueden estar sujetos a errores técnicos con respecto a los niveles de oxidación del material orgánico, sin dejar de considerar que posiblemente la M.O.P. estuviese constituida en su mayoría por cierto tipo de compuestos que se pueden englobar dentro del término "detritus refractarios"; la correlación entre M.O.P. y C.O.P. fué de  $r = 0.5$ . Lo anterior se debe a que el 8.8% de la M.O.P. estuvo representada por C.O.P. Las correlaciones M.O.P./clorofila a ( $r = 0.71$ ) y M.O.P./productividad primaria neta ( $r = 0.69$ ) señalan que el material planc

tónico puede ser el principal componente de ésta.

VII) La semejanza de todas las variables (temperatura, oxígeno disuelto, nutrimentos, M.O.P. y C.O.P.) en el metro muestreado, apoyan el empleo de la Percepción Remota para la evaluación de alguno de estos parámetros hidrobiológicos.

VIII) Con respecto a la Percepción Remota, la revisión bibliográfica consi  
deró posibles cuatro metodologías que pueden ser utilizadas para la evalua  
ción de la M.O.P.:

- a) evaluación indirecta a través del material particulado suspendido.
- b) evaluación indirecta a través de los sólidos suspendidos.
- c) realización de modelos ópticos de parámetros hidrobiológicos.
- d) realización de modelos estadísticos.

IX) Los siguientes puntos son recomendaciones retomadas de las conclusiones del Seminario de Percepción Remota en México (1983) para el mejor aprovechamiento de la Percepción Remota:

- a) La conformación de grupos interdisciplinarios, debido al manejo y conocimiento de aspectos físicos y matemáticos, además del conocimiento bioló  
gico del fenómeno a estudiar.
- b) el alto costo de las imágenes, necesarias para el desarrollo de estas metodologías debe motivar a un uso multidisciplinario de ellas. Esto puede resolverse si la mayoría de las dependencias interesadas en la realización de estas metodologías, trabajasen en una zona común y a un mismo tiempo.

## 9.- BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, G. R. 1986. Propiedades ópticas del agua de la laguna de Coyuca, Gro. y su relación con los parámetros hidrobiológicos. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México.
- Abiodun, A. A. 1976. Satellite survey of particulate distribution patterns in lake Kainji. Remote Sensing of Environment. 5:109-123.
- Bukata, R. P., J.E. Bruton, J.H. Jerome, S.C. Jain y H.H. Zuick. 1981a. Optical water quality model of lake Ontario I: determination of the optical cross-sections of organic and inorganic particulates in lake Ontario. Applied Optics. 20 (9): 1696-1703.
- Bukata, R. P., J.H. Jerome, J.E. Bruton, S.C. Jain y H.H. Zuick. 1981b. Optical water quality model of lake Ontario II: determination of chlorophyll a and suspended mineral concentrations of natural waters from sumersible and low altitude optical senses. Applied Optics. 20 (9): 1704-1714.
- Burton, J.D. y P.S. Liss. 1976. Estuarine chemistry. Academic Press, London. 229 p.
- Bowden, K.F. 1967. Circulation and diffusion. Estuaries. G.H. Lauff Ed. Publ. No. 83. Am. Ass. Advan. Sci. Washington, D.C. 383-388.
- Carbajal, R. y Escobar. 1983. Evaluación de la productividad primaria por la evolución del oxígeno a través del ciclo nictimeral en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero. Curso de Biología de Campo. Facultad de Ciencias Univ. Nal. Auton. México.
- Carpenter, D.J. y S.M. Carpenter. 1983. Modeling inland water quality using LANDSAT data. Remote Sensing of Environment. 13: 345-352.
- Clark, D.K., E.T. Baker, A.E. Strong. 1980. Upwelled spectral radiance distribution in relation to particulated matter in seawater. Boundary-Layer Meteorology. 18: 287-298.
- Colwell, R.R. 1976. Microbial recycling of naturally occurring refractory material. The aquatic environment microbial transformations and water management implications. 171-184.
- Darnell, R.M. 1967a. The organic detritus problem. Estuaries. G.H. Lauff Ed. Publ. No. 83. Am. Ass. Avan. Sci. Washington, D.C. 374-375.
- Darnell, R.M. 1967b. Organic detritus in relation to the estuarine ecosystem. Estuaries. G.H. Lauff Ed. Publ. No. 83. Am. Ass. Avan. Sci. Washington, D.C. 376-382.

- De la Lanza, E.G. 1981. Importancia de la materia orgánica en los sedimentos de la laguna de Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. Tesis Doctoral (Doctor en Ciencias del Mar). Univ. Nal. Autón. México.
- De la Lanza, E.G. 1985. Química de la fase sedimentaria en las lagunas costeras. I reunión Alejandro Villalobos, 1983. Publicaciones Especiales del Instituto de Biología. Univ. Nal. Autón. de México. ( en prensa).
- Díez, P.J.A. y F.J. Simo. 1976. Empleo de imágenes de satélite en estudios relacionados con hidrología. Comité Nacional Mexicano para el Decenio Hidrológico Internacional. Memorias 1972-1974. 33-55.
- Emery, K.O. y R.E. Stevenson. 1958. Estuaries and lagoons. I Physical and chemical characteristics. In: J.W. Hedgpeth (Ed.). Treatise on marine ecology and paleoecology. vol. 1 Ecology. Geol. Soc. Amer. Mem. 67: 673-693.
- Finenko, Z.Z. y V.E. Zaika. 1970. Particulate organic matter and its role in the productivity of the sea. In: J.H. Steele (Ed.) Marine Food chains, Oliver and Boyd. 32-44.
- Finley, R.J. y R.W. Baumgardner Jr. 1980. Interpretation of surface-water circulation, Aransas Pass, Texas, using LANDSAT imagery. Remote Sensing of Environment. 3-22.
- García, de M.E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ª ed. Instituto de Geografía, Univ. Nal. Autón. México.
- Gómez, A.S. 1981. Comunidades planctónicas representativas de estuarios y lagunas costeras del noroeste de México (105°-110°W y 22°-27°N) en los años de 1968 a 1973. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México. 202 p.
- González, F.F. 1985. Importancia ecológica de la materia orgánica y su biodegradación en el Estero Verde, Sinaloa, México. Tesis Doctoral (Doctor en Ciencias del Mar). Univ. Nal. Autón. México.
- Guzmán, A.M. y J.L.R. 1976. Ecología de lagunas costeras (Coyuca de Benítez). Curso de Biología de Campo. Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México.
- Hayakawa, S. y Takeshi D. 1983. Kubelka-Munk analysis applied to multi-platform remote sensing of chlorophyll pigments. Presented at the seventeenth International Symposium of Remote Sensing of Environment, Ann Harbor, Michigan. 1: 425-434.
- Hedgpeth, T.W. 1957. Estuaries and lagoons. II Biological aspects. J.W. Hedgpeth (Ed.). Treatise on marine ecology and paleoecology. Geol. Soc. Amer. Mem. 67, 1: 693-729.
- Holyer, R.J. 1978. Toward universal multispectral suspended sediments algorithms. Remote Sensing of Environment. 7: 323-338.
- Hood, D.W. y T.C. Loder. 1976. Microbial conversion of the dissolved organic

carbon compounds in seawater. The aquatic environment microbial transformations and water management implications. 211-234.

Jørgensen, E.G. 1953. *Physiol. Plantarum* 6: 301-315.

Khorram, S. 1985a. Development of water quality models applicable throughout the entire San Francisco Bay and delta. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 51 (1): 53-62.

Khorram, S. y H.M. Cheshire. 1985b. Remote sensing of water quality in the Neuse river estuarie, North Caroline. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 51 (3): 329-341.

Klemas, B., J.F. Borchardt y W.N. Treasure. 1973. Suspended sediments observations from ERTS-1. Remote Sensing of Environment. 2: 205-221.

Klemas, B. y D.F. Police. 1977. A study of density fronts and their effects on coastal pollutants. Remote Sensing of Environment. 6: 95-126.

Klemas, B., D.S. Bartlett y W.D. Philpot. 1980. Remote sensing of marine fisheries resource. Advanced concepts in ocean measurements for marine biology (F.P. Diemer, F.S. Vernberg y D.Z. Milkes, Eds.). Univ. of South California Press. Columbia.

Klimek, R. 1978. The hydrochemistry and productivity of three coastal tropical lagoons in the south of Mexico. Tesis Doctoral.

Krey, J. 1967. Detritus in the ocean and adjacent sea. Estuaries. G.H. Lauff Ed. Publ. No. 83. Am. Ass. Avan. Sci. Washington, D.C. 389-384.

Kritikos, H., L. Yorinks y H. Smith. 1974. Suspended solids analysis using ERTS-A data. Remote Sensing of Environment. 3: 69-78.

Kubeika, P. y F. Munk. 1931. Ein beitrags sur optik der fabanstriche. Z. Tech. Phys. 12. 593 p.

Kuznetsov, S.I. 1970. The microflora of lakes and its geochemical activity. Univ. of Texas. Press. Austin and London. 503 p.

Lackey, J.B. 1967. The microbiota of estuaries and their roles. Estuaries. G.H. Lauff. Ed. Publ. No.83. Am. Ass. Avan. Sci. Washington, D.C. 291-302.

Lankford, R.R. 1976. Coastal lagoons of Mexico. Their origin and clasification. International estuarine research conf. Galveston, 1975. Ed. Martin Wiley. Acad. Press. New York.

Lemus, H.L., J. Rodríguez y P. Ruíz-Azuara. 1980. The infrared photography and the limnological estudy of the Brockman dam. Proceedings of the fourteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment. 1611-1618.

Leynaud, G. 1979. Modificaciones del medio acuático por influencia de la polución. La contaminación de las aguas continentales. Ed. Mund. Prensa. Madrid, España. 1-25.

- Mandelli, E.F. y A. Vázquez-Botello. 1970. Informe final de la tercera etapa de estudio sobre uso de la zona costera en los estados de Michoacán y Guerrero. Subprograma de Hidrología. U.N.A.M.-Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Reporte no publicado.
- Manheim, F.T., R.H. Meade y G.C. Bond. 1970. Suspended matter in surface waters of the Atlantic coastal margin from Cape Cod to the Florida Keys. Science. N.Y. 167: 361-376.
- Mee, L.D. 1977. The chemistry and hidrography of some tropical coastal lagoons, Pacific coast of Mexico. Tesis Doctoral. Univ. of Liverpool. 169 p.
- Monreal, P.A. en elaboración. Evaluación de la concentración de clorofila a fi topalctónica en la laguna de Coyuca de Benítez, Gro. durante el ciclo es tacional verano 83-verano 84 y su relación con técnicas de Percepción Remota. Tesis Profesional. Univ. Nal. Autón. México.
- Morel, A. y L. Prieur. 1977. Analysis of variations in ocean color. Limnology and Oceanography. 22 (4): 709-722.
- Morrison, R.E. 1970. Experimental studies on the optical properties of seawater. Journal of Geophysical Research. 75 (3): 612-628.
- Munday, J.C. Jr. y T.T. Alfbldi. 1979. LANDSAT test of diffuse reflectance models for acuatic suspended solids measurement. Remote Sensing of Environment. 8: 169-183.
- Nonotza. 1983. Satélites. I.B.M. año VIII. 3<sup>er</sup> trimestre. 32 p.
- Odum, P.E. y A. de la Cruz. 1967. Particulate organic detritus in a Georgia salt march-estuarine ecosystem. Estuaries. G.H. Lauff Ed. Publ. No. 83. Am. Ass. Avan. Sci. Washington, D.C. 383-388.
- Okuda, T., A.J. García y J. Benítez. 1965. Variación estacional de los elementos nutritivos en el agua de la laguna y el río Unare. Separata del Vol. Inst. Oceanog. Univ. Oriente. 4 (1): 123-135.
- Okuda, T., B.R. Gamboa y A.J. García. 1969a. Variations of hidrographic conditions in the Cariaco trench. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 8 (1,2): 21-27.
- Okuda, T., J.Benítez y E Fernández. 1969b. Vertical distribution of inorganic and organic nitrogen in the Cariaco trench. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 8 (1,2): 28-34.
- Phleger, F.B. 1969. Some general features of coastal lagoons. Lagunas Costeras un Simposio. Mem. Sim. Intern. Lagunas Costeras. U.N.A.M.-U.N.E.S.C.O. México. 5-26.
- Pérez, Z.A. 1986. Productividad primaria fitoplanctónica de la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, en el período de verano 1983-1984, y su posible de- tección por Percepción Remota. Tesis Profesional. U.N.A.M.

- Pesson, P. 1979. La contaminación de las aguas continentales. Ed. Mund. Prensa. Madrid, España. 327 p.
- Pritchard, D.W. 1967. What is an estuarie?: Physical view point. Estuaries. G. H. Lauff. Ed. Publ. No. 83. Am. Ass. Avan. Sci. Washington, D.C. 3-5.
- Rhyther, J.H. y D.W. Menzel. 1965. Deep Sea Res. 12 (2).
- Ruíz-Azuara, P. y L. Lemus. 1977. A study of suspended solids in the Requena dam by Remote Sensing. Proceedings of the eleventh International Symposium on Remote Sensing of Environment. 495-504.
- Ruíz-Azuara, P. y L. Lemus. 1978. Espectral characteristics in UV-V-IR of materials in the Requena and La Esperanza dams and their detection by Remote Sensing. Twelve International Symposium on Remote Sensing of Environment. Ann Harbor, Michigan. 1937-1946.
- Ruíz-Azuara, P., G. De la Lanza y F. vega. 1983a. Hidrología de cuerpos de agua y Percepción Remota. Memorias del Seminario sobre la Percepción Remota en México. Lab. Interdisciplinario, Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. Méxi co. 167-181.
- Ruíz-Azuara, P., A.M. Pérez y M.P. Segarra. 1983b. Limnological study of the coastal lagoon "Coyuca de Benítez, Gro." during an anual cycle (summer 1981-spring 1982). Presented in the seventh International Symposium on Remote Sensing of Environment. Ann Harbor, Michigan. 423-432.
- Ruíz-Azuara, P., A.M. Pérez y M.P. Segarra. 1983c. Daedalus Scanner Applications. Worl Wide 1983 Compendium. Coastal lagoons study in Mexico. 21.
- Ruíz-Azuara, P. 1985. Detecting hidrobiological parameters with LANDSAT-3: summer 1981 data. Presented at the nineteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment. Ann Harbor, Michigan. To be published. 10 p.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1984. Informe meteorológico de la estación "Coyuca de Benítez", Gro. (1981-1984).
- Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 1978. Dirección General de Ecología Urbana. Ecoplan del estado de Guerrero, México.
- Sharp, J.H. 1975. Gross analysis of organic matter in seawater: why, how and from where?. Marine Chemistry in the Coastal Environment. 682-695.
- Strickland, J.D.H. 1966. Measuring the production of marine fitoplancton. Published by the Fisheries Research Board of Canada under the control of the honourable the minister of fisheries. Bol. No. 122.
- Strickland, J.D.H. y T.R. Parsons. 1977. Practical handbook of seawater analysis. Journal of fish. Res. Board of Canada.
- Sugahara, Y. y H. Seijiro. 1982. The measurement of particle and clorophyll concentration in water using the multiscattering model. Presented at the sixteenth International Symmosium on Remote Sensing of Environment. Bue-

nos Aires, Argentina. 1-8.

Suschenya, L.M. y S.S. Finenko. 1966. Okeanologiya. 6 (5).

Wetzel, R.G. 1975. Limnology. W.B. Saunders Co. Philadelphia. 489-560.

Wetzel, R.G. y G.E. Likens. 1979. Limnological analysis. W.B. Saunders Co. Philadelphia.

Wezernak, C.T., F.J. Tanis y C.A. Bajza. 1976. Trophic state analysis of inland lakes. Remote Sensing of Environment. 5: 147-165.

Yáñez-Arancibia, A. 1977. Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Uni. Nal. Autón. México. Publ. Esp. 2: 1-306.