

29
110



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**CARACTERIZACION HIDROLOGICA PARA EVALUAR
LA CALIDAD DE LA LAGUNA DE COYUCA DE
BENITEZ, GUERRERO, DURANTE EL CICLO
ANUAL OTOÑO DE 1983 - VERANO 1984
Y LA APLICACION DE TECNICAS
DE 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 :

FRANCISCO JAVIER BERNARDO LOPEZ ANDRADE



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.

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
I. RESUMEN	
II. INTRODUCCION.	1
III. OBJETIVOS.	8
IV. ANTECEDENTES.	9
V. AREA DE ESTUDIO.	17
VI. METODOLOGIA.	23
VII. RESULTADOS.	27
VIII. DISCUSION.	41
IX. APLICACIONES DE PERCEPCION REMOTA A ESTUDIOS DE CALIDAD DE AGUA.	54
X. CONCLUSIONES.	66
XI. BIBLIOGRAFIA.	69

I. RESUMEN.

Se efectuó un estudio de la calidad del agua de la Laguna de Coyuca - de Benítez, Guerrero, durante un ciclo anual (otoño 1983 - verano 1984), como parte integral de la investigación hidrobiológica y su aplicación con la -- Percepción Remota, realizada en el Laboratorio Interdisciplinario de la Facultad de Ciencias y el Instituto de Biología de la U.N.A.M.

Este trabajo tiene como objetivos el conocer, cuales son las condiciones hidrológicas que presenta la laguna y los aportes orgánicos naturales y/o provocadas por actividades humanas, que repercuten tanto en la calidad del agua como en las especies biológicas. Además se discute el empleo de la Percepción Remota como una técnica simultánea de la evaluación de estas condiciones. La condición hidrológica fue la siguiente :

La temperatura del agua y la salinidad, presentaron una variación anual entre 33° a 25° y de $5^{\circ}/\text{oo}$ a $1^{\circ}/\text{oo}$ respectivamente, lo cual caracteriza a la laguna como de tipo trópic y oligohalina. La transparencia mostró los valores más altos en época de lluvias (26.2 cm) y los menores en época de -- secas (7.52 cm). El pH osciló entre 6 y 8; el oxígeno disuelto de 12.9 a -- 4.1 mg/l. Los nutrientes, como el NH_4 de 16.6 a 5.7 ug-at/l, los NO_3 de -- 7.7 a 1.8; los NO_2 de 2.38 a 0.08 y los PO_4 de 7.7 a 0.04 ug-at/l. Los va-- lores de la D.B.O. oscilaron entre 14.89 y 3.33 mg O_2/l y de D.Q.O. de -- 21.32 a 4.06 mg O_2/l , inferiores a lo registrado en otros ambientes. Estas condiciones son ecológicamente aceptables y no denotaron aún la influencia -- de actividades antropogénicas. En base a la revisión bibliográfica de la --

aplicación de técnicas de Percepción Remota a estudios de calidad del agua, se encontró que es útil en la detección de sólidos suspendidos, turbidez y -- pigmentos, que son parámetros correlacionables directamente con variables -- hidrológicas; además de la implementación de modelos de regresión lineal -- múltiple que permiten predecir estos factores. De acuerdo a ésto, la calidad de agua referida como características hidrológicas en la Laguna de Co-- yuca, pueden ser evaluadas simultáneamente con las técnicas de Percepción -- Remota, donde la D.B.O. y D.Q.O. pueden ser estimadas como una variante química indirecta de la materia orgánica (sólidos suspendidos y pigmentos), -- además de considerarse mediciones radiométricas in situ de la reflectancia -- del agua de la laguna. Con esto se puede obtener en que proporción la -- materia orgánica afecta en la respuesta espectral, dentro de la concentración de sólidos suspendidos, detectados por el barredor multiespectral Landsat.

II. INTRODUCCION.

La zona costera de México, constituye unos 10,000 km., bordeando al océano Pacífico y Atlántico (Lankford, 1976). Este mismo autor señala que esta zona costera debe su magnitud a la presencia de 125 lagunas costeras, - que las agrupa en siete regiones según sus características climáticas y geológicas, lo que le da al país una característica litoral muy particular y excepcional.

El conocimiento de las lagunas costeras en el país, adquiere cada vez - más importancia por los recursos pesqueros que representa, ya que se encuentran entre los ecosistemas más productivos del mundo. Los datos de -- Mc Hugh, (1976) (vide Arenas, 1979) señalan que cerca del 70% de la pesca mundial se basa en organismos estuarino dependientes. Esta importancia biológica es debida a su tasa sostenida de productividad, que es considerada como una de las más altas del mundo (Odum, 1971). Por tal motivo el estudio de la calidad ambiental en estos sistemas, es actualmente de gran importancia, debido al crecimiento de la población que aumenta los asentamientos urbanos, industriales, turísticos y a un mal manejo por desconocimiento y sobre-pesca, que modifican las condiciones bióticas y abióticas naturales.

Según Phleger (1969), define a las lagunas costeras, como un resaca-- miento de una masa de agua por una barrera arenosa, en un sustrato cuya pendiente hacia el mar es suave, en un plano rectangular elongado relativamente estrecho, cuyo eje mayor es paralelo a la costa, además de que puede

tener una comunicación permanente o efímera con el mar (Lankford, 1976). En estos sistemas dada la interacción de el ambiente marino y terrestre, los hace ambientes complejos, inestables y muy diversos en sus características -- bióticas y abióticas. Los investigadores que han estudiado estos cuerpos de agua, ya sea desde el punto de vista biológico, geológico, hidrográfico o -- energético, coinciden en considerar a las lagunas costeras como un ambiente ecológico complejo; donde parece poco apropiado hacer predicciones o pronósticos biológicos a largo plazo (Yáñez, 1975).

La alta productividad en estos sistemas, depende en mayor parte de la producción primaria de la vegetación vascular circundante y macroalgas y en un menor grado por fitoplancton (Arenas, 1979). Debido al aporte energético de la vegetación circundante así como el aporte de ríos y escorrentías -- con diversos materiales orgánicos, gran parte de las cadenas alimentarias se sustentan en el detrito, por lo que estos representan el potencial más alto de energía disponible (Klimek, 1978). Estos detritos, que son materia orgánica en diferente grado de descomposición (Darnell, 1967), junto con la determinación de parámetros hidrológicos (temperatura del agua, salinidad, transparencia, pH, oxígeno disuelto y nutrientes), darán parte de la información sobre las condiciones de calidad de agua que presenta el sistema.

Según De la Lanza (1986), en México, los estudios de calidad ambiental, en estos sistemas, han sido relacionados directamente o indirectamente -- con la producción de sus recursos, tomando como base un marco metodológico no muy propio y en muchas ocasiones escasamente comparable y buena --

parte de las investigaciones que se han realizado sobre lagunas costeras, -- abordan aspectos específicos aislados como producción primaria, hidrología, -- geología u otros.

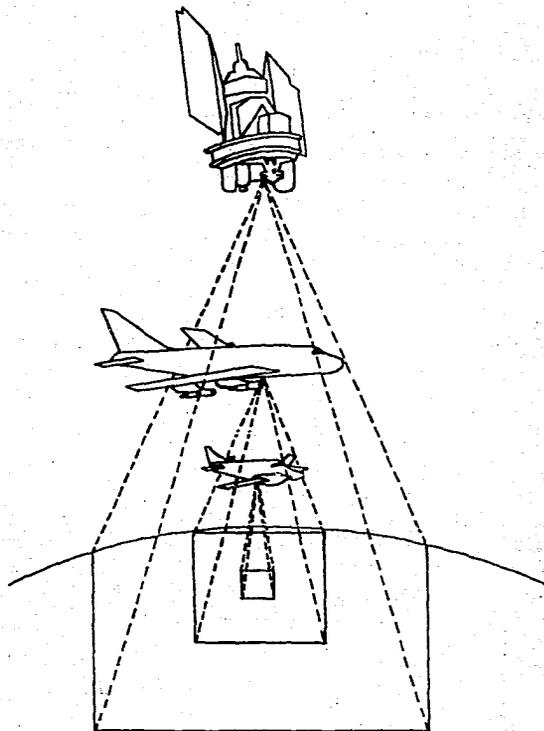
Debido a que son ambientes tan cambiantes, su estudio implica un co-- nocimiento más integral y progresivo, que abarquen aspectos biológicos, geo-- lógicos e hidrográficos, para determinar con mayor certeza las causas que -- provocan un mayor deterioro en la dinámica de estos sistemas y poder esta-- blecer soluciones o alternativas de manejo.

El uso de nuevas metodologías ayudará a tener un entendimiento más -- amplio e integrado de estos ambientes; entre estas se encuentra a la Percep-- ción Remota que ha sido utilizada con éxito por muchos investigadores en la detección de parámetros hidrobiológicos. Al respecto se pueden citar los si-- guientes trabajos :

Klemas et al. (1973, 1977 y 1980), Kritikos et al. (1974), Abiodun et al. (1976), Wezarnak et al. (1976), Rufz y Lemus (1977 y 1978), Holyer (1978), Munday et al. (1979), Finley et al. (1980), Lemus et al (1980), Rufz et al. (1983), Carpenter et al. (1983), Khorram et al. (1985), Rufz-Azuara (1985).

La base de la Percepción Remota estriba en captar la radiación elec-- tromagnética que reflejan los materiales desde la superficie terrestre, por -- medio de sensores ubicados en naves aéreas y satélites espaciales a través de la atmósfera y el espacio (Fig. 1).

La transmisión de la información es posible, debido a campos de influencia,



**FIG. I. SISTEMAS DE CAPTACION DE INFORMACION
DE LA SUPERFICIE TERRESTRE
POR PERCEPCION REMOTA.**

en los que la intensidad de energía decrece con el cuadrado de la distancia; estos campos de influencia son el gravitatorio, el magnético, el eléctrico y el electromagnético; la detección y manejo de estos campos, permite obtener información de cualquier material (Díez y García, 1976).

Todos los materiales en la naturaleza tienen una distribución única de la energía que reflejan, absorben, transmiten o emiten, teniendo diferentes características espectrales, también llamadas firmas espectrales. Estas firmas permiten distinguir y obtener información acerca de las propiedades físicas y químicas de los materiales de la superficie terrestre (Silva, 1980).

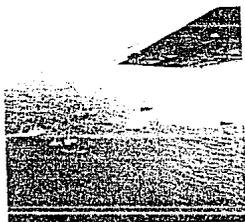
La radiación electromagnética se origina en el sol, las estrellas, en la tierra y en algunas fuentes artificiales y puede ser natural o inducida; la primera es la que produce los objetos por emisión debido a su energía; la radiación inducida es la proveniente de una fuente activa y consecuentemente debida a la reflexión sobre la superficie del objeto. El parámetro que permite determinar la radiación electromagnética, es el de la longitud de onda, que varía en forma continua de acuerdo a las características espectrales de los objetos. Así el sensor capta variables físicas de un objeto o zona determinada como la intensidad (brillantez) y energía reflejada (color en el visible); en este caso la función del sensor consiste únicamente en medir la variación espectral, espacial y temporal. La asignación de valores a la brillantez y a la energía reflejada, comparandolas con la tabla de valores del sistema de percepción, sería la digitalización de la imagen, así como también se puede obtener la información fotográficamente (Díez y García, 1976). En la

figura 2 se muestran fotografías e imágenes aéreas.

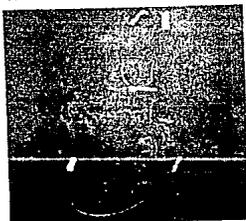
Para evaluar correctamente los datos, es necesario conocer los diferentes tipos de cobertura de la superficie terrestre y en particular los materiales que se hallan bajo estudio (verdad de tierra).

Los actuales métodos y sistemas de Percepción Remota, se han desarrollado ampliamente, como son el radar, radiómetros de infrarrojo, espectrorradiómetro, aparatos de barrido, cámara de toma de vista fija, entre otros. También se dispone de más y mejores películas, tanto en blanco y negro como en color.

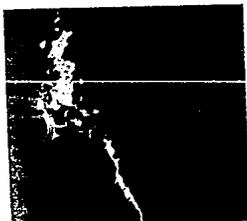
Las técnicas de sensores remotos, han sido utilizadas con éxito en diferentes campos de investigación, por mencionar algunos, en estudios de regiones forestales, geológicas, topográficas, en campos de cultivo, petrolíferos, oceanográficos e hidrobiológicos, entre los que se encuentran los estudios de calidad de agua en diferentes sistemas acuáticos. Los investigadores que han abordado los estudios de calidad de agua, lo han hecho en base a la detección de sólidos suspendidos, turbidez y pigmentos, encontrando altas correlaciones con los sensores remotos. Entre los estudios a este respecto que han traído grandes ventajas sobre el comportamiento en el espacio y en el tiempo de los cuerpos de agua, están las contribuciones de Carpenter et al. (1983) y Khorram et al. (1985), entre otros.



2b



2b



2b



2b



2a



2a

Fig. 2a. Fotografías en infrarrojo aéreas y una imagen aérea tomada por el barredor DS-1280 en el visible y carcano infra-rojo. (Tomado de Ruiz, et al. 1983)



2a

Fig. 2b. Imágenes aéreas de la extensión de un derrame de petróleo en el mar, utilizando diferentes bandas del barredor multiespectral (tomado de De Man, et al. 1983.)

III. O B J E T I V O S.

Evaluar la calidad ambiental a través de las características hidrológicas como, temperatura del agua, salinidad, transparencia, pH, oxígeno disuelto y nutrientes (NH_4 , NO_3 , NO_2 , PO_4) en la laguna de Coyuca de Benítez Guerrero, durante un ciclo anual otoño 1983 - verano 1984, muestreando a un nivel sub-superficial, 0.50 m y a 1 m de profundidad, así como la determinación de la D.B.O. y D.Q.O., que permitan estimar las cargas orgánicas en el sistema lagunar, de acuerdo a las fuentes naturales, así como los aportes por actividades humanas.

Hacer una revisión bibliográfica de las técnicas de Percepción Remota - (desde 1973 a 1985) y discutir su aplicación en la caracterización hidrológica para evaluar la calidad del agua de la laguna de Coyuca.

IV. ANTECEDENTES.

Los estudios realizados sobre lagunas costeras tropicales han sido aislados y se han enfocado a la determinación de parámetros hidrológicos y de productividad. La recopilación de estos estudios en las lagunas de Guerrero, junto con un cuadro más amplio de parámetros analizados se encuentra contenido en los trabajos realizados por Yáñez-Arancibia (1977).

Botello y Mandeli (1976), hicieron estudios hidrológicos, en las Lagunas de Chautengo, Nuxco, Mitla y Tecomate. Encontraron en estas, características de un ciclo estacional que comprende: barra cerrada; un periodo de alta precipitación que ocasiona el llenado de la laguna; abertura de la barra y -- descarga de la laguna hacia el mar; descarga del río a la laguna junto con -- un periodo de cambios de marea.

Guzmán et al. (1976), efectuaron en la Laguna de Coyuca de Benítez, -- un estudio hidrobiológico a través de un curso de docencia denominado "Biología de Campo", en él se determinó la productividad primaria, el zooplancton y el necton, así como la vegetación circundante, con el fin de entender la -- estructura ecológica de la laguna.

Mee (1977), efectuó un estudio sobre la química e hidrografía en un ciclo estacional de las lagunas Chautengo, Apozahualco y Mitla. La distribución superficial de parámetros hidrológicos, fué usada para ilustrar los procesos de eutroficación

Yáñez-Arancibia (1977), desarrolló una amplia caracterización de la fisiografía ambiental, el tipo de vegetación, biomasa fitoplanctónica, zooplankton, bentos y poblaciones de peces. Dados los rasgos geológicos y climáticos ha agrupado a las lagunas de Guerrero, en un sistema lagunar.

Klimek (1978), realizó un estudio de la hidroquímica y productividad de tres lagunas costeras tropicales, Chautengo, Nuxco y Coyuca, en el estado de Guerrero, haciendo una revisión comprensiva, de los procesos que controlan la dinámica ecológica de estos ecosistemas.

Los trabajos de la Residencia general de protección y ordenación ecológica, en el Estado de Guerrero, (S.A.R.H. Informes 1980-1982), desarrollan un monitoreo de parámetros hidrológicos, en las lagunas de Coyuca y Mitla, para evaluar la calidad del agua.

Carbajal et al. (1983), realizaron por medio de un curso de docencia (Biología de Campo), un estudio hidrobiológico en la laguna de Coyuca, con especial enfoque en la productividad primaria.

En cuanto a los estudios de Percepción Remota por medio de imágenes aéreas y espaciales, se han enfocado primeramente a la detección de parámetros hidrobiológicos, como sólidos suspendidos, turbidez y clorofila principalmente, encontrándose una amplia correlación con los datos de sensores remotos. Además se han desarrollado modelos que pueden predecir condiciones de calidad de agua, obteniéndose buenos resultados y mejorando la aplicabili-

dad de Percepción Remota a cuerpos de agua.

Klemas et al. (1973), realizaron observaciones de sedimentos suspendidos por el Erts-1 en la bahía de Delaware; utilizando 4 bandas; la banda 5 (600-700 nm rojo) dió la mejor respuesta en la detección de sólidos suspendidos, - que sirvieron para establecer patrones de circulación sobre el cuerpo de - - agua.

Kritikos et al. (1974), utilizaron imágenes de satélite Erts-A obtenidas a partir de cintas digitales, para la detección de sólidos suspendidos en un río. Se hizo un análisis estadístico de 4 bandas, relacionado con muestreos de campo, encontró que los datos de la banda II (600-700 nm rojo) sugerían la existencia de 3 distintos tipos de agua en base al grado de reflectividad, baja, media y alta.

Las zonas de mayor reflectividad, representaban alta concentración de - sólidos suspendidos. La banda III (700-800 nm infrarojo cercano) fué útil en la determinación de la interfase agua tierra. Se utilizaron mapas temáticos, - en donde se pudieron delimitar mejor las zonas, mostrando su distribución -- geográfica.

Abiodun et al. (1976), usaron imágenes de satélite Landsat-1, para observar la distribución de sólidos suspendidos en un lago; la mejor observación se obtuvo en la banda 5 (600-700 nm rojo). En base a la diferente concentración de sólidos suspendidos, se determinaron diferentes masas de agua.

Wezernak et al. (1976), formularon un Índice del estado trófico en -- cuerpos de agua utilizando datos de sensores remotos. Los parámetros eva-- luados que indicaron el estado de eutroficación fueron; sólidos suspendidos, - clorofila, sólidos disueltos, concentración de nutrientes y transparencia entre los más importantes.

El Índice obtenido, fué aplicado a un grupo de lagos en el Sureste de - Michigan; especialmente los sólidos suspendidos y clorofila, fueron indicadores clave del estado de eutroficación.

Klemas y Polis (1977), hicieron un estudio de frentes de densidad (que son regiones con un alto gradiente y discontinuidad de salinidad). A través - de fotograffas aéreas y de satélite así como muestreos de campo, se observó que los frentes son influenciados por diversos contaminantes, como presencia de aceites, que se concentran en la superficie y penetran en la columna de - agua.

Se determinó que los datos de satélite, proveen una efectiva localización y extensión de los sistemas frontales. La concentración de sólidos suspendi-- dos, se pudo ver a través de estos frentes, encontrandose la mejor imagen en la banda 5.

Ruiz y Lemus (1977), aplicaron técnicas de Percepción Remota para la detección de sólidos suspendidos en la Presa Requena. Utilizaron fotograffas aéreas y terrestres de infrarojo color, que se analizaron por fotointerpreta-- ción y microdensitometrfa. La transmisibilidad de la pellicula infrarroja y el total de la concentración de sólidos suspendidos, sugirió una relación lineal.

Ruiz y Lemus (1978), llevaron a cabo un estudio en la Presa Requena y La Esperanza, donde se analizaron diferentes materiales para determinar sus características espectrales en la región ultravioleta, visible y cercano infrarrojo. Se encontró que la transmisibilidad parcial, es un útil indicador selectivo para cuerpos de agua altamente contaminados.

Holyer (1978), reporta la factibilidad de las técnicas de sensores remotos para monitorear la concentración de sólidos suspendidos en cuerpos de agua y sus respectivas evaluaciones de campo, se utilizan algoritmos con el objetivo de obtener un algoritmo universal, para ser implementado con pocas pruebas en el campo. Los resultados indican que el análisis estadístico para cuantificar sólidos suspendidos y turbidez, puede ser obtenido a partir de los datos de reflectancia espectral (de 400 a 1000 nm) del volúmen de agua con suficiente precisión, lo cual hace que los sensores remotos sean útiles para el monitoreo de sedimentos.

Munday et al. (1979), elaboraron modelos matemáticos utilizando datos de radianza espectral, que relaciona la reflectancia difusa con la concentración de sólidos suspendidos. Los datos fueron estudiados separadamente y combinados. Los análisis estadísticos, muestran que las relaciones no lineales, entre la radianza del Landsat y la concentración de sólidos suspendidos, fueron mejores.

Finley et al. (1980), usaron imágenes Landsat, para determinar patrones de circulación en la superficie del agua en el Paso de Aransas Texas. La --

turbidez fué un excelente trazador natural de corrientes, obteniéndose en la banda 5 (600-700 nm) la mejor observación.

Klemas et al. (1980), han evaluado el uso de sensores remotos para mapear sinópticamente propiedades físicas y biológicas de la superficie de grandes costas y áreas estuarinas. Se encuentra correlaciones con los sensores remotos con color, turbidez, concentración de clorofila, presencia de peces, productividad así como sólidos suspendidos.

Lemus et al. (1980), hicieron un estudio de parámetros hidrobiológicos, en la presa Brockman, teniendo como objetivo principal a la productividad primaria. Utilizaron mediciones radiométricas y película infrarroja, que se analizó por fotointerpretación y microdensitometría; encontrando que un incremento en la productividad se podía correlacionar, con un incremento de la transmisibilidad de la película infrarroja.

Ruiz et al. (1983), realizaron un estudio estacional de la laguna de Coyuca de Benítez, Gro., que correspondió al verano de 1981 - primavera 1982. Se utilizaron técnicas de sensores remotos disponibles en México para la detección de parámetros hidrobiológicos (sólidos suspendidos, productividad primaria neta, clorofila a, transparencia, pH y temperatura). La variaciones de la productividad primaria neta del agua, fueron el principal interés, las cuales mostraron un comportamiento similar, a los resultados de clorofila a; este último parámetro se correlacionó con imágenes aéreas multiespectrales, además de observarse las corrientes superficiales de la laguna.

Carpenter et al. (1983), determinaron la calidad del agua, por medio de la turbidez y concentración de pigmentos en 3 lagos en el SE de Australia, que cubrían un amplio rango de regímenes de calidad de agua. Utilizando datos del satélite conjuntamente con medidas en el terreno, obteniendo modelos independientes de los datos para la turbidez y pigmentos de algas. Los modelos usados del barredor multiespectral Landsat, como predictores lineales múltiples, fueron aplicables en todos los casos para la turbidez y sólo el de pigmentos lo fué en uno de los lagos.

Khorrám (1985), desarrollo estudios de calidad de agua en la Bahía de San Francisco, durante un período de corriente lenta, tomando en cuenta parámetros tales como salinidad, turbidez, sólidos totales en suspensión y concentración de clorofila a, para un modelo de regresión lineal, así como lo realizado a partir de los datos del barredor multiespectral Landsat; fueron combinados con el objetivo de explorar si los modelos basados en el Landsat, podían desarrollarse para mapear cada uno de los parámetros de calidad de agua. Se observó que los coeficientes de determinación (R^2) fueron altos para salinidad y turbidez, relativamente altos para sólidos suspendidos y bajos para concentraciones de clorofila a. Además fueron claramente perceptibles áreas que tenían actividad biológica relativamente alta, mediante datos digitales Landsat.

Khorrám et al. (1985), utilizaron datos digitales Landsat, combinados con mediciones, en la superficie, de salinidad, turbidez, clorofila a y sólidos suspendidos totales, para el mapeo de la calidad de agua del estuario del Río

Neuse en Carolina del Norte. Se desarrollaron modelos de regresión, entre cada uno de los parámetros de calidad de agua y los datos digitales del barrer multiespectral Landsat. Los coeficientes de determinación (R^2) se observaron altos para salinidad y turbidez, relativamente altos para la clorofila a y medios para los sólidos suspendidos totales.

Ruiz (1985), utilizó una imagen del satélite Landsat-3, que correspondió al verano de 1981 de la Laguna de Coyuca de Benítez, Gro., para la detección de parámetros hidrobiológicos, entre los que se destacan la productividad primaria neta y el pH, además de la concentración de clorofila a, sólidos suspendidos totales, salinidad y transparencia del disco de Secchi. Se desarrollaron modelos estadísticos de regresión lineal múltiple de los datos Landsat y parámetros in situ, los resultados fueron que los datos del satélite y de campo pueden ser correlacionados con altos coeficientes de determinación (R^2), mayores de 0.9 y sólo de 0.81 para la clorofila a.

V. AREA DE ESTUDIO.

La zona costera del estado de Guerrero, se extiende en una longitud de alrededor de 490 km. desde la desembocadura del Río Balsas en el límite -- norte con Michoacán, hasta la punta Maldonado. en el límite sur con Oaxaca.

La llanura costera corresponde a la Sierra Madre Occidental, presentando montañas que tienen una altura de más de 2 000 m con dos picos más -- altos de 3 500 m (Teotepec y Tlacatepec). La llanura costera, es una estrecha faja de tierra alineada con una ancho de 10-15 km. al oeste de Acapulco, a 30-40 km. al este. La región oeste de Acapulco es llamada "Costa Grande" y la región este "Costa Chica". La mayor parte de la costa, se caracteriza por el litoral lagunar, pero también presenta algunas zonas rocosas y algunas llanuras de bajo relieve (Yañez, 1977, Klimek, 1978).

La Laguna de Coyuca, se encuentra situada en la región denominada, -- "Costa Grande". El sistema Lagunar de Coyuca, se ubica al noroeste de -- Acapulco; en los $100^{\circ} 03'$ longitud W y $16^{\circ} 54'$ latitud N; tiene una superficie aproximada de 34 km^2 , con una profundidad máxima en el centro de 18 m disminuyendo en las márgenes. Presenta una distancia aproximada de la costa en el sector de la boca de 500 m, se orienta de oeste a este; la -- Laguna se abre al mar en otoño y verano por la abertura de la barra, localizada en un largo canal meándrico de 7 km, ubicado en su parte norte, donde se une con el Arroyo de las Cruces y el mayor tributario el Río Coyuca (Fig. 3)

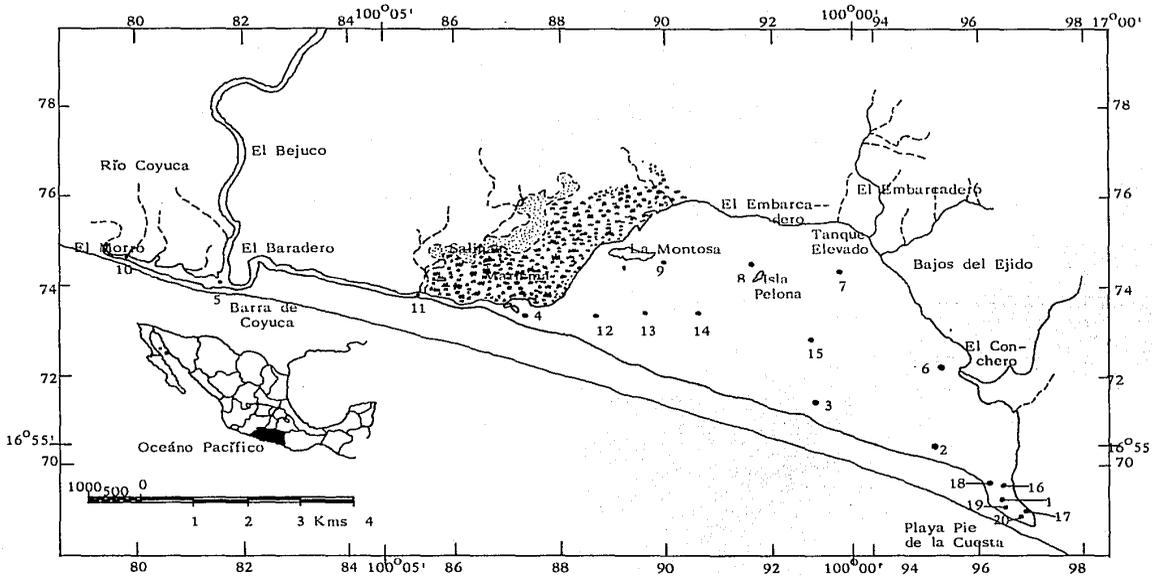


FIG. 3. SISTEMA LAGUNAR DE COYUCA DE BENITEZ GUERRERO,
UBICACION DE LAS LOCALIDADES DE MUESTREO

Datos Morfométricos de la Laguna de Coyuca, según (Klimek, 1978).

- Longitud máxima - 10.6 km.
- Area máxima - 2 954 Has. mínima - 2 900 Has.
- Anchura promedio - 2.78 km.
- Línea de Costa - 26.7 km.

La clasificación del clima, de acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1981), es AW_1 (W)i, trópico 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 del 5% y una oscilación--isotermal.

En la Tabla 1 se registra la precipitación de 1981 a 1984, en la Laguna de Coyuca durante el ciclo estudiado, otoño 83 - verano 84, se observa una --alta precipitación en verano y una baja en otoño, que corresponde a la época final de lluvias, este comportamiento fué similar en los años anteriores.

La evaporación media anual, es mayor a la precipitación media anual, variando entre 1 900 a 2 000 mm por año.

El tipo de vegetación presente en la llanura costera de la región de --Coyuca es transicional, porciones discontinuas de selva tropical se presentan en una área predominantemente de sabana, como resultado de la húmedad - (Klimek, 1978).

T A B L A 1. PRECIPITACION ANUAL EN mm DE LOS AÑOS 1981 a 1984
REGISTRADOS POR LA ESTACION METEOROLOGICA

COYUCA DE BENITEZ, GUERRERO.

FUENTE S.A.R.H.

COORDENADAS : LATITUD 18°- 20'

ALTITUD : 7 m.

LONGITUD 100° - 38'

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AG.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1981	22.5	0	---	0	0	132.0	130.5	114.0	160.0	76.5	INAP.	0
1982	0	0	0	0	21.0	110.0	53.5	48.5	235.0	63.0	0	0
1983	INAP.	15.5	0	0	15.0	67.0	144.5	53.5	116.5	18.5	INAP.	INAP.
1984	15.5	0	0	0	5.0	129.5	176.0	169.0	631.0	25.0	0	INAP.

La vegetación situada en los márgenes de la Laguna, característica de regiones cálido-húmedas, esta compuesta principalmente por manglar, siguiendo en proporción de abundancia cocotales, acáceas y tular (Fig. 4).

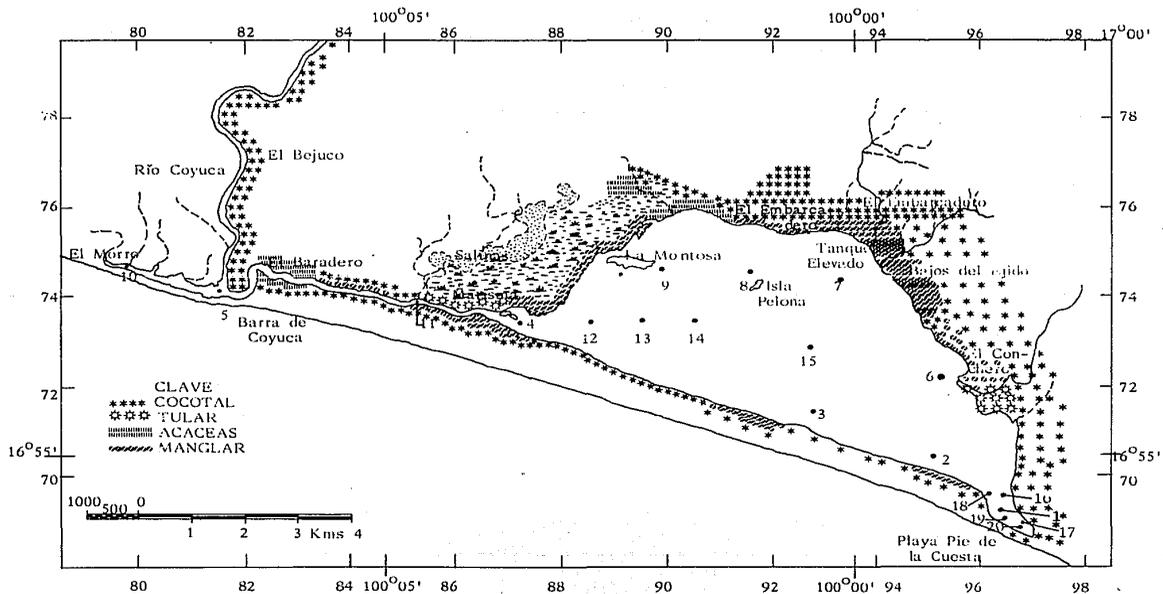


FIG. 4 DISTRIBUCION DE LA VEGETACION EN LA LAGUNA DE COYUCA
SEGUN GUZMAN *et al.* 1976

VI. METODOLOGIA.

Se realizaron muestreos estacionales a partir de otoño de 1983 a verano de 1984, correspondiendo a los meses de noviembre, febrero, mayo y agosto, ocupando un período de una semana por muestreo.

El criterio para establecer las localidades de muestreo, fué en base a las ya establecidas mediante fotografía aérea y transectos, en el estudio que se realizó en esta misma laguna en el ciclo 1981-1982, para la aplicación de Percepción Remota y parámetros hidrobiológicos (Ruíz, et al. 1983).

En base a lo anterior, se añadieron 10 localidades más en el presente estudio, teniendo un total de 20 estaciones de muestreo, con el fin de abarcar la mayoría de condiciones hidrológicas en la laguna de Coyuca. Se adicionaron 5 localidades en la parte central y 5 en la región de Pie de la Cuesta, debido a una alta cantidad de asentamientos humanos en esta región, que influyen en las condiciones de calidad de agua.

El muestreo se realizó a 3 niveles, subsuperficial, 0.50 m y 1 m, dado la penetración limitada de la luz en el agua, que es determinante en la información captada por los sensores remotos.

Se colectaron muestras de agua para determinar: temperatura, salinidad, pH, O₂ disuelto, nutrientes (NH₄, NO₃, NO₂, PO₄), D.B.O. y D.Q.O. con

el siguiente procedimiento.

Las muestras de agua fueron colectadas por medio de una botella Van Dorn. Posteriormente el agua se transfirió a botellas plásticas de 1 L previamente etiquetadas para cada nivel de muestreo; las muestras se conservaron en refrigeración para la determinación posterior de nutrientes y D.Q.O.

Parte de un volumen de agua se transfirió, a botellas de vidrio ambar - de tapón esmerilado con una capacidad de 300 ml, para el análisis de O₂ y - D.B.O.

Los parámetros determinados in situ fueron :

La temperatura del agua se determinó por medio de un termómetro de cubeta. El pH se midió con papel pH Merck. La transparencia se cuantificó con el disco de Secchi.

Inmediato a la colecta de agua se procedió a determinar el oxígeno disuelto, según el método propuesto por Winkler, modificado por Strickland and Parsons. (1972)

La D.B.O. se determinó según las técnicas sugeridas por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1980). El método se basa, en la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos - para efectuar la oxidación de la materia orgánica presente en el agua, se --

determina por la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto al cabo de 5 días de incubación, a 20^o C, con una dilución al 40 % de agua sobreaérea.

Tanto en el Laboratorio Interdisciplinario del Dpto. de Física de la -- Fac. de Ciencias como en el de Química y Productividad Acuática del Instituto de Biología de la U.N.A.M. se realizaron las siguientes determinaciones por duplicado.

Salinidad (medida con un refractómetro portátil). Cuantificación de -- los nutrientes, NH₄, NO₃, NO₂ y PO₄ (por medio de técnicas espectrofotométricas según Strickland and Parsons, 1978).

Especialmente los nitratos se determinaron, en el laboratorio de Química Marina del Instituto de Ciencias del Mar, por medio de un multianalizador -- Technicon para las estaciones otoño e invierno. Las muestras de primavera y verano, se evaluaron en el Laboratorio de Análisis de Agua, de la Secretaría de la Defensa Nacional. La técnica utilizada fué la de Brucina-Acido sulfanílico.

La D.Q.O. se determinó, siguiendo el método propuesto por Golteman -- (1969), empleando una oxidación alcalina con KMnO₄.

En el análisis de resultados, se tomó en cuenta tanto una descripción -- promedio global e individual como para diferentes áreas en la laguna, (esto --

último se realizó en base a la situación geomorfológica de las localidades de muestreo, con el objetivo de facilitar su discusión, en aquellos parámetros -- que así lo definan).

La distribución de áreas o zonas, quedó de la siguiente manera :

<u>Z O N A S</u>	<u>LOCALIDADES DE MUESTREO</u>
Del canal	10, 5, 11, 4
O e s t e	12, 13, 14
N o r t e	9 , 8 , 7
E s t e	15, 6, 3, 2
Pie de la Cuesta	1, 16, 17, 18, 19, 20

VII. RESULTADOS.

La variación anual de la temperatura del agua (Fig. 5) presentó las mayores oscilaciones en otoño (27.5 a 33^o) y verano (25 a 32^o), siendo más obvias en la zona del canal. No se observaron cambios apreciables en el metro muestreado, con una diferencia de solo 0.1^o entre la subsuperficie y 1 m

La salinidad mostró una sensible variación espacial, oscilando ésta entre 1 ‰ y 5 ‰, con las concentraciones más bajas registradas en todo el año (Fig. 6) en la zona del canal. Estas cifras sitúan a la laguna como oligohalina.

La transparencia presentó 2 condiciones estacionales totalmente distintas, variables regionalmente. En otoño se registraron las penetraciones de luz promedio mayores para toda la laguna (26.2 cm), aún cuando la zona del canal alcanzó 59.9 cm. En primavera el promedio fué de 7.52 cm con 9.3 cm para el canal. En invierno y verano la transparencia fué más parecida con una visibilidad de 11.3 y 10.9 cm, respectivamente (Fig. 7).

El pH se mantuvo neutro ó ligeramente alcalino (7 y 7.5), a excepción de los registros de verano que fueron más ácidos (6 y 6.5), al igual que las regiones extremas de la Laguna durante todo el año. Especialmente los más altos fueron en primavera (8.0) en la región Norte (Fig. 8).

El contenido de O_2 disuelto en general fué alto (7.8 mg/l promedio -- anual) con sus máximos en primavera, específicamente en la zona del canal -- con 12.9 mg/l y los más bajos en verano en la región Este de la laguna con 4.1 mg/l (Fig. 9). En el metro muestreado, hubo una diferencia muy baja de 0.44 mg/l

La variación de amonio fué marcada, con un valor máximo promedio de 16.6 ug-at/l en la estación verano y un mínimo de 5.7 ug-at/l en otoño. La diferencia en el nivel muestreado fué baja, de solo 0.87 ug-at/l (Fig. 10).

Las concentraciones de nitratos fueron bajas en lo general (Fig. 11), -- con un máximo promedio en primavera (7.74 ug-at/l) y un mínimo de 1.86 -- ug-at/l en verano. Especialmente en esta última estación, se observaron los . mayores registros en las zonas extremas de la laguna. La diferencia en el -- metro muestreado fué insignificante, de 0.09 ug-at/l

En la figura 12 se puede ver, que la variación espacio temporal de ni-- tritos fué muy pequeña, habiendo una alta homogeneidad a través de las cua-- tro estaciones, con valores que no rebasan la unidad de 0.08 a 0.57 ug-at/l a excepción de la región del canal en otoño y verano, en donde se presentaron concentraciones de 1.06 y 2.38 ug-at/l, respectivamente.

Los nitritos al igual que los NO_3 presentan un aumento en verano en la región del canal. La variación en el metro muestreado fué muy escasa, con una diferencia de 0.008 ug-at/l.

Los fosfatos en otoño alcanzaron las mayores concentraciones, especialmente en la región Este con 7.7 ug-at/l y las menores en primavera en la zona del canal con 0.04 ug-at/l (Fig. 13). Las dos estaciones restantes se caracterizaron por ser menores, de 0.41 a 0.93 ug-at/l en invierno y 0.18 a 1.14 ug-at/l en verano. En cuanto a la diferencia entre la subsuperficie y el metro muestreado se observó, de 0.03 ug-at/l.

El D.B.O. en general mostró una marcada variación estacional (Fig.14), especialmente una mayor disminución en verano (4.21 mg O₂/l promedio), al igual que el O₂ y pH. En el resto del año se alcanzaron concentraciones entre los 5.69 y 14.89 mg O₂/l con máximos en otoño en la región Este. Esta situación concuerda con el comportamiento de PO₄. Entre subsuperficie y el metro muestreado, se observaron diferencias de 0.21 mg O₂/l.

El D.Q.O. determinó una fuerte variabilidad en el año (Fig. 15), con máximos promedio en primavera en la zona Oeste de 21.32 mg O₂/l y los mínimos promedio en otoño en la región del canal con 4.06 mg O₂/l. Se registró un valor máximo de 29.6 mg O₂/l en el nivel subsuperficial que se interpreta como error técnico, ya que en los otros niveles de todas las localidades fueron inferiores. La diferencia en el metro muestreado fué similar a la de la D.B.O. (0.25 mg O₂/l).

Los valores máximos de la D.Q.O. coinciden con los de pH, O₂ y NO₃; así mismo los mínimos con los de temperatura del agua, salinidad y amonio.

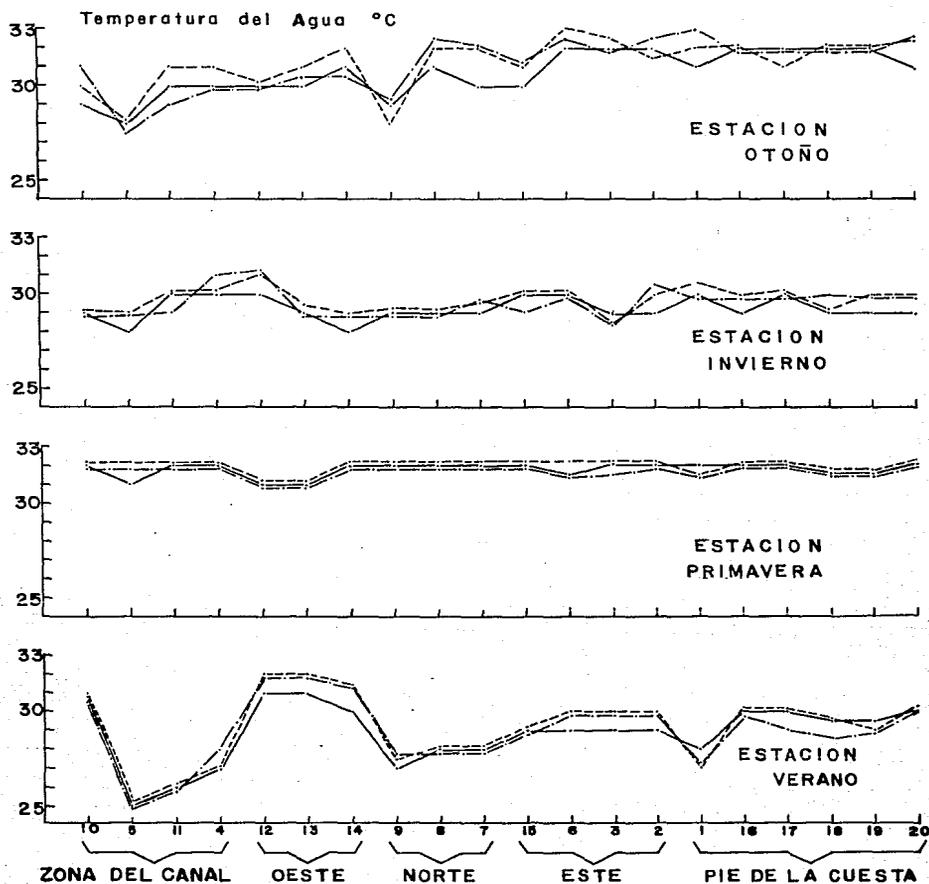


Fig. 5 VARIACION ESTACIONAL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA

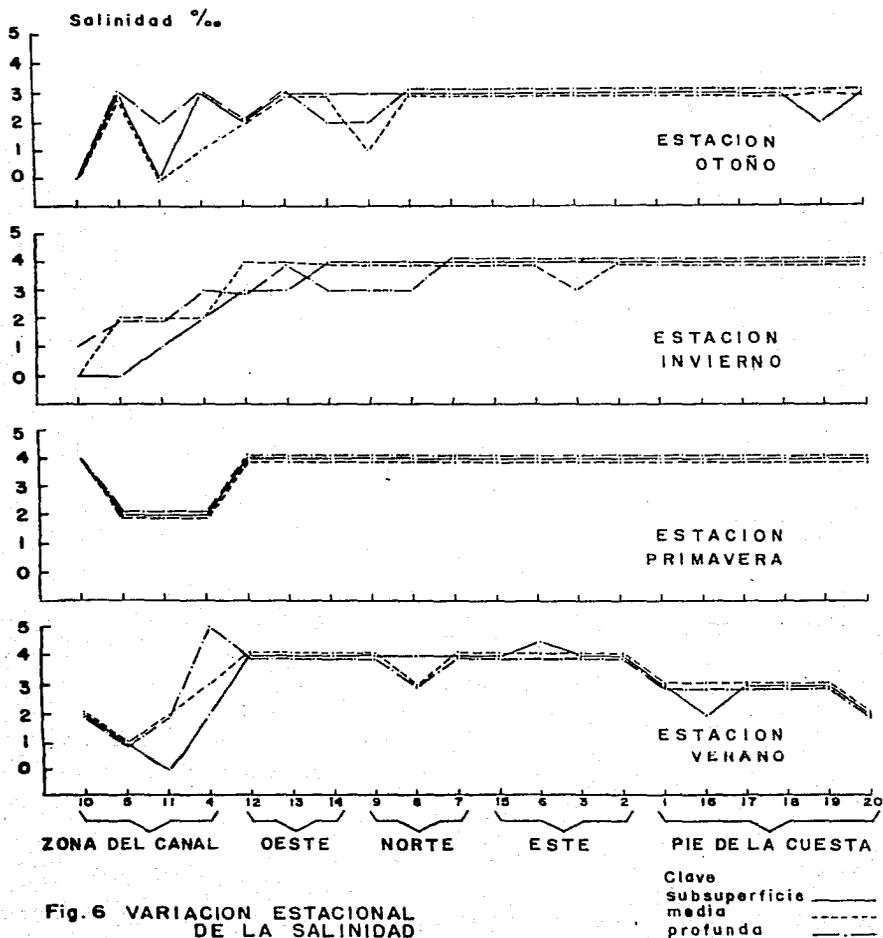


Fig. 6 VARIACION ESTACIONAL DE LA SALINIDAD

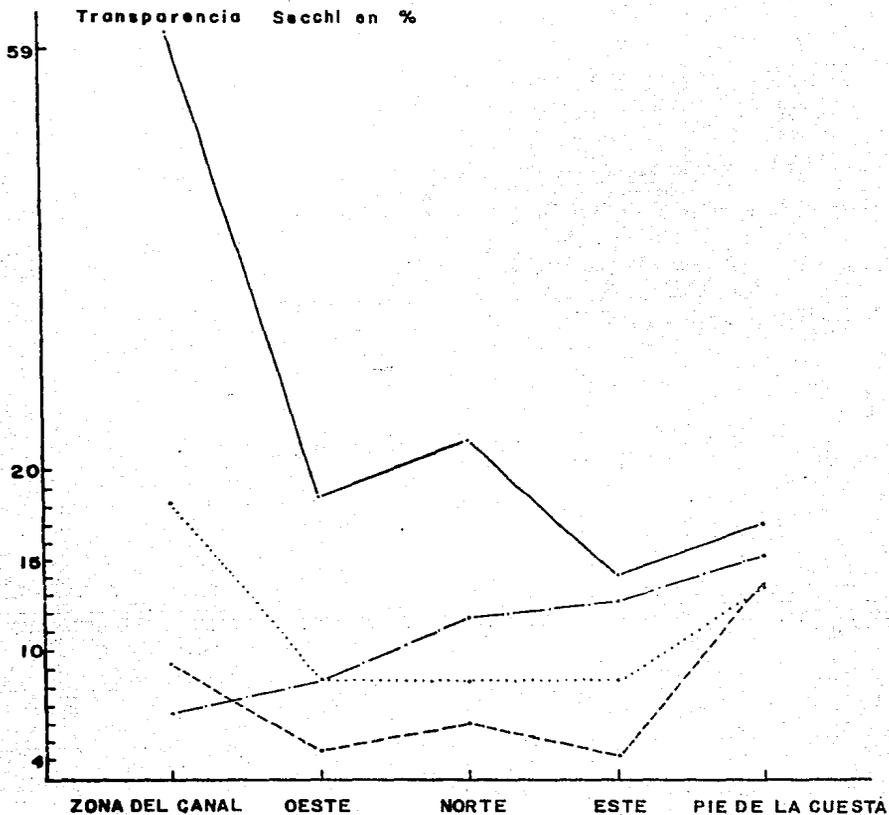


Fig. 7 VARIACION ESTACIONAL DE LA TRANSPARENCIA SECCHI

Clave :
 otoño —————
 invierno
 primavera - - - - -
 verano - · - · -

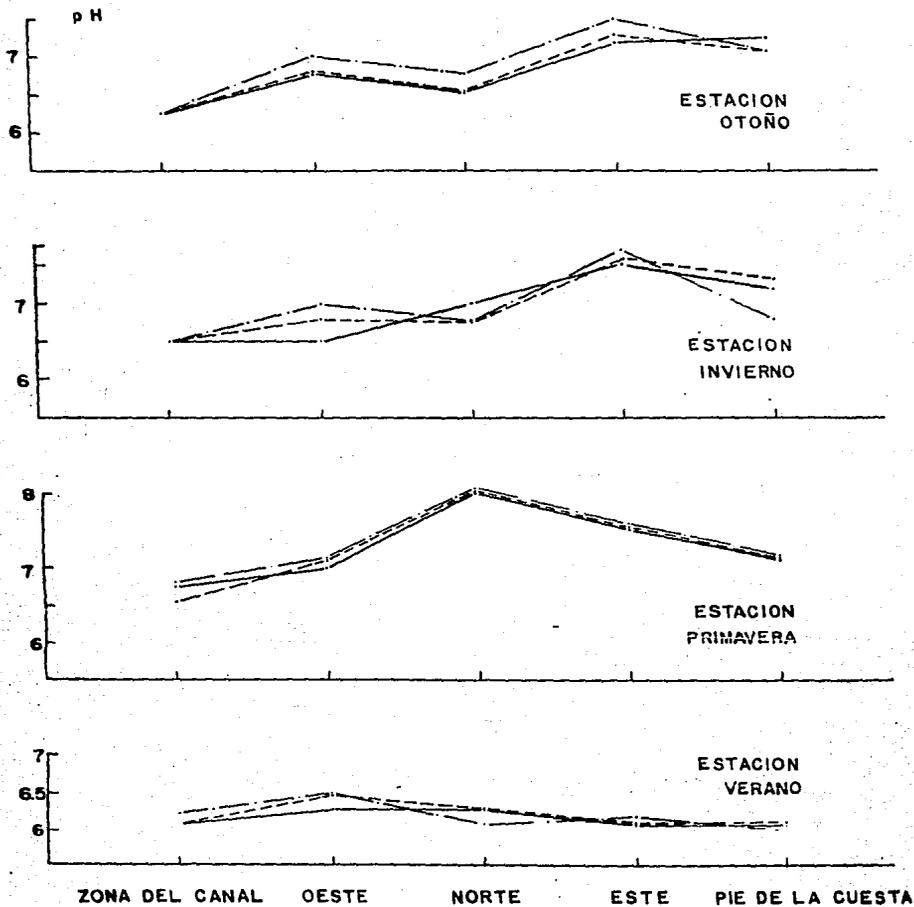


Fig. 8 VARIACION ESTACIONAL DEL pH

Clave
 subsuperficie ———
 media ———
 profunda - - - - -

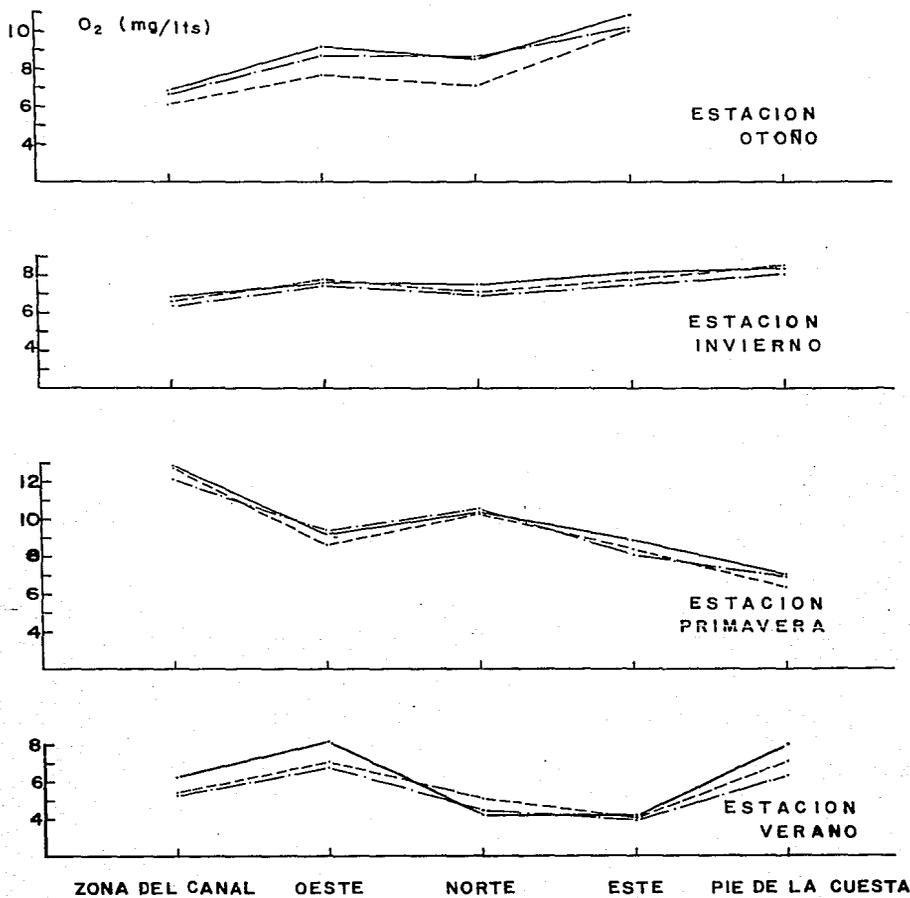


Fig. 9 VARIACION ESTACIONAL DEL
OXIGENO DISUELTO

Clave
subsuperficie ———
media - - - - -
profunda - · - · -

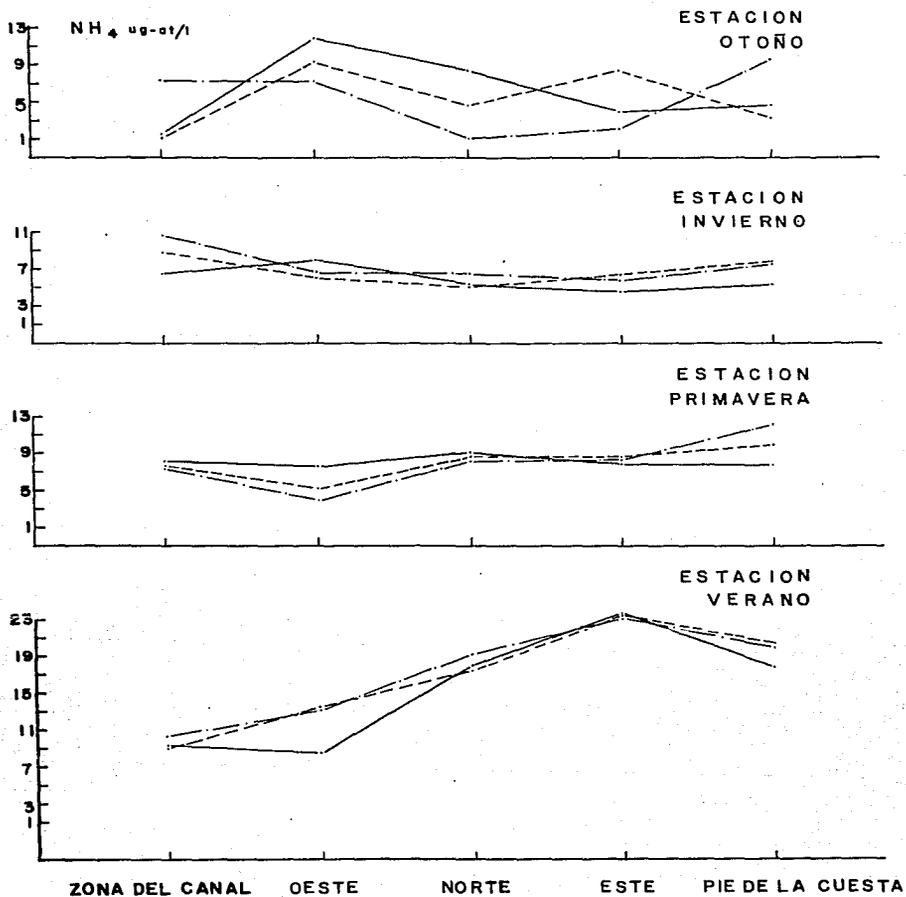


Fig. 10 VARIACION ESTACIONAL DE AMONIO

Clave
 subsuperficie ———
 media - - - - -
 profunda - · - · -

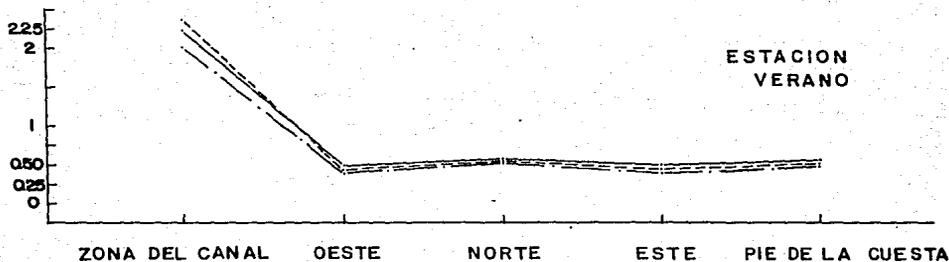
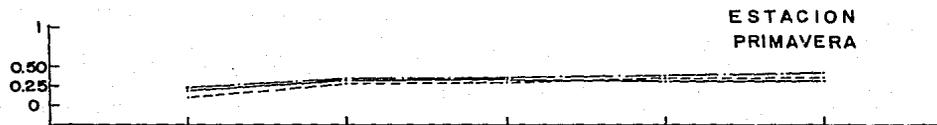
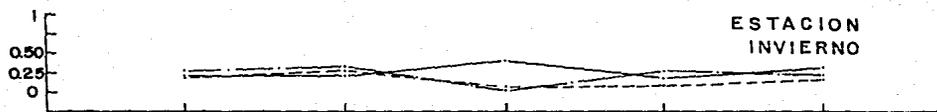
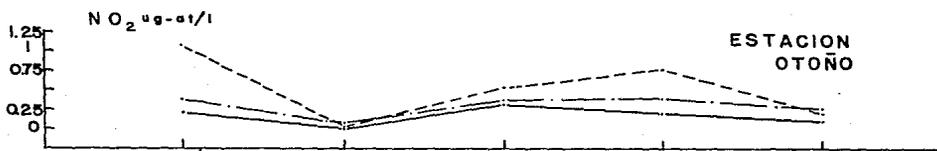


Fig.12 VARIACION ESTACIONAL DE NITRITOS

Clave
 subsuperficie ———
 media - - - - -
 profunda ———

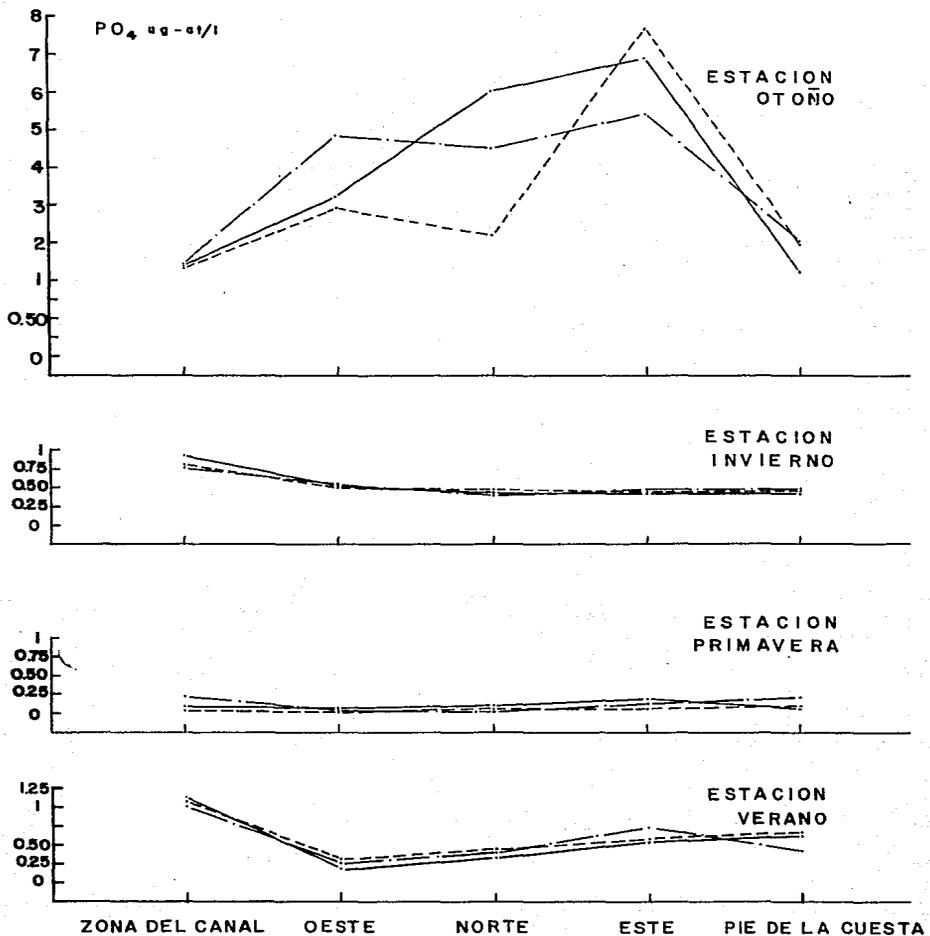


Fig. 13 VARIACION ESTACIONAL DE FOSFATOS

Clave
 subsuperficie ———
 media - - - - -
 profunda - · - · -

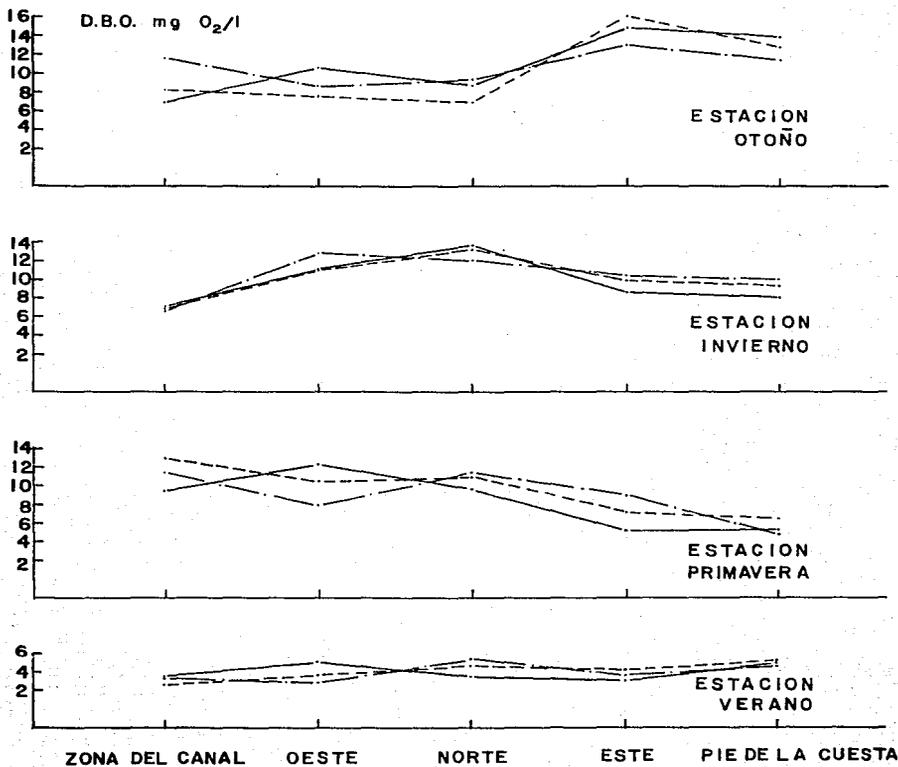


Fig.14 VARIACION ESTACIONAL DE LA D.B.O.

Clave
 subsuperficie ———
 media - - - - -
 profunda - · - · -

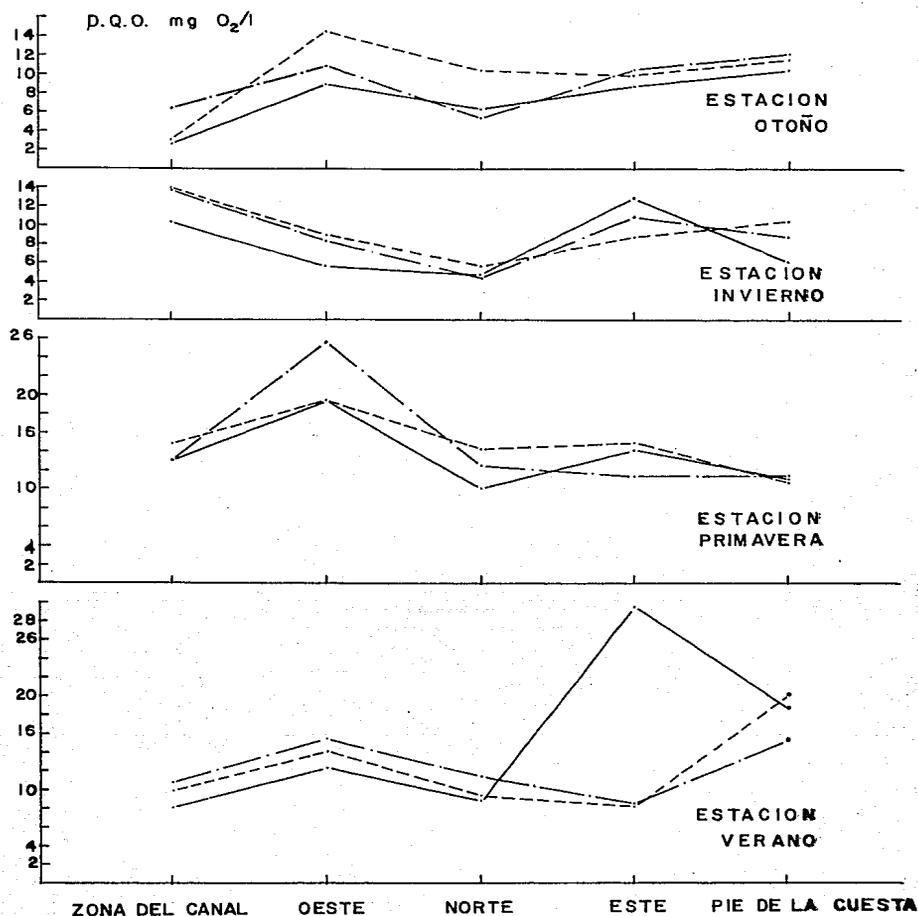


Fig. 15 VARIACION ESTACIONAL DE LA D.Q.O.

Clave
 subsuperficie ———
 media - - - - -
 profunda - · - -

VIII. DISCUSION.

La Laguna de Coyuca, tiene dos períodos térmicos al año, uno que correspondió a invierno (28.5 a 31°) y primavera (31° a 32) con mayor estabilidad y otro período que corresponde a otoño (27.5 a 33°) y verano (25° a 32°), donde se observaron las máximas oscilaciones. Especialmente la zona de variaciones térmicas mayores es en la del canal, lo cual indica una mezcla con aguas de menores temperaturas provenientes del continente. Klimek, (1978) encontro una variación térmica en la Laguna de Coyuca de 28.8 a 32.2° , similar a la encontrada en el presente estudio (28.8 a 31.8 promedio) lo cual indica, que la laguna se ha mantenido bajo similares condiciones climáticas.

En general las condiciones de salinidad en la Laguna de Coyuca, tienden a definirla como oligohalina durante todo el año (< 5 ‰). Especialmente, la región del canal tuvo los valores más bajos anuales por recibir la influencia del Río Coyuca; inclusive se registraron valores de 0 ‰ en verano, que corresponde al período de lluvias y a pesar de la abertura de la barra de Coyuca, lo cual indica que la influencia marina es escasa; el resto del cuerpo lagunar se mantiene muy homogéneo. Klimek (1978), registró en este sistema valores máximos de 1.30 ‰ en la superficie a 1.34 ‰ en aguas del fondo y sólo en otoño, como resultado de los huracanes y a la abertura de la barra, la salinidad se incremento a 8.20 ‰ en el fondo, sin embargo varios meses después de la mezcla, la salinidad tuvo una concentra -

ción de 2.25 ‰ en la superficie y 2.41 ‰ en el fondo. Estos valores son semejantes a los observados en el presente estudio, lo cual significa que la laguna tiene una alta influencia continental.

Los informes de la S.A.R.H. señalan que en la laguna hay altas tasas - de evaporación, sin embargo la salinidad es baja, esto quiere decir que hay - un aporte significativo y continuo de agua dulce, tanto a través del Río Coyuca como de otros escurrimientos.

En cuanto a la transparencia, la Laguna registra dos períodos de visibilidad extremos, uno en otoño al final del período de lluvias, con sus máximas penetraciones (26.2 cm en promedio) y otro en primavera con la mínimas (7.52 cm). Es difícil explicar la mayor transparencia en otoño, ya que en ésta época se lleva material en suspensión, inclusive en la zona del canal se observó la mayor transparencia (59.9 cm.), lo cual quiere decir que la dinámica fluvial o no es muy alta tierra adentro ó que las fuentes de material arcilloso son escasas. En la primavera la disminución de transparencia o visibilidad, puede ser justificada por el florecimiento estacional en esta época, al respecto Klimek (1978), encontró en este sistema costero un florecimiento fitoplanctónico y una alta productividad en primavera, lo cual es corroborado por (Monreal, en preparación), que registra una alta concentración de clorofila a, además de que la laguna tendió a ser mas alcalina, sin embargo la - - cantidad de organismos fitoplanctónicos reportado por Dávila (1986), así como la productividad (Pérez, 1986), en la Laguna de Coyuca denotan lo contrario,

lo cual señala que las condiciones bióticas del sistema, pueden ser variables año con año.

La condición más variante de transparencia, se observó en los extremos de la laguna en todo el año y esto puede ser debido a características geomorfológicas e hidrográficas del sistema. Así mismo el pH fué algo más ácido debido posiblemente a las mismas características ya citadas que disminuyen la renovación de las aguas a través de la circulación, lo cual hace que los materiales en descomposición modifiquen esta variable química (De la Lanza, comunicación personal). Mee (1977), en la Laguna de Nuxco, asoció los valores bajos de pH a una alta oxidación de la materia orgánica.

El sistema costero Coyuca de Benitez, se mantuvo anualmente en condiciones altas de oxígeno (7.86 mg/l en promedio), no mostrando en ninguna de las zonas estudiadas, valores más bajos de 4 mg/l, condición que favorece a los aspectos metabólicos de los organismos. Especialmente se registraron los valores más altos en primavera en la zona del canal con 129.19% de saturación. Generalmente, el alto contenido de oxígeno, se asocia con altas tasas de productividad, como las registradas por Klimek (1978), debido a un florecimiento fitoplanctónico.

Tanto Pérez (1986) como Dávila (1986), en sus resultados señalan una alta cantidad de organismos fitoplanctónicos y productividad en otoño, que coinciden con altas concentraciones de oxígeno, pero de menor porcentaje de

saturación (113.15), respecto al primaveral.

Guzman et al. (1976), Yáñez (1977), y Klimek (1978), coinciden en señalar a la laguna de Coyuca, como de altas tasas de productividad; comportamiento que aquí se apoya con el contenido de saturación de O_2 en primavera y otoño.

El amonio presentó la máxima concentración en verano (16.6 ug-at/l en promedio), seguido al florecimiento primaveral, el resto de las estaciones -- permaneció entre valores de 1 a 12 ug-at/l. Especialmente es importante -- señalar que en la primavera, se observó un valor máximo promedio (7.9 ug-at/l), lo cual confirma tanto el ciclo biológico alternado con el químico de -- los nutrientes.

Los valores más bajos de amonio, registrados en el presente estudio entre 1 y 3 ug-at/l, son semejantes a los valores máximos obtenidos por Klimek (1978), (3 a 4 ug-at/l), a 1 m de la columna de agua, en este mismo -- sistema; este puede ser debido a las variaciones de mayor período de un año. Sin embargo este mismo autor, registra una concentración máxima de amonio, de 120 ug-at/l, en los niveles más profundos de este sistema, que pueden ser redispuestos bajo condiciones de difusión turbulenta en determinadas condiciones.

Las concentraciones de amonio en el presente estudio son bajas en comparación con otros sistemas lagunares como los de Tampamachoco y Mandinga en Veracruz y Unare en Venezuela, con valores de amonio de 27.08 22.4 y 27.4 ug-at/l, respectivamente. En la Tabla 2 se muestran valores de amonio en otros sistemas costeros, similares a lo registrado en Coyuca.

En lo general las concentraciones de nitratos fueron bajas en todo el ciclo anual y en todas las regiones de la laguna oscilando desde lo indetectable, hasta cerca de 8 ug-at/l. Especialmente en la época primaveral, los valores se registraron como de los más altos (7.6 a 7.9 ug-at/l) y de los más bajos en verano (0 a 6 ug-at/l). Es importante señalar, que en verano (época de lluvias), se presenta un aumento en la concentración de nitratos en los extremos de la laguna, principalmente en la región del canal, debido seguramente al aporte del Río Coyuca. A este respecto, Okuda (1969), menciona que los ríos representan el abastecimiento más importante de este nutriente a sistemas costeros.

Sosa (1982), obtiene valores de nitratos de 24.5 ug-at/l en la Laguna de Mandinga, Veracruz, que comparado con el valor máximo de 7.9 ug-at/l, del presente estudio, resultan ser 3 veces más altos, lo cual no solamente significa su escasez en la Laguna de Coyuca, sino también debe considerarse su alto consumo y condiciones regionales específicas de la zona de transición, que inclusive den como consecuencia la predominancia del ión NH_4 , según lo señala también Klimek (1978).

Las concentraciones de nitritos fueron especialmente bajas en lo general, no definiendo carácter alguno tanto en el comportamiento anual como en el regional a excepción de valores máximos observados en la zona del canal, en otoño (1.06 ug-at/l) y verano (2.38 ug-at/l) correspondiente a la época de lluvias; estos aumentos pueden ser atribuidos al aporte del Rfo Coyuca.

Tanto los valores de NO_3 como de NO_2 en la Laguna de Coyuca, al ser comparados con otros sistemas costeros (Tabla 2) muestran ser menores. -- Hutchinson (1957), menciona que debido a la inestabilidad de el ión NO_2 , - presenta los valores más bajos de las formas nitrogenadas.

Especialmente el fósforo mostró un ciclo bioquímico muy marcado; en - primavera se registraron las concentraciones más bajas, estando por debajo de 0.25 ug-at/l, así mismo se encontró un ligero incremento en verano (0.59 ug-at/l promedio). Notoriamente en la estación de otoño al final de la época de lluvias se observaron los valores más altos (7.7 ug-at/l), en la región - - Este, ésta condición puede ser debida a un aporte fuerte local como el de - las comunidades de manglar, abundantes en la laguna. Al respecto Burton y Liss (1976), manifiestan que el contenido de fosfatos en lagunas costeras -- procede en mayor magnitud, en aportes de vegetación acuática y circundante, así como de escurrimientos. Otra posibilidad puede ser por condiciones de turbulencia y mezcla de agua del fondo, como lo señala Klimek (1978).

T A B L A 2. COMPARACION DE VALORES DE NUTRIENTES (NH_4 , NO_3 , NO_2 , PO_4 EN mg-at/l) EN
 DIFERENTES SISTEMAS COSTEROS, CON RESPECTO A LOS OBTENIDOS EN EL
 PRESENTE ESTUDIO.

LAGUNAS COSTERAS		AMONIO(NH_4)	NITRATOS (NO_3)	NITRITOS (NO_2)	FOSFATOS (PO_4)
Tacarigua en Venezuela		13.37 a 5.03	12.16 - 0.49	1.29 - 0.02	1.50 - 0.50
Unare en Venezuela		27.4 - 10.1	3.03 - 0.42	0.50 - 0.17	0.54 - 0.41
Mezcaltitan en Nayarit		10 - 2.7			6.4 - 1.2
Tuxpan Tampamachoco Ver.		27.08 - 1.10	18.63 - 2.02	0.093	0.969 - 0.237
Mandinga en Veracruz		22.4 - 9.9	24.5 - 0.4	0.5 - 0.7	1.2 - 0.368
SISTEMA COSTERO DE GRO.	Chautengo	20.0 - 0.2	10.9 - 0.05	1.3 - 0.02	5.0 - 0.55
	N u x c o	10.14 - 1.64	6.62 - 0.51	0.63 - 0.12	1.44 - 0.26
	M i t l a	1.3 - 0.5	0.05	0.02	0.41 - 0.22
	Apozahualco	7.7 - 0.4	0.51	0.02	6.5 - 0.64
	C o y u c a Presente estudio	16.6 - 5.7	7.9 - 0.31	2.38 - 0.08	7.7 - 0.04

Klimek (1978), encontró valores marcadamente menores de fosfatos - - (0.2 a 1.6 ug-at/l) en ésta laguna, lo cual puede responder a cambios hidrológicos del sistema con lapsos mayores de un año. En la Tabla 2 se presenta una comparación con otros sistemas acuáticos.

La materia orgánica presente en un ecosistema costero, se encuentra en forma disuelta, suspendida y como constituyente del sedimento. Su origen puede ser autóctono y alóctono, la primera procedente de la vegetación tanto sumergida como emergida, así como por la biota acuática, desechos producidos por los asentamientos humanos y detritos en general.

La materia orgánica alóctona llega a un sistema lagunar, por contribuciones fluviales y marinas (Arenas, 1979). Esta materia orgánica en parte, puede ser evaluada, a nivel biológico (D.B.O.) o químico (D.Q.O.), según la calidad y procedencia de los materiales (De la Lanza, 1986).

La vegetación es la fuente más importante de la materia orgánica en sus diversas formas para la zona costera. Dicha vegetación presenta un patrón de distribución específico para cada ambiente lagunar, según el estado de equilibrio de los factores que interactúan y que hacen únicos a estos cuerpos de agua (De la Lanza, 1986). En la Laguna de Coyuca, se encuentra principalmente manglar, con especies tales como Avicennia germinans, Laguncularia racemosa y la especie típica Rhizophora mangle, siguiéndole en orden de mayor a menor abundancia, los cocotales, las acaceas y el tular, -

asi como una extensión de marisma que abarca parte de la zona del canal al nivel de las localidades 11 y 4, hasta enfrente de la isla Montosa donde se situa la localidad 9.

En base a la distribución de vegetación presente en la Laguna de Coyuca, asi como materia orgánica de diverso origen aportada por tributarios, escurrentías y desechos urbanos, se pudiera establecer su fuente tomando en cuenta el grado de oxidación de la materia orgánica; según la calidad y magnitud del material aportado, nivel de descomposición iniciado en la columna de agua, velocidad y tazas de depositación, enterramiento, profundidad, acción del viento y resuspensión de materiales (Mann, 1976).

La D.B.O. en la Laguna de Coyuca, se caracterizó por ser baja en lo general (Fig. 13). Los valores máximos se obtuvieron en otoño, en la región Este (14.89 mg O_2/l), que comparado con otros sistemas costeros bajo distintas condiciones climáticas, geomorfológicas y actividades humanas (Tabla 3), no alcanzan a tener un significado de contaminación humana. Delgadillo -- (1986), registro para esta región una alta cantidad de materia orgánica particulada, lo cual puede significar la escasa influencia tanto del manglar como de actividades humanas. Así también se registra una alta cantidad de organismos fitoplanctónicos en dicha estación de otoño (Dávila, 1986).

En verano, se encontraron los mínimos entre 3.3 a 5.1 mg O_2/l , con escasa variación.

Una de las posibles razones que justifiquen el bajo contenido de materia orgánica a través de la D.B.O. puede ser aquella citada por De la Lanza - - (1986), en su estudio sobre la calidad ambiental en la Laguna de Mezcaltitan (Nayarit), con altas tasas de remineralización, alta actividad por heterotrofos y/o inclusive pudiera pensarse bajo aporte; esto último con mayor incertidumbre.

Ardisson (1980), señala que existe una relación directa entre la D.B.O. y el oxígeno, ya que esta prueba está en función directa de este parámetro. De acuerdo a esto, es importante señalar que la contaminación por actividades antropogénicas debe ser descartada, debido a que los valores de oxígeno registrados en este sistema lagunar sobrepasan los niveles de saturación, condición por la cual denota que hay poca posibilidad de consumir este gas para oxidar altas cantidades de materia orgánica. La Tabla 3 muestra una comparación de lo discutido anteriormente.

Es importante señalar, que la D.Q.O. en la Laguna de Coyuca también presentó valores bajos en lo general (Fig. 14) y éstos oscilaron entre 4.06 y 21.32 mg O₂/l, que comparados con otros sistemas, como se señalan en la Tabla 3, son bajos y de poco significado. Los máximos anuales registrados en la Laguna de Coyuca se encontraron en primavera, situación coincidente con los registros de Klimek (1978), observados en el florecimiento primaveral y los máximos de materia orgánica particulada de Delgadillo (1986), así como un máximo de fitoplancton a través de clorofila a (Monreal, en prepara-

ción). En este caso fué más efectivo el mecanismo de la D.Q.O. para degradar materia orgánica viva y muerta.

El resto de las estaciones del año tuvieron un oscilación de 4.06 a 15.4 mg O₂/l, pero de poco significado, a excepción de la región Este en el verano, donde se obtuvieron los máximos superficiales (Fig. 14), pero que pueden estar asociados posiblemente a un aspecto de error metodológico.

Es posible pensar que el origen de la materia orgánica evaluada por la oxidación química, sea de origen autóctono, es decir fundamentalmente - - plancton y descartar la posibilidad que sea de origen antropogénico, debido a que las concentraciones de oxígeno fueron altas, especialmente en la época - de primavera, lo cual puede considerarse que en la laguna si es que tiene niveles de contaminación de origen humano son escasos y de poco significado.

Es importante observar que en el caso de la Laguna de Coyuca, los valores entre la D.B.O. y D.Q.O. en lo general fueron similares, aunque ligeramente mayores en la D.Q.O. Al respecto muchos autores señalan que la - D.Q.O. es mayor que la D.B.O., sin embargo existen algunas excepciones como las de Cabridenc (1966), (vide Pesson, 1979) que señala, que las bacterias producen una gran variedad de enzimas capaces de descomponer un gran número de sustancias complejas, algunas tienen además, la facultad de adaptarse a la metabolización de sustratos no habituales, sintetizando nuevas enzimas adaptados a estos compuestos en ciertas condiciones de medio (dilución

adecuada, oxigenación, etc.). De la Lanza (1986), observó en la Laguna de Mezcaltitan (Nayarit) mayor la D.B.O. que la D.Q.O. lo cual lo atribuye a una actividad microbiológica compleja y diversa que degrada con más eficiencia que un proceso netamente químico.

En la presente contribución, la ligera diferencia entre el aumento de la D.Q.O. sobre la D.B.O. puede ser al mayor contenido de fitoplancton.

TABLA 3. D.B.O. y D.Q.O. EN DIFERENTES SISTEMAS ACUATICOS

FUENTE	CUERPO DE AGUA	D. B. O. (mg O ₂ /l)	D. Q. O. (mg O ₂ /l)	OBSERVACIONES
Ardisson Pedro, (1980)	Laguna de Chachalacas, Ver.	236	396	alto nivel de contaminación orgánica.
S.A.R.H. (informe 1980-1981)	Laguna del -- Ostión, Ver.		50 a 500 y hasta 2000	alto nivel de contaminación
S.A.R.H. (informe 1974)	Lago de Chapala Michoacán.		956	gran cantidad de asentamientos humanos, que provocan -- una contaminación excesiva.
De La Lanza Gpe. (1984)	Laguna de -- Mescaltitán, Nayarit.	3.09 a 0.23	0.096 a 0.830	valores normales.
S.A.R.H. (informe 1982)	Laguna de Mitla Gro.	18.20 a 2.5		valores normales y similares a los obtenidos, en la laguna de Coyuca en el presente es- tudio.
S.A.R.H. (informe 1980)	Laguna de -- Coyuca, Gro.	6.2 a 1.0		valores normales.
S.A.R.H. (informe 1982)	Laguna de -- Coyuca, Gro.	8.2 a 1.4		valores normales.
Godshalk y Wetzal, (1978)		50		valores normales dentro del proceso de descomposición de plantas acuáticas

IX. APLICACIONES DE PERCEPCION REMOTA A ESTUDIOS DE CALIDAD DE AGUA.

La aplicación de la Percepción Remota a estudios hidrobiológicos, ha constituido un apoyo determinante en el mejoramiento del conocimiento de áreas costeras y marinas y de cuerpos de agua interiores como lagos y ríos, gracias a imágenes y fotografías aéreas y de satélite, que permiten tener una visión completa del área de estudio, con el fin de caracterizar mejor la zona. Por un lado, obtener las medidas en el campo como comunmente se hace para el estudio de un cuerpo de agua, ha representado ser costoso en términos de tiempo y fuerza humana de trabajo, también los resultados son colectas puntuales y pueden no representar las áreas circundantes. La Percepción Remota puede proveer considerable información, en menor tiempo, cuando grandes áreas costeras tienen que ser revisadas.

Los investigadores que han abordado los estudios de calidad de agua, lo han hecho principalmente tomando en cuenta a la concentración de sólidos suspendidos, turbidez, salinidad, clorofila y productividad primaria neta, demostrando que éstos parámetros pueden ser estimados a partir de los datos aéreos y de satélite. En base a estos estudios, ha habido una tendencia hacia modelos generales de sólidos suspendidos (Holyer, 1978; Munday y Alfoldi 1979) y a modelos estadísticos de calidad de agua (Carpenter et al, 1983; -- Kheram et al, 1985; Ruiz-Azuara, 1985). Del conjunto de estos estudios, se han obtenido resultados de utilidad en la aplicación de técnicas de sensores remotos que se pueden resumir en lo siguiente :

El análisis visual del sistema Landsat, puede ser presentado en tres tipos de información: digital, en color y blanco y negro. Esta información puede ser procesada de dos maneras, con correcciones en que son eliminados errores geométricos, para una proyección cartográfica más cuidadosa, y el otro proceso denominado sin correcciones (Díez y García, 1977).

Los sólidos suspendidos o turbidez, la concentración de clorofila y pigmentos algales en general, son parámetros correlacionables directamente con datos de imágenes de satélite y aéreas del barredor multiespectral. Estos parámetros son identificados en base a la reflectancia espectral, que se registra en las bandas espectrales del barredor.

De acuerdo a la reflectancia espectral, se encontró que la banda 5 de (0.6 a 0.7 mm rojo), presentó una alta correlación con la concentración de sólidos suspendidos. Así mismo en esta banda, se detectaron patrones de circulación en el agua, por medio de la turbidez propiciada por los sólidos suspendidos, donde se detectan patrones de distribución de este parámetro (Klemas et al. 1973, 1977 y 1980; Kritikos et al. 1974; Abiodun et al. 1976; Finley et al., 1980, entre otros).

De los datos del barredor multiespectral en los estudios tróficos, se ha visto que la carga de sedimentos o turbidez y la concentración de pigmentos algales fueron indicadores clave, accesibles a los sensores remotos (Wezernak et al., 1976).

En la aplicación de la Percepción Remota a estudios de detección de sedimentos suspendidos, turbidez, pigmentos y productividad primaria neta, se ha visto que los datos aéreos y de satélite son complementarios; ya que las imágenes del satélite proporcionan mapas de áreas costeras y datos tabulares para grandes áreas. La planeación de estos estudios sin embargo, frecuentemente requieren información más detallada, por lo que la imagen aérea, proporciona un mayor poder de resolución. (Klemas et al., 1980, Ruiz-Azuara, 1985).

En cuanto a estudios, por medio de fotografías aéreas y terrestres de infrarrojo color, analizadas por fotointerpretación y microdensitometría, se ha encontrado; una relación lineal entre la concentración de sólidos suspendidos y la transmisibilidad de la película infrarroja, así mismo con un aumento en esta última, se correlacionó con un incremento en la productividad primaria neta. Además se determinaron características espectrales a partir de análisis químicos de diferentes materiales en cuerpos de agua, encontrándose que la transmisibilidad parcial, puede considerarse como un útil indicador selectivo para los sensores remotos en cuerpos de agua contaminados, principalmente en el infrarrojo (Ruiz y Lemus, 1977 y 1978; Lemus et al., 1980).

En la Laguna de Coyuca de Benitez, Gro., la productividad primaria neta en términos generales, mostró un comportamiento similar al de la clorofila a, con sólidos suspendidos totales, salinidad y transparencia. Se observó también que en el canal 2 del barredor multispectral DS-1280 en la región

de la Laguna considerada, a menor reflectividad, mayor concentración de clorofila a. Estos resultados sugieren la determinación de la productividad primaria neta por Percepción Remota, vía la concentración de clorófila a. (Ruiz et al. 1983).

Observandose la utilidad de los sensores remotos, para la detección de parámetros de calidad de agua y en específico de sólidos suspendidos, se desarrollaron modelos generales de este parámetro y se ha sugerido uno no lineal, basado en la reflectancia difusa, el cual parece tener una generalidad considerable (Munday et al. 1979).

Una ventaja significativa del sistema Landsat, es su cobertura repetitiva, la cual permite tener una caracterización mejor de los cambios que sufre la superficie bajo estudio, ya que los factores estacionales influyen las características espectrales del recurso que está siendo monitoreado, además de ser extremadamente valiosa para la toma de datos inventariales (Klema et al. 1980; Carpenter et al. 1983; Khorram et al. 1985, entre otros).

Todos los estudios de Percepción Remota, llevaron su muestreo de campo de los parámetros bajo estudio, para establecer su correlación con los datos espectrales, además de otros parámetros que reforzarán lo encontrado en cuanto a calidad de agua, como nutrientes; lo cual pone de manifiesto que los estudios de campo son imprescindibles, para probar la confiabilidad de lo observado por imágenes aéreas y digitales del satélite.

La Percepción Remota está limitada a las aguas superficiales debido a la penetración limitada de la luz en el agua. Sin embargo una gran cantidad de información es posible obtenerse, ya que se cubre la zona eufótica, donde se desarrolla una alta actividad biológica (Margalef, 1975).

En base a lo anterior, se han implementado modelos que mejoren los estudios de calidad del agua, tomando en cuenta parámetros correlacionables por Percepción Remota, como turbidez, sólidos totales en suspensión, concentración de clorofila a, pigmentos en general y salinidad. Estos modelos -- fueron realizados por (Carpenter et al. 1983; Khorram et al. 1985 y Ruíz-Azuara, 1985), esta última investigadora toma en cuenta además de los parámetros ya señalados a la productividad primaria neta y el pH. El objetivo -- primordial era investigar la utilidad de los datos digitales Landsat, en el desarrollo de modelos estadísticos, para la detección de parámetros de calidad del agua. Estos autores utilizaron datos del satélite conjuntamente con datos obtenidos in situ, obteniendo modelos independientes de cada parámetro elegido para la calidad del agua. Las muestras in situ fueron coleccionadas simultáneamente con el paso del Landsat; se desarrollaron modelos de regresión, entre cada uno de los parámetros de calidad de agua (variables dependientes) y los datos del Landsat (variables independientes). La utilidad de estos modelos se evaluó en base a sus valores predictivos y observados in situ de los parámetros de calidad del agua.

La adquisición y análisis de los datos digitales fué a través del barredor multiespectral Landsat, que es un aparato que registra la energía reflejada, en cuatro intervalos espectrales o en bandas. Estos intervalos son de (0.5 a 0.6 micrómetros verde); (0.6 a 0.7 micrómetros rojo); (0.7 a 0.8 micrómetros y 0.8 a 1.1 micrómetros ambas del infrarrojo cercano). El valor registrado para cada una de estas bandas, depende de la intensidad o brillantez de los objetos que se reflejan. La resolución del terreno efectivo del detector del barredor multiespectral es de cerca de 80 m. Esta unidad de muestra simple es referida como pixel (elemento gráfico). El Landsat - 3 está en órbita a una altitud de la tierra de cerca de 570 millas. Los valores de reflectancia promedio de las cuatro bandas del barredor multiespectral Landsat, para polígonos, alrededor de cada sitio de muestreo, fueron calculados.

El desarrollo de los modelos de calidad del agua, se hizo en base a las mejores relaciones entre cada parámetro de calidad de agua medido en los sitios de muestreo y los valores de reflectancia de las bandas 4, 5, 6, y 7. Los mejores modelos se escogen, de acuerdo a los coeficientes de determinación (R^2) y los valores (F) que son los niveles de significancia, lo que determina la mejor regresión para cada uno de los parámetros seleccionados de calidad de agua. Los coeficientes de correlación, son medidas de la solidez con la cual, fijan los modelos de regresión las mediciones de calidad de agua. Los valores (F) significativos, indican que las variaciones en la respuesta espectral, suman una porción significativa de las variaciones en los parámetros de calidad de agua. Del análisis de los modelos de calidad de

agua, se obtuvieron en general las siguientes conclusiones sobre aplicaciones de datos Landsat :

Los modelos realizados a partir de datos digitales Landsat, han servido para la determinación de parámetros hidrobiológicos como turbidez, salinidad, sólidos suspendidos y pigmento clorofílico además de la productividad primaria neta y pH analizados por Ruiz-Azuara (1985), en los cuales se obtuvieron altos coeficientes de correlación y que forman parte de un cuadro más amplio de análisis, necesario para tener un entendimiento más completo de la calidad del agua.

En los modelos se ha observado por lo general, que los coeficientes de correlación son altos para salinidad y turbidez y relativamente altos, medios y bajos para sólidos suspendidos y clorofila a, así como en estudios de -- (Carpenter, 1983), sobre pigmentos en general.

Con respecto a la salinidad se puede sustituir por la turbidez; dos razones contribuyen a esta consideración: Una es debido a que no se encontró una fuerte diferencia en las características de reflectancia del agua salina y del agua dulce y el otro factor es la fuerte correlación entre los datos de salinidad y turbidez, por lo que el parámetro sustituto puede ser la turbidez, que da la diferencia de la naturaleza menos turbia del agua salina comparada con la del agua dulce.

En el caso del modelo de clorofila a, el amplio rango de frecuencias en las bandas Landsat del barredor multiespectral, puede ser responsable parcialmente cuando se obtienen medio y bajos valores R^2 ; ya que la reflexión en la parte visible e infrarrojo cercano del espectro electromagnético debida a concentraciones de clorofila a, es altamente selectiva. En el modelo de pigmentos obtenido por (Carpenter et al., 1983), en 3 lagos de diferentes regímenes de calidad de agua, los valores predictivos no fueron significativos en uno de los lagos. En base a lo anterior, el tiempo de colección de pigmentos es muy importante, ya que desde estudios previos (Parker y Tranter, 1981 vide Khorram et al. 1985), indican que la fluorescencia para una determinada concentración de pigmentos varía diariamente, con un mínimo en el medio día; por lo que la toma de los datos y el paso del Landsat debe ser simultánea para la validez del modelo y esto hace que el tiempo de la toma de la muestra, sea generalmente un indicador significativo para el pigmento.

Sobre los modelos de sólidos suspendidos totales, la materia suspendida orgánica e inorgánica, contribuye a la respuesta espectral usada para los modelos que se desarrollan, sin embargo no se sabe en que proporción se encuentra, por lo que se necesitan análisis de laboratorio adicionales de los sólidos suspendidos, junto con los datos radiométricos de la banda múltiple, que pueden ser usados para identificar aquellos materiales suspendidos, los cuales contribuyen mucho a la respuesta espectral y con esto mejorar la efectividad de los modelos.

En cuanto a los modelos de turbidez, siempre se encontró una alta correlación entre los valores predictivos y observados.

Para la mayor eficiencia de los modelos de pigmentos y sólidos suspendidos, se propone el uso de barredores con rangos más estrechos de frecuencias, para cada canal, como sería el caso del mapeador temático del Landsat 4 y 5, que es un instrumento de medición, el cual detecta la energía reflejada en seis bandas visibles y bandas infrarrojas, las cuales tienen un rango más estrecho que las cuatro bandas del barredor multispectral y una banda térmica. Los datos del mapeador temático Landsat, pueden producir mejores resultados para la clorofila a y sólidos suspendidos debido a las avanzadas características espaciales (30 metros contra 80 metros), espectrales (7 canales contra 4 canales) y radiométricas (8 bit contra 7 bits) de los datos.

Por medio de los datos digitales Landsat, se encontraron áreas que tenían actividad biológica relativamente alta, caracterizada por turbidez alta, gran cantidad de sólidos en suspensión y altas concentraciones de clorofila a.

Los modelos desarrollados en un cuerpo de agua, son determinados en una fecha, bajo ciertas condiciones ambientales, por lo que se sugiere hacer nuevos modelos bajo diferentes condiciones en el año, como por ejemplo épocas de precipitación y de secas y así poder desarrollar una serie de modelos generalizados aplicables a todo el año.

Los modelos realizados a partir de los datos Landsat, en un cuerpo de agua, no son generalmente aplicables a otros cuerpos de agua, debido a las condiciones climáticas diferentes. Sin embargo sirven como referencia, de los cuales se pueden sacar información necesaria para el desarrollo de otros modelos aplicables a otros sistemas acuáticos. Estos modelos sugieren que los datos del barredor multiespectral Landsat, pueden ser una herramienta - útil en el monitoreo de la calidad de agua, seguida por una recolección limitada de muestras in situ.

Los modelos de regresión lineal multiple, demostraron ser más adecuados en la detección de parámetros de calidad de agua, por lo que el uso de modelos más complejos que involucran términos no lineales, tales como - - aquellos sugeridos por Munday y Alfoldi (1979), puede no ser justificado.

Finalmente, los datos del Landsat, los cuales han estado disponibles durante la década pasada, pueden proporcionar también medios para la monitorización de los cambios que progresan lentamente , los cuales están ocurriendo en las aguas de las costas, por lo que estudios de secuencia en tiempo pueden ayudar a proporcionar una mejor comprensión de como afectan - estos cambios, la calidad del agua sobre el paso del tiempo.

En base a la información descrita, se mencionarán las aplicaciones de - Percepción Remota al presente estudio, de caracterización hidrológica para - evaluar la calidad de agua durante el ciclo otoño 1983 - verano 1984, ya que

no se pudieron conseguir imágenes Landsat correspondientes a este ciclo.

En principio la D.B.O. y D.Q.O., son métodos indirectos de la evaluación de la materia orgánica en base al consumo de oxígeno que nos dan un índice de la calidad del agua. Estos parámetros pueden ser correlacionados en forma indirecta con los datos del Landsat; a este respecto, los sólidos suspendidos que no pudieron ser evaluados en este estudio, sería el parámetro directo de relación con los datos del barredor, en donde se sabría en que proporción la materia orgánica esta afectando en la respuesta espectral. De acuerdo a esto hay que tomar en cuenta, que dentro de la concentración total de sólidos suspendidos, está compuesto por organismos vivos (zooplancton y fitoplancton) (minerales inorgánicos) y detritus en general. La composición diversa de los sólidos suspendidos influirá en la respuesta espectral y dependerá de los análisis evaluados in situ, de saber en que proporción un determinado componente afecta en mayor medida esta respuesta. A este respecto, en la Laguna de Coyuca (Aguirre et al. 1985), obtuvieron lecturas radiométricas in situ y su correlación con parámetros hidrobiológicos (materia orgánica particulada, D.B.O., D.Q.O., carbono orgánico particulado, productividad primaria neta, fitoplancton, clorofila, amonio, nitratos, nitritos, fosfatos), durante el mes de agosto de 1984. Se hicieron correlaciones simultáneas, obtenidas por regresión lineal simple y multiple; el coeficiente de determinación (R^2) del modelo global fué alto (0.97). Así mismo (Aguirre - 1986, en preparación), amplía este estudio, incluyendo los datos radiométricos e hidrobiológicos de febrero y mayo de 1984.

En la información revisada, se ha observado una determinación exitosa de parámetros de calidad de agua, por datos del barredor multiespectral, como son turbidez, sólidos suspendidos y clorofila a, que ha sido mejorada por la implantación de modelos lineales predictores de tales parámetros. Como en el estudio más reciente de Percepción Remota en la Laguna de Coyuca, - utilizando datos Landsat del verano de 1981, para la detección de parámetros hidrobiológicos, en donde en la imagen, no se observaron diferencias aparentes siendo muy homogénea, sin embargo en base a los modelos estadísticos lineales, se pudo establecer diferencias entre los parámetros hidrobiológicos - (salinidad, sólidos suspendidos, transparencia, clorofila a, pH y productividad primaria neta), comparando los valores observados y predichos de cada parámetro por los modelos con altos coeficientes de correlación. Los valores - "F" mostraron ser significativamente más altos con respecto a la clorofila a. A este respecto se considera, que una imagen multiespectral aérea de la Laguna de Coyuca, daría una mayor resolución y por consiguiente se podrían -- detectar diferencias en la imagen, que mejoraran el desarrollo de los modelos con altos niveles de significancia (Rufz-Azuara 1985).

Por todo lo anterior, los parámetros evaluados en el presente estudio, - como transparencia, materia orgánica a través de la D.B.O. y D.Q.O., pueden ser correlacionados con los datos espectrales, los demás parámetros físico-químicos son un apoyo determinante en la comprensión de los mencionados, necesarios en el entendimiento ecológico de la Laguna de Coyuca de Benitez, Guerrero.

X. CONCLUSIONES.

Las condiciones hidrológicas de temperatura, salinidad, transparencia, pH y nutrientes dentro de la Laguna de Coyuca de Benitez, Gro., no se han modificado ostensiblemente durante un ciclo de 8 años aproximadamente. Bajo esta circunstancia, se considera que la Laguna se ha mantenido sin alteraciones hidrológicas, especialmente se caracteriza como una laguna tropical con su máxima temperatura en época primaveral (31.7° en promedio), con carácter de oligohalina ($<5^{\circ}/\text{oo}$), con fuerte influencia continental.

La Laguna de Coyuca desde el punto de vista de sus características -- bióticas presenta 2 períodos al año, con sus máximos de productividad, a través del contenido de oxígeno (12.9 mg/l) y su saturación (129.9%), con sus máximos en la región del canal; además de menor transparencia (7.52 cm) a mediados de la primavera y sus mínimos en invierno y verano.

En cuanto a los nutrientes, éstos registraron concentraciones bajas especialmente para NO_2 (máximos de 2.38 ug-at/l) y NO_3 (máximos de 7.74 ug-at/l) y en mayor contenido de amonio, lo cual puede definir como el elemento más importante dentro del reciclamiento de nutrientes en este sistema con sus máximos en la época de verano (16.6 ug-at/l en promedio). El contenido de fosfatos en lo general fué bajo, sólo mostrando sus máximos en la época de otoño (7.7 ug-at/l) especialmente en la región Este, en los ini--

cios del período de sequía. Tanto NH_4 como PO_4 se ajustan al ciclo bioquímico bioestacional ya señalado. Los parámetros hidrobiológicos no mostraron concentraciones altas que evidenciaran la influencia de actividades humanas.

Tanto la D.B.O. (14.89 mg O_2/l) como la D.Q.O. (21.32 mg O_2/l) fueron bajos. Sin embargo los máximos fueron los de la D.Q.O. primaveral - debido al contenido de fitoplancton. No se considera a través de estos dos parámetros, que las actividades por asentamientos humanos sean determinantes, sino que sus concentraciones denotan una condición ambiental natural, - con variaciones asociadas a la vegetación acuática y circundante. Especialmente aun cuando no había una gran diferencia entre los valores de la D.B.O y D.Q.O., ambas mostraron una cierta regionalización en la Laguna de Coyuca, debido posiblemente a las condiciones particulares dentro de la hidrología, en el plancton y en la vegetación constitutiva.

En base a la revisión bibliográfica, se constato las aplicaciones de Percepción Remota en la estimación de parámetros hidrobiológicos, en especial para determinar la calidad de agua, con sólidos suspendidos, turbidez y clorofila principalmente, implementándose con éxito modelos de regresión lineal múltiple que pueden predecir estos factores, disminuyendo el muestreo de campo. En la Laguna de Coyuca, se han realizado estos estudios donde además de los parámetros hidrobiológicos ya señalados, se han estimado la productividad primaria neta y el pH, con un mayor apoyo en la determinación de la calidad de agua.

Una posibilidad para detectar la D.B.O. y D.Q.O., como una variante de la materia orgánica (calidad química), de los sólidos suspendidos, puede ser - simultáneamente con mediciones radiométricas in situ (en la Laguna) y mediciones espectrales del Landsat.

La aplicación de técnicas de Percepción Remota, necesita de un trabajo interdisciplinario, como en los estudios hidrobiológicos donde se conjuntan bases físicas y biológicas.

Las técnicas de Percepción Remota, se han podido desarrollar en México, ya que se ha contado con recursos humanos, equipo e instalaciones, sin embargo no se puede contar con imágenes aéreas y de satélite frecuentemente, debido a su alto costo, por lo que es importante resaltar, dada la amplia cobertura que ofrece una imagen de satélite principalmente, a un mayor aprovechamiento de esta, realizando estudios más integrales en diferentes disciplinas.

XI. BIBLIOGRAFIA.

- Abiodun, A. 1976. Satellite survey of particulate distribution patterns in lake kainji. Remote Sensing of Environment. 5 : 109-123.
- Aguirre, G. Ry P. Rufz-Azuara - 1985. Radiometría de un cuerpo de agua y su correlación con algunos parámetros hidrobiológicos. Presentado en el XXVIII. Congreso Nacional de Investigación Física. Hermosillo, Sonora. México.
- Aguirre, G. R. 1986. Propiedades ópticas del agua de la Laguna de Coyuca de Benítez, Gro. y su relación con los - parámetros hidrobiológicos. Tesis Prof. Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México.
- Arenas, V. 1979. Balance anual del Carbono Orgánico, Nitrógeno y Fósforo en el Sistema Lagunar Huizache-Caimanero, Sinaloa, México. Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México : 102 p.
- Ardisson, P. L. 1980. Evaluación de las alteraciones provocadas por los desechos de Ingenios Azucareros en la Laguna de Chachalacas, Veracruz. Tesis Prof. Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México : 114 p.

- APHA-AWWA-WPCF. 1980. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 15 th. Ed. American Public Health Association, Washington.
- Burton, J. D. y P. S. Liss. 1976. Estuarine Chemistry. Academic Press Inc, London. 229 p.
- Carpenter, D. J. y S. M. Carpenter. 1983. Modeling Inland water quality using Landsat data. Remote Sensing of Environment. 13 : 345-358.
- Ciaccio L. E. 1971. Water and Water pollution. Hand Book. I. Marcel Dekker, Inc.
- Contreras E. F. 1983. Variaciones en la hidrología y concentraciones de nutrientes del área Estuarino-Lagunar de Tuxpan Tampamachoco, Veracruz México. Biótica. 8 (No. 2).
- Contreras E. F. 1984. Manual de Técnicas hidrobiológicas. Univ. Autón. Metropolitana. México : 149 p.
- Darnell, R. M. 1967. 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.

- Dávila, Z. J. 1986. Distribución y abundancia del Fitoplancton, durante el ciclo Estacional "Verano 83 - Verano 84" en la Laguna de Coyuca de Benítez, Edo. de Guerrero y su posible detección por medio de Técnicas de -- Percepción Remota. Tesis Prof. Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México.
- De La Lanza, E. G. 1986. Química de la fase sedimentaria de las Lagunas costeras. I Reunión Alejandro Villalobos, 1983. Publicaciones especiales del Instituto de Biología. Univ. Nal. Autón. de México (en prensa).
- De La Lanza, E. G. 1986. Evaluación ecológica de la Laguna de Mezcalitán, Nay. Anales Inst. Biol. Cienc. Mar y Limnol. Nota científica. 12 (No. 1): (en prensa).
- Delgadillo, C.E. 1986. Evaluación de la Materia Orgánica Particulada en la Laguna de Coyuca de Benítez, Gro. durante el ciclo Otoño 1983 - Verano 1984 y su relación con Percepción Remota. (Tesis Prof.) Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México.
- De Man, G. 1983. Oil pollution monitoring waste disposal site monitoring. Daedalus Scanner Applications. Worlwide. 1983 Compendium. 14.

- Díez, P.J.A. y F.G. 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.
- Finley, R. J. and R.W. Baumgardner Jr. 1980. Interpretation of surface - water circulation, Aransas Pass, Texas, using Landsat imagery. Remote Sensing of Environment. 10 : 3-22
- Gamboa, B.R., A.J. García., J. Benítez y T. Okuda. 1971. Estudio de las condiciones hidrográficas y químicas en el agua de la Laguna de Tacarigua. Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. 10 (2) : 55-72.
- García, de M.E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3a.ed. Instituto de Geografía. Univ. Nal. Autón. México.
- Godshalk, G. L. y R.G. Wetzel. 1978. Descomposition of aquatic angiosperms I. Dissolved Componentes. Aquat. Bot. 5 : 281-300.
- Golterman, H.L. 1969. Methods for chemical analysis of Fresh Waters. International Biological Programme 7 Marylhone Road London Blackwell Scientific. Oxford and Edinburg : 104-109.

- Gómez-Aguirre, S. 1981. Comunidades planctónicas representativas de los 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.
- Guzmán, A. M. y J.L. Rojas, G. 1976. Ecología de Lagunas Costeras (Coyuca de Benítez). Curso de Biología de Campo.
Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México.
- Holyer, R.J. 1978. Toward universal multispectral suspended sediment algorithms. Remote Sensing of Environment. 7 : 323-338.
- Hutchinson, E.G. 1957. Chemistry of Lakes. A treatise on Limnology. Wiley Ea. Sons. New York. I. part. II.
- Khorram, S. 1985. Development of water quality models applicable throughout the Entire San Francisco Bay and Delta. Photogramm. Eng. Remote Sens. 51 (1). January 1985: 53-62
- Khorram, S. y H. M. Cheshire. 1985. Remote sensing of water quality in the Neuse River Estuary, North Carolina. Photogramm. Eng. Remote Sens. 51. (3). March 1985: 329-341.

- Klemas, V., J.F. Borchardt y W. M. Treasure. 1973. Suspended sediment observations from Erts-1. Remote Sensing of Environment. 2 : 205-221.
- Klemas, V. and D.F. Polis. 1977. A study of density fronts and their effects on coastal pollutants. Remote Sensing Of Environment. 6 : 95-126.
- Klemas, V., D.S. Bartlett y W. D. Philpot. 1980. Remote sensing of marine fisheries resources in : Advanced Concepts in Ocean Measurements for Marine Biology. (F.P. Diemer, F.S. Vernberg and D.Z. Mirkes, eds.) Univ. of South Carolina Press. Columbia.
- Klimek, R. 1978. The hydrochemistry and productivity of three coastal Tropical lagoons in the south of México. Tesis Doctoral.
- Kritikos, H., S. Yorinks y H. Smith. 1974. Suspended solids analysis using Erts- A data. Remote Sensing of Environment. 3 : 69-78.
- Lankford, R. R. 1976. Coastal Lagoons of México. Their origin and clasification. International Estuarine Research Conp. Galveston, 1975. Ed. Martin Wiley. Academic Press. New York.

- Lemus, H. L., J. Rodríguez y P. Ruíz - Azuara. 1980. The infrared photography and the Limnological study of the Brockman Dam. Proceedings of the fourteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment : 1611-1618.
- Mandelli, E.F. y A. Vázquez. B. 1976. Informe final de la tercera etapa de estudio sobre uso de la zona costera en los estados de Michoacán y Guerrero. Subprograma de Hidrología, Centro de Cienc. del Mar y Limnd. Univ. Nal. Autón. México. (reporte no publicado).
- Mann, K. H. 1982. Ecology of Coastal Waters, a Systems Approach. Studies in Ecology. University of California Press Berkeley and los Angeles. 322 p.
- Margalef, R. 1975. Ecosistemas acuáticos, productividad primaria y secundaria, 3o. curso de capacitación Fao (Sida) sobre contaminación de las aguas en relación con la protección de los recursos vivos. Lima Perú 10 de Feb. al 22 de Marzo.
- Mee, L.D. 1977. The chemistry and hidrography of some tropical coastal Lagoons-Pacific coast of México. Tesis Doctoral. Departmen of Oceanography. Univ. of Liverpool. 169 p.

- Monreal, P.A. (en preparación). Evaluación de la concentración de clorofila a Fitoplanctónica en la Laguna de Coyuca de Benítez, Gro. durante el ciclo estacional de Verano 1983 a Verano 1984 y su relación con Técnicas de Percepción Remota.
- Munday, J. C. Jr. y T.T. Alfoldi. 1979. Landsat test of diffuse reflectance models for aquatic suspended solids measurement. Remote Sensing of Environment. 8 : 169 - 183.
- Norma Oficial Mexicana Nom - AA-28-1981. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno. Dirección General de Normas. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.
- Odum, E. P. 1971. Fundamentals of ecology. W. B. Saunders Co., Philadelphia. 574 p.
- Okuda, T., A. J. García y J. Benítez. A. 1965. Variación estacional de los elementos nutritivos en el agua de la Laguna y el Río Unare. Separata del boletín del Inst. Oceanográfico. Univ. de Oriente. Venezuela. IV. (1) : 123-135.
- Okuda, T., B. R. Gamboa y A. J. García. 1969. Seasonal variations of hydrographic conditions in the Cariaco French. Boletín Inst. Oceanogr. Univ. Orient. 8 (1 y 2): 21-27

- Okuda, F., J. Benítez y E. Fernández. A. 1969. Vertical distribution of inorganic and organic Nitrogen in the Cariaco Trench. Boletín Inst. Océanogr. Univ. Oriente. 8 (1 y 2) : 28-34.
- Pérez, Z. A. Ma. 1986. Productividad primaria Fitoplanctonica de la Laguna de Cuyuca de Benítez Guerrero, en el período Verano 1983 - 1984 y su posible detección por Percepción Remota. Tesis Profr. Fac. de Cienc. Univ. Nal. Autón. México.
- Pesson, P. 1979. La Contaminación de las Aguas Continentales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 327 p.
- Phleger, F. 1969. Some general features of coastal lagoons. Lagunas Costeras, un Simposio. Mem Simp. Intern. Lagunas Costeras. UNAM-UNESCO, Nov. 28-30, 1967. México : 5-26
- Riley, J.P. y R. Chester. 1971. Introduction to marine chemistry. Academic Press, London.
- Ruiz-Azuara, P. y L. Lemus. H. 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.

Ruiz-Azuara, P. y L. Lemus. H. 1978 Spectral characteristics in UV-VIS-IR of materials in Requena and La Esperanza Dams and their detection by Remote Sensing. Proceedings of the Twelfth Internacional Symposium on Remote Sensing of Environment : 1937-1946.

Ruiz-Azuara, P., A. Ma. Pérez. Z. y Ma. del P. Segana. 1983. Leninological study of the coastal Lagoon "Coyuca de Benítez, Gro." during an annual cicly (Summer 1981-Spring 1982). Presented in the Seventeenth International Symposium on Remote Sensing of Environment, May 9-13. (to be published).

Ruiz-Azuara, P., A. Ma. Pérez. Z. y Ma. del P. Segarra. 1983. Coastal Lagoon study in México. Deadalus Scanner Applications. Worlwide. 1983. Compendium. 21.

Ruiz-Azuara, P., G. De la Lanza. E y F. Vega. R. 1983. Hidrología de cuerpos de agua y Percepción Remota. Memorias del Seminario sobre la Percepción Remota en México. Laboratorio Interdisciplinario. Fac. de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México : 167-181.

Ruiz-Azuara, P. 1985. Detecting hidrobiological parameters with Landsat-3: Summer 1981 data. Presented at Nineteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment. Ann Arbor, Michigan-(to be published).

- S.A.H.O.P. 1978. Dirección General de Ecología Urbana.
Ecóplan del Edo. de Guerrero.
- S.A.R.H. 1986. Datos climáticos de la estación Coyuca de Benítez
(1981-1984). Serv. Meteor. Nal.
- S.A.R.H. 1986. Datos de calidad del agua de las Lagunas
de Coyuca y Mitla, Gro. Residencia General de
Protección y Ordenación Ecológica. En el Edo.
de Guerrero.
- Silva, R. G. 1980. Percepción Remota. Revista de Ciencia
y Tecnología. 1983.
- Sosa, L. M. 1982. Estudio preliminar de algunos parámetros
hidrológicos de las Lagunas de Mandinga, Ver. México.
Durante 2 épocas climáticas diferentes. Tesis Prof.
E.N.E.P. Zaragoza. Univ. Nal. Autón. México.
- Strickland, J. D. y T.R. Parsons. 1978. Practical handbook
of sea water analysis. Journal of the Fishereis.
Research. Board of Canada.
- Villalobos, F. A., S. Gómez, V. Arenas, J. Cabrera, G. De La Lanza
y F. Manrique. 1975. Estudios hidrobiológicos en la
Laguna de Alvarado. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón.
México. Ser. Zoología (1) : 1-34

- Villalobos, F. A., S. Gómez, V. Arenas, A. Rezendez y G. de La Lanza. 1976. Estudios hidrobiológicos en la Laguna de Tamiahua. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. XXXVII.
- 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. Univ. Nal. Autón. México. Publ. Esp. 2: 1-306
- Zarco, M. A. 1983. La Percepción Remota en México. Antecedentes, estado actual, y perspectivas. Dirección General de Geografía.