

---

---

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

---

---

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES



**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICOS Y ANÁLISIS  
BACTERIOLÓGICOS DE LA LAGUNA "LOS OTATES"  
MUNICIPIO DE CIHUATLÁN, JALISCO, MÉXICO,  
CICLO 1994-1995.**

---

---

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADO EN BIOLOGIA**

**P R E S E N T A**

**JOSÉ LUIS ACUÑA DOMÍNGUEZ**

**LAS AGUJAS ZAPOPAN, JALISCO. ENERO 1997.**

---

---

C. Dr. Alfonso Islas Rodriguez  
Director de la Facultad de Ciencias Biologicas  
de la Universidad de Guadalajara.

P R E S E N T E.

Por medio de la presente nos permitimos informar a Usted que habiendo revisado el trabajo de tesis que realizo el pasante en Biología José Luis Acuña Dominguez, con código número 087173763, con el título "Caracterización Físico-Química y Analisis Bacteriológicos de la laguna Los Otates Municipio de Cihuatlán, Jalisco, México", consideramos que reúne los meritos necesarios para la impresion de la misma y la realización de los exámenes profesionales respectivos.

Comunicamos lo anterior para los fines que haya lugar.

A T E N T A M E N T E  
Guadalajara, Jal. a 7 de Junio de 1996.


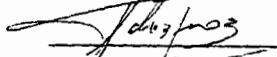

EL DIRECTOR DE TESIS.

  
M. en C. JOSE MARISCAL ROMERO.

MA. CRUZ ARRIAGA RUIZ.

SALVADOR VELAZQUEZ N.

HECTOR ROMERO R.

  
 12 Sep 96  
 12 Sep 96

## AGRADECIMIENTOS

A EMILIO MICHEL MORFIN, POR EL APOYO, RECOMENDACIONES, Y POR LA AMISTAD BRINDADA.

A MI DIRECTOR DE TESIS M. EN C. JOSE MARISCAL, POR SUS ENSEÑANZAS, COMPRESION Y PACIENCIA.

A MI ASESOR ARNULFO HERNANDEZ D. POR SU BUENOS CONSEJOS Y ORIENTACIONES.

A MIS SINODALES, MA. CRUZ ARRIABA R., HECTOR ROMERO R., SALVADOR VELAZQUEZ M., POR LA REVISION, SUGERENCIAS Y ATENCIONES BRINDADAS A ESTE TRABAJO.

A TODOS MIS COMPAÑEROS QUE SE HOSPEDARON EN LA CASA AZUL, ESPECIALMENTE A FERNANDO GONZALES O., SERGIO RIZO, YASMIN GUADALUPE GONZALES P. QUE ME BRINDARON SU VERDADERA AMISTA Y CONFIANZA.

A TODOS LOS AMIGOS Y COMPAÑEROS DEL CENTRO DE ECOLOGIA COSTERA, POR LA AMISTAD QUE ME HAN BRINDADO.

A MI NOVIA MELINA DIAZ A. POR DARME SU COMPRESION Y ALIVIO EN LOS MOMENTOS DIFICILES.

## DEDICATORIAS

A MI DIOS EL CUAL HA DIRIGIDO MI VIDA POR UN BUEN CAMINO Y HA ESTADO CONMIGO SIEMPRE.

AL CENTRO DE ECOLOGIA COSTERA, POR TODO EL APOYO QUE RECIBI PARA LA CREACION DE ESTE TRABAJO.

A MI TIA EVANGELINA LARIOS FAJARDO, POR ORIENTARME Y GUIARME HASTA EL FINAL DE MI CARRERA, POR SU AYUDA INCONDICIONAL QUE ME HA BRINDADO A LO LARGO DE TODO ESTE TIEMPO Y A SU GRANDE PERSONA QUE A SIDO COMO UNA SEGUNDA MADRE.

A MIS PADRES QUE ME DIERON LA EXISTENCIA Y QUE LUCHARON POR DARME LA OPORTUNIDAD DE VIVIR.

A MI GRAN Y QUERIDA HERMANA, QUE ES UN EJEMPLO DE BONDAD, AMOR Y DE LUCHA.

## INDICE GENERAL

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTAS DE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	x
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	5
JUSTIFICACION.....	8
OBJETIVOS.....	9
AREA DE ESTUDIO.....	10
MATERIAL Y METODO.....	12
RESULTADOS.....	19
Parámetros Fisico-químicos	19
Oxígeno disuelto	19
Salinidad	20
Temperatura	20
Potencial de Hidrógeno	21
Conductividad eléctrica	22
Profundidad	23
Trasparencia	23
Turbidez	23
Análisis bacteriológicos	24
coliformes totales	24
coliformes fecales	27
DISCUSION.....	30
CONCLUSIONES.....	39
RECOMENDACIONES.....	41
LITERATURA CITADA.....	43
ANEXO DE FIGURAS Y TABLAS.....	48

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Area de estudio. ....	49
Figura 2. Las 6 estaciones del muestreo prospectivo bacteriológico de la superficie y fondo, como la ubicación de las 6 estaciones de muestreo en el ciclo anual.....	50
Figura 3. Estaciones de muestreo prospectivo, para la laguna Los Otates, base para determinar el tamaño de muestra y localización de las estaciones de muestreo.....	51
Figura 4. Esquema metodológico para la determinación del índice de (NMP) de coliformes totales y fecales .....	52
Figura 5. Comportamiento temporal de a) Oxígeno disuelto ml/l b) Salinidad ppm (oo/o).....	53
Figura 6. Comportamiento temporal de a) Temperatura °C b) Potencial de Hidrógeno.....	54
Figura 7. Comportamiento temporal de a) Conductividad eléctrica $\mu$ mos/cm y b) Turbidez (%).....	55
Figura 8. Comportamiento temporal de a) Profundidad (Cms) b) Transparencia (Cms).....	56
Figura 9. Comportamiento de la correlación entre los promedios de coliformes totales y fecales estaciones .....	57

- Figura 10. Comportamiento de la correlación entre los promedios de coliformes totales y fecales estaciones .....58
- Figura 11. Resultados de los análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes totales en 100 ml de a) mayo y b) junio.....59
- Figura 12. Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes totales en 100 ml de a) julio y b) agosto.....60
- Figura 13. Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes totales en 100 ml de a) septiembre y b) noviembre.....61
- Figura 14. Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes totales en 100 ml de a) diciembre y b) enero..62
- Figura 15. Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes totales en 100 ml de a) febrero y b) marzo.....63
- Figura 16. Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes fecales en 100 ml de a) mayo y b) junio.....64

- Figura 17. Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes fecales en 100 ml de a) julio y b) agosto.....65
- Figura 18. Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes fecales en 100 ml de a) septiembre y b) noviembre.....66
- Figura 19. Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes fecales en 100 ml de a) diciembre y b) enero..67
- Figura 20. Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes fecales en 100 ml de a) febrero y b) marzo.....68



**LISTA DE TABLAS**

- Tabla I. Resultados del muestreo prospectivo de parámetros de la laguna Los Otates base para el tamaño y la localización de las estaciones de muestreo.....69
- Tabla II. Resultados de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del muestreo prospectivo de 24 hrs, base para determinar el horario de muestra.....70
- Tabla III. Resultados de los análisis bacteriológicos prospectivo base para determinar el nivel de la columna de agua a muestrear.....71
- Tabla IV. Índices del NMP/100 ml, para coliformes totales y fecales de acuerdo a la combinación de tubos positivos de diluciones de 1.0, 0.1, 0.01, 0.001, modificado de Standard Methods A.P.H.A. (1989).....72
- Tabla V. Valores máximos, mínimos y promedios del oxígeno disuelto en la laguna " Los Otates" con prueba de Duncan para señalar la significancia estadística de la variación espacio temporal.....73
- Tabla VI. Valores máximos, mínimos y promedios de salinidad en la laguna Los Otates con prueba de Duncan para señalar la significancia estadística de la variación espacio temporal.....73

- Tabla VII. Valores máximos, mínimos y promedios de temperatura en la laguna Los Otates con prueba de Duncan para señalar la significancia estadística de la variación espacio-temporal....74
- Tabla VIII. Valores máximos, mínimos y promedios del pH (potencial de Hidrógeno) en la laguna Los Otates con prueba de Duncan para señalar la significancia estadística de la variación espacio temporal.....74
- Tabla IX. Valores máximos, mínimos y promedios de conductividad eléctrica en la laguna Los Otates con prueba de Duncan para señalar la significancia estadística de la variación espacio temporal.....75
- Tabla X. Valores máximos, mínimos y promedios de turbidez en la laguna Los Otates con prueba de Duncan para señalar la significancia estadística de la variación espacio temporal.....75

## RESUMEN

Se caracterizó por medio de algunos parámetros físico-químicos del agua a la laguna de "Los Otates" Municipio de Cihuatlán. Se registraron los valores mensuales en un ciclo anual, los cuales determinaron la dinámica ambiental y sus variaciones en el tiempo. Se observó que este cuerpo de agua se comporta como un sistema homogéneo, con variaciones no significativa entre las estaciones, sin embargo la variación temporal estudiada fue significativa en los meses.

Se realizaron análisis bacteriológicos del grupo coliformes totales que comprenden a todas las bacterias de la familia Enterobactericidae y fecales las cuales se representan por el genero Escherichia coli. Las muestras fueron tomadas de seis puntos estratégicos a lo largo de todo el cuerpo de agua.

Se concluye que este sistema posee una influencia antropogenica fuerte que provoca un impacto severo en su parte alta. Los resultados obtenidos sobrepasan la Normas Oficiales Mexicanas, en la calidad de uso recreativo con contacto primario, uso en la acuicultura, y la protección de la vida silvestre, ya que la laguna es receptora de las descargas de aguas residuales de poblaciones aledañas y contienen material fecal de origen humano, que alteran su calidad.

## INTRODUCCION .

Las lagunas costeras se formaron en la última glaciación acontecida hace aproximadamente 18 mil años; la elevación del nivel del mar ocasionó que el océano invadiera depresiones costeras, valles y deltas de ríos, lo que formo la actual línea costera, que incluye bahías y entradas del mar. En las áreas donde existe aporte de agua provenientes del drenaje continental, se formaron estuarios y lagunas costeras, esta es una propiedad que distingue a esos cuerpos acuáticos de los continentales; la zona de la costa de México se extiende por 10,000 km a lo largo del borde de el Pacifico, Golfo de México, y el Caribe, los cuales contienen aproximadamente 125 lagunas costeras (Lankford, 1977).

Las lagunas costeras son cuerpos acuáticos litorales que tienen en su mayoría comunicación permanente o efímera con el mar y son el encuentro entre dos masas de agua de diferentes características, lo que causa fenómenos peculiares en su comportamiento fisico-químico y biológico, con sus consecuentes causas ecológicas (Contreras, 1985).

Estos sistemas lagunares costeros se caracterizan por sus comunidades bióticamente distintas a las marinas y dulce acuícolas, ya que constituyen ecosistemas con características propias y presentar hábitat muy peculiares, por lo cual se ven afectadas por numerosos factores que inciden en la

productividad biológica como: la geomorfología, batimetría, régimen de mareas, corrientes, descargas de ríos que aportan nutrientes (fosfatos, nitratos y materia orgánica en suspensión), temperatura, salinidad, vegetación circundante y sumergida (Yañez-Arancibia y Day, 1988).

Las lagunas costeras son un recurso natural que el ser humano ha utilizado desde tiempos inmemoriales, como una fuente de recursos alimenticios, medios de transporte y como ambientes receptores de desechos, sin embargo una de las propiedades más importantes de las lagunas costeras es la influencia que tienen estas en los factores climatológicos, primordialmente sobre la temperatura y la humedad, lo que da como resultado un clima propio de la zona, y su vegetación es producto de su clima y la humedad es el factor primordial que limitará la distribución de plantas y animales (Krebs, 1985).

El conocer la dinámica ambiental y el impacto ecológico por su uso en estos ecosistemas lagunares, permiten apreciar de una manera objetiva el comportamiento de ciertas poblaciones de organismos, así como la interacción entre ellos, lo cual depende de las variables ambientales y las influencias externas a estos.

El monitoreo físico-químico y bacteriológico, permite determinar cuales son las concentraciones de los contaminantes, el índice de poblaciones microbianas y señala en que período estos alcanzan un valor máximo que ponga en riesgo al ser humano como a las especies y poder proponer medidas de mitigación y evitar futuras contingencias.

Estos estudios pueden detectar ciertos valores que permitan relacionar y entender el comportamiento de sustancias y materiales contaminantes, por ejemplo la contaminación bacteriana a corto plazo puede causar problemas de salud pública a la población (Yañez-Arancibia y Day, 1988). Ya que existen microorganismos patógenos en el agua, que con frecuencia producen infecciones del aparato digestivo, como, fiebre tifoidea, paratifoidea, disentería (bacilar ó amebiana) y cólera, los agentes etiológicos se encuentran de las enfermedades anteriores se pueden encontrar en las materia fecal y orina de los infectados y cuando son eliminados pueden llegar a un depósito que desemboque en una fuente de agua para beber (Pelczar, et al. 1982).

Algunos de los microorganismos patógenos que llegan a los depósitos de agua, proceden de la materia fecal de hombres y animales. Además ciertas especies de bacterias, particularmente Escherichia coli y varios microorganismos similares denominados coliformes, estreptococos fecales, Streptococcus fecalis y Clostridium perfringens, siempre están en la materia fecal humana, por lo tanto la presencia de cualquiera de estas especies es evidencia de contaminación por desechos domésticos. Este grupo de bacterias fecales, comprende a todos los bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gram negativos, no esporulados que producen ácido y gas al fermentar la lactosa. Las especies clásicas de este grupo son Escherichia coli y Enterobacter aerogenes, y presentan una relación simbiótica con otros del

tracto entérico humano, gram negativos no esporulados como, Salmonella, Shigella, Proteus, Pseudomona y Alcaligenes, (Pelczar, et al. 1982).

Escherichia coli y muchas otras de las bacterias intestinales (E. aerogenes, Proteus, Morganella, Providencia y Citrobacter), son miembros de la flora intestinal normal, y por lo general no producen enfermedades, e incluso contribuyen al funcionamiento normal y la nutrición, sin embargo, estas bacterias se vuelven patógenas cuando llegan a los tejidos que están fuera del tubo digestivo en particular atacan la vías biliares y urinarias, los pulmones, el peritoneo y meninges, lo que producen inflamación en estos sitios (Pelczar, et al. 1982).

Además de estas formas de infección, algunos de estos microorganismos puede adquirirse a través de la ingestión de agua contaminada y/o alimentos contaminados o por contacto directo interhumano (Prats y Mirelis, 1992).

## ANTECEDENTES

Los estudios sobre índices de contaminación en base al método de el número más probable (NMP), en sistemas lagunares costeros, han sido pocos en el estado de Jalisco, en relación a los que se realizan a aguas continentales, para determinar su calidad de agua potable o de servicio, además estos análisis con tubos de fermentación requieren que las muestras tengan un procesamiento inmediato, para no perder su viabilidad.

Cada estudio en base a esta metodología hace una descripción de algunos parámetros físico-químicos, para relacionar a los microorganismos con su medio ambiente.

Estudios realizados con este método han sido el de: Rodríguez y Romero (1981), que determinaron, niveles de contaminación bacteriana en dos sistemas fluvio-lagunares asociados a la laguna de Términos, Campeche, y encontraron valores de coliformes mayores de 24,000 bacterias/100 ml. Describen una dilución de los afluentes contaminados, asociado a el comportamiento temporal de la lluvia.

Romero y Rodríguez (1982), determinan niveles de coliformes en el sistema lagunar del Carmen-Machona, Tabasco. Concluyen que la principal fuente de contaminación por coliformes es la descarga de aguas negras; así mismo, la distribución irregular de las poblaciones microbianas



estudiadas, lo atribuyen a la influencia de las corrientes, también, encuentran una relación inversa entre los valores de coliformes totales y la salinidad.

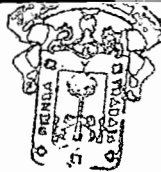
Ortiz (1984), realizó una evaluación de los niveles de coliformes y estreptococos fecales en la laguna de Cuyutlán, Colima. Con la técnica de filtro de membrana, encontró valores mayores de 3,256 Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/100 ml de coliformes fecales, encontrados en la parte cercana a la ciudad de Manzanillo, lo que refleja una influencia directa de la zona urbana como principal fuente de contaminación a la laguna. el patrón de dilución/concentración, se asoció al temporal de la lluvia y corrientes, como al aumento del turismo en la zona.

Hernández (1993), en Jalisco, realizó un estudio en el estero El Chorro, determinó el índice de contaminación por medio del Número Más Probable (NMP) de bacterias coliformes, y encontró una relación entre el comportamiento del índice (NMP), con la apertura de la boca de comunicación marina, disminuían los valores al estar abierta.

Pérez (citado por Hernández, 1993) señala que el agua marina posee una propiedad bactericida, sin embargo no encontró una relación lineal con las temperatura y pH del agua, además determinó que las bacterias tienen un rango de distribución vertical amplio (15-100 cm).

Botello, (1978), estudió los parámetros físico-químicos en ambientes costeros, describió la variación de los parámetros hidrológicos en la épocas de sequía y lluvias en

la laguna de Términos, Campeche, los datos presentaron comportamiento gradual en función de la distancia a la boca de comunicación oceánica.



BIBLIOTECA CENTRAL

8

## JUSTIFICACION

Por el grado de contaminación de los ríos en nuestro País, los sistemas estuarino-lagunares presentan un alto grado de contaminación y deterioro principalmente aquellos que se encuentran cerca de centros urbanos ó que en la trayectoria de sus afluentes desemboquen aguas negras, ya que por su propia conformación, son lugares propicios para la acumulación de diversos materiales.

En la actualidad, la laguna de Los Otates, en las cercanías de San Patricio Melaque y Jaluco, ha sido objeto de una fuerte presión de uso, ya que se ha reducido su volumen de captación, y en ella se han vertido importantes cantidades de aguas residuales, lo que ha traído como consecuencia, la especulación de la población al considerarla como un foco de infección y riesgo para la salud pública y el turismo.

De acuerdo a lo anterior este estudio pretende hacer una descripción de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos más importante de la laguna, que permita obtener información básica y confiable del estado actual del cuerpo de agua, y de esta forma proponer medidas de uso y mitigación de los impactos que ayuden a elaborar una estrategia de ordenamiento, para el mejor manejo de la misma.

## **OBJETIVO GENERAL**

-Determinar algunas características físico-químicas, así como, la variación cuantitativa microbiana del grupo coliforme, como índice de contaminación en la calidad bacteriológica del agua, en la laguna "Los Otates" Municipio de Cihuatlán, Jalisco, durante un ciclo anual (1994-1995).

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

-Determinar la variación espacio temporal de los parámetros físico-químicos : Oxígeno disuelto, salinidad, temperatura, pH, conductividad eléctrica, profundidad y turbidez.

-Evaluar cuantitativamente las bacterias del grupo coliforme (totales y fecales) como indicadores de el grado de contaminación en el cuerpo de agua.

-Describir la variación espacio temporal de la abundancia de coliformes totales y fecales en el interior del sistema.

&gt;

## AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra al Noroeste de la República Mexicana, entre el paralelo  $19^{\circ} 12' 42''$  Latitud Norte y el meridiano  $104^{\circ} 41' 15''$  de Longitud Oeste (Fig. 1).

El sistema se localiza en la costa Sur del Estado de Jalisco, en el Municipio de Cihuatlán, posee un área aproximada de  $16.750 \text{ m}^2$ .

Esté cuerpo de agua es considerado como una laguna costera de boca éfimera y presenta una barrera física de arena, con arroyos pequeños que forman deltas, la salinidad que se presentó es baja (0-3 ppm), lo que predomina un sistema oligohalino determinado en la clasificación de Venecia modificada por Weinsten, et al., (1980).

El clima en la región es de tipo  $A_w (w)(i)$  de acuerdo a García (en contreras, 1985), que se define como cálido subhúmedo, y es el menos húmedo de los cálidos subhúmedos.

La precipitación media oscila entre los 800 y 1200 mm y la temperatura ambiente media anual es mayor de  $22^{\circ}\text{C}$ , la máxima incidencia de lluvias se presenta en septiembre con un rango de 220 a 230 mm y el período de mínima precipitación se manifiesta en abril con intervalo de 10 mm; La máxima temperatura ambiente se presenta en los meses de junio, julio y agosto, con valores que oscila entre los  $28^{\circ}\text{C}$  y la mínima

La vegetación dominante en el área es representada por especies tales como:

Phragmites communis o carrizal que se localizó en todo el sistema lagunar, es una especie dominante tanto externa e interna, ya que forma grandes islotes. Typha, sp. o Tule que se encontró a la orilla y largo de la barrera arenosa. Salix, sp. árboles de sauce, que se localizó en la rivera noroeste del sistema. Existen también pequeñas áreas de Cocos nucifera Palmar de coco y Avicenia nitida Mangle, en la parte Oeste. En la superficie del agua encontramos grandes cantidades de Richhornia grassipes o lirio acuático, como vegetación flotante; y Cyperus papyrus papiro, que se encontró por la parte alta y media del sistema, como vegetación enraizada emergente.

Los afluentes que abastecen a la laguna son cuatro arroyos "El Seco" y "Del Pedregal" y dos más sin nombre conocido. El sedimento del cuerpo de agua, esta constituido por uno o más estratos. En la parte alta del canal, esta constituido en su totalidad de limo, la parte media alta en donde se conjuntan dos canales principales, se constituye en arena-limosa, la parte central del sistema lo forma los limos con vegetación y la parte baja de arena, los canales que se encuentran al este, se componen de arcilla-arenosa y/o arena limosa.

## MATERIAL Y METODOS

### PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

Se realizaron muestreos mensuales durante un ciclo anual en seis estaciones, se registraron in situ las lecturas de los parámetros con equipos analíticos de campo previamente calibrados:

La salinidad, conductividad eléctrica y temperatura, fueron registrados con equipo electrónico (Cole-Parmer, mod. S-C-T Meter L-014886-00), el oxígeno disuelto, con un oxigenómetro de campo (Cole-Parmer, mod. Oxigen Meter for Field Work L-05946-75), el pH, se registró con un potenciómetro de laboratorio (Conductronic, mod. pH 20), y la turbiedad se expresa en este trabajo como un índice porcentual de relación inversa entre las profundidades de la estación, y la de extinción del disco de Secchi. Esta relación indirecta se usa como un índice ecológico en interpretación de el ambiente en el estudio de la zona costera, Yañez-Arancibia, Sánchez-Gil (1986), y es el resultado de la siguiente expresión:

$$T = ( ( t / p ) 100 ) - 100$$

Donde :

T = Porcentaje de la transparencia

t = Extinción de el disco de Secchi

p = Profundidad del sitio

Para la determinación de la variación espacio temporal en los parámetros físico-químicos dentro de las estaciones, a los datos obtenidos, se les practicó un análisis de varianza y la complementaria prueba de Duncan o comparación de intervalos (Steel-Torrie, 1989), de esta forma se determinó la variación en un ciclo anual.

## **ANALISIS BACTERIOLOGICOS**

El análisis cuantitativo de bacterias se basó en conteos del grupo Enterobacter llamadas también coliformes (Jawet, et al. 1987); mediante la utilización de tubos múltiples de fermentación por el método del número más probable (NMP), descrito en Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (Pelczar, et al. 1982), los niveles de coliformes totales y fecales en el sistema lagunar, se obtuvieron al comparar los resultados de las combinación de diluciones con respecto a los tubos positivos, con las combinaciones de la tabla de índices del NMP/100 ml, descrito en A.P.H.A. (1989).

## **RECOLECCION DE LA MUESTRA BACTERIOLOGICA**

Las muestras que se tomaron para el análisis bacteriológico, se recogieron en frascos de aproximadamente 150 ml con tapón de rosca de plástico, lavados, enjuagados con agua limpia y bidestilada, envueltos con papel estraza y esterilizados a 121°C, 1.5 kg/cm<sup>2</sup> por 20 min.

En el momento de la toma de muestra, se sujetó el frasco



con la mano, cerca de su base y se sumergió debajo de la superficie a una profundidad de 15 cm, con la boca hacia abajo, en este momento se invierte el frasco para que la boca quede ligeramente hacia arriba. Simultáneamente, se hizo una corriente artificial en dirección opuesta a la de la mano, se dejó un amplio espacio de aire en el frasco para facilitar el mezclado de la muestra por agitación (Mac.Carthy, 1957).

Como paso previo al examen la muestra se etiquetó con los siguientes datos :

**Número de estación**

**fecha**

**temperatura**

**pH**

Todos los muestreos y trabajo de campo se llevaron a cabo en una embarcación de lamina de aluminio con 2.5 metros de eslora con motor fuera de borda Jhonson de 25 hp. El examen bacteriológico de las muestras de agua se inició inmediatamente después de la recolección y para asegurar aún más la viabilidad de las muestras estas se colocaron en una hielera, y se trató de mantener la temperatura similar a la del sistema o por debajo de los 10°C hasta transportarlas al laboratorio, (Mac.Carthy, 1957).

## **PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS**

La técnica para la determinación de presencia de coliformes totales en el agua, consta de tres pruebas distintas:

- a) Prueba presuntiva, que se realiza en todos los casos.
- b) Prueba confirmatoria, que se utiliza para comprobar los resultados de la presuntiva.
- c) Prueba complementaria, que es opcional y se realiza cuando los resultados de la confirmatoria son dudosos (Cárdenas y Bayardo, 1973).

En este estudio se utilizaron sólo las dos primeras pruebas (la presuntiva y confirmatoria), suficientes para evaluar el índice del (NMP) para coliformes totales en la laguna de Los Otates.

El procedimiento de la Prueba presuntiva fue el siguiente, de cada 100 ml de muestra, se realizaron diluciones con una concentración de 1.0, 0.1, 0.01 y 0.001 ml, (de acuerdo con Rose 1977, para las diluciones de 0.1, 0.01 y 0.001 se utilizó una solución de agua bidestilada al 0.1 % de pectona de caseína, como base amortiguadora y de protección), posteriormente de estas se hicieron cinco replicas de 1 ml por cada dilución y se inocularon cinco tubos de fermentación que en el interior contenía un tubo de Durham, con 10 ml de caldo lauril tripticasa y se agitaron 25 veces. Se encubaron a  $35 \pm 0.5$  °C por un tiempo de  $24 \pm 2$  hrs, transcurrido el tiempo se examinaron visualmente y se consideraron como positivos los tubos que tuvieron presencia de gas dentro del tubo de Durham, en caso contrario se reicubaron 12 hrs más y se examinaron al final de  $48 \pm 3$  hrs, al final de este tiempo los tubos que presentaron formación de gas, se consideran como positivos (Fig. 4).

Procedimiento de la Prueba confirmativa fue el siguiente. A los tubos de la prueba presuntiva que se consideraron positivos en ambos lapsos de tiempo, se les tomo una muestra con una asa de nicromo, con aro de 3 mm de diámetro y se inocularon los tubos de fermentación, que contenían 10 ml de caldo bilis verde brillante. Posteriormente, todos los tubos se incubaron a una temperatura de  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por  $48 \pm 3$  hrs, se examinó nuevamente la presencia de gas y se consideraron positivos o negativos de acuerdo a la cantidad de gas y coloración del medio (Fig. 4).

La combinatoria de los valores positivos y negativos de los tubos en las distintas diluciones, fueron comparadas con las combinaciones de la tabla del número más probable en 100 ml (NMP)/100 ml (Tabla, IV).

La Prueba (E.C) para coliformes fecales, se realizó en un medio específico para Escherichia coli (E.C.), se utilizaron los tubos positivos de la prueba confirmatoria, y se tomo una muestra con una asa de nicromo con aro de 3 mm de diámetro, a otros tubos con 10 ml del medio (E. C.), se incubaron a "baño maría" a una temperatura de  $45 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por un lapso de  $48 \pm 3$  hrs, trascurrido este lapso de tiempo, se considera nuevamente el criterio anterior de la presencia o ausencia de gas para determinar los tubos positivo (Fig. 4).

Los valores del número más probable (NMP), para el número de tubos positivos obtenidos con medio (E. C.) se utilizó la (Tabla, IV).

## MUESTREO PROSPECTIVO

Previamente al desarrollo de los muestreos mensuales en los análisis físico-químicos y bacteriológicos, se desarrolló un estudio prospectivo, en el cual se determinó el número de estaciones a muestrear en todo el ciclo, el nivel de la columna de agua y el horario más adecuado para la toma de las muestras.

En esta prospección se ubicaron doce estaciones, donde se tomo como criterio la morfología del sistema (Fig. 2), se registraron los parámetros físico-químicos: salinidad y temperatura en los tres niveles de la columna de agua, superficie, media y fondo, además, la profundidad, transparencia y textura del sedimento, (Tabla, I). Posteriormente, los registros de salinidad y temperatura fueron sometidos a un análisis de varianza, ésta prueba estadística mostró diferencias significativas entre estaciones, para la salinidad ( $F_{11, 24} = 5.753$ ;  $P < 0.001$ ) y no fueron significativas, para los niveles ( $F_{2, 33} = 0.462$ ;  $P > 0.6342$ ) La temperatura, también mostró diferencias entre estaciones ( $F_{11, 24} = 4.318$ ;  $P < 0.0013$ ) y entre los niveles de ( $F_{2, 33} = 3.349$ ;  $P < 0.0474$ ). De acuerdo a estos resultados y a la morfología de la laguna, el número de estaciones se redujo a seis (Fig. 3); las que fueron seleccionadas de acuerdo a la prueba de Duncan de rangos múltiples, en donde se observo 3 grupos similares de los cuales se tomo 2 estación por grupo, y además se tomaron en cuenta aquellas estaciones con una influencia antropogénica fuerte.

Para determinar el horario de toma de muestra, se diseñó un muestreo por etapas (Steel-Torrie, 1989), los parámetros de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto, tomados a lo largo de 24 horas, con intervalos de 3 hrs entre cada muestra. En la visualización gráfica de los valores se observó que entre las 9:00 y 11:00 hrs, empezaron a descender los niveles de oxígeno disuelto en la columna de agua, esto fue tomado como un indicador indirecto de la actividad microbiana, ya que las bacterias necesitan oxígeno molecular, como agente oxidante para reducir la materia y obtener de esta la energía requerida, y constituir nuevas células cuando el metabolismo es aerobio (Duran, 1993).

Con la finalidad de seleccionar el nivel de la columna de agua, para la toma de la muestra bacteriológica, se tomó una muestra de 100 ml de agua de la superficie y fondo, de las seis estaciones de muestreo y se cultivaron en un medio bacteriológico de agar bilis rojo violeta (exclusivo para la determinación de coliformes totales), las muestras de incubaron por 24 horas a una temperatura de 37 °C, y posteriormente, se contaron las colonias de bacterias y los resultados mostraron que el nivel superficial, fue el más representativo por la abundancia de bacterias (Tabla, III).

## RESULTADOS

### PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

#### OXIGENO DISUELTO

Los valores de oxígeno disuelto de la variación temporal en su concentración, mostró diferencias significativas, ( $F_{7,33}=4.652$ ;  $P<0.0009$ ), El registro del promedio más alto de concentración de oxígeno se presentó en mayo con 8.87 ml/l; mientras el mínimo se registró en agosto con 4.64 ml/l. En la prueba de comparación de intervalos, mayo represento un solo grupo, el cual tuvo el valor más alto, mientras el resto de los meses formaron el segundo grupo con una variación de 1.87 ml, entre agosto con el menor valor y septiembre con su máximo (Tabla, V). El valor máximo registrado para todo el ciclo fue en mayo con 10.4 mg/l, y el mínimo se registró en julio con 3.7 mg/l (Fig. 5). La variación espacial en su concentración, mostró diferencias significativas entre estaciones ( $F_{3,17}=4.563$ ;  $P<0.002$ ), los promedios en la mayor concentración se presentaron en la estación 3 con 7.15 ml/l y la de menor se presentó en la estación 5 con 4.81 ml/l. La prueba de comparación de intervalos, aparecen formados dos grupos, la estación 1, 5, 6, con valores que van de 4.81 al 5.6 ml/l, representan el primero y la 3 el segundo con un valor de 7.15 ml/l, los valores intermedios que se encuentran en las estaciones 2 y 4 con valor no mayor a 6.8 ml/l (Tabla V).

## **SALINIDAD.**

La salinidad presentó una variación temporal notable en su concentración, con una diferencias significativas, ( $F_{9,45} = 34.893$  ;  $P < 0.000$  de 6.6 y 6.8 ml/l, 0.000). La prueba de comparación de intervalos, se presentaron tres grupos, lo que comprendió el período entre los meses de julio, agosto, septiembre y noviembre; en los cuales septiembre representó el mes con mayor concentración 2.2 ppm en promedio, mientras que para mayo, junio, diciembre, enero, febrero y marzo, presentaron los valores más bajos, con una salinidad de 0.00 ppm en promedio (Tabla, VI) y (Fig. 5). Los cambios notables en la salinidad se debieron básicamente a la mezcla del agua proveniente de la bahía, cuando por medios artificiales se abre la boca de comunicación oceánica, hay que notar que durante todo el ciclo el agua se presentó con una salinidad menor de 3 ppm, lo que se considera como agua dulce.

A lo largo del ciclo los valores entre estaciones no mostró diferencias significativas, ( $F_{5,45} = .243$  ;  $P < .941$ ). La prueba de comparación de intervalos, señala que las estaciones formaron un grupo homogéneo, sin alcanzar registros por encima de 3 ppm (Tabla. VI).

## **TEMPERATURA**

En la laguna la temperatura superficial tuvo una variación temporal que mostró diferencias significativas, ( $F_{9,45} = 117.80$ ;  $P < 0.000$ ) La prueba de comparación de intervalos mostró que la mayor temperatura superficial se

encontró en septiembre con 30.53 °C, mientras la menor fue en enero con 24.25 °C en promedio. Del mes de mayo a julio la temperatura se incrementó gradualmente entre 1.5 °C y 1.9 °C por mes, posteriormente hay una oscilación entre agosto, septiembre y decrece entre 1.27 y 2.25 °C con otra oscilación en febrero y marzo (Tabla, VII). La temperatura máxima encontrada para todo el ciclo fue en los meses de julio en las estaciones 2 y 3, para septiembre en las estaciones 2, 4 y 6 con un valor de 31.0 °C, la mínima fue de 24.0 °C registrada en enero en las estaciones 1, 2 y 6 (Fig. 6). Entre las estaciones no mostró diferencias significativas, ( $F_{5,49} = 0.044$ ;  $P < 0.998$ ). La prueba de comparación de intervalos, señala que las estaciones formaron un grupo homogéneo, con una constante no mayor a 1 °C (Tabla, VII).

### **POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)**

El pH mostró diferencias significativas en su variación temporal a lo largo del ciclo anual, ( $F_{7,35} = 81.167$ ;  $P < 0.000$ ). La prueba de comparación de intervalos, se observan seis grupos, julio presentó el mayor incremento con un valor de 7.77 pH, mientras que para enero fue el menor con 6.29 pH en promedio (Tabla, VIII). Durante todo el ciclo se presentan dos grupos principales, el primero que se considera alcalino y que lo conforma, mayo, junio, julio, agosto y septiembre, con un valor de 7.3 a 7.5 pH, enero y febrero forman el segundo, ya que desciende 1.06 pH, a la acidez con un valor de 6.5 pH, pero en marzo vuelve a incrementarse, a la



alcalinidad con 7.3 pH. El valor máximo registrado para todo el ciclo fue en julio con 7.98 pH y el mínimo se registro en enero con 6.1 pH (Fig. 6). La variación espacial en la concentración de pH, no mostró diferencias significativas, ( $F_{9,37} = 0.438$  ;  $P < .8190$ ). los grupos que se forman son homogéneos (Tabla, VIII).

### **CONDUCTIVIDAD ELECTRICA .**

Los datos originales de este parámetro se transformaron a logaritmos naturales y posteriormente se sometieron al análisis de varianza, dado que la escala de medición no cumple el supuesto de normalidad de la prueba, (Steel, Torrie. 1989).

La variación temporal del logaritmo de la conductividad eléctrica, mostró diferencias significativas entre los meses, ( $F_{8,40} = 75.479$ ;  $P < 0.000$  ). La prueba de comparación de intervalos, se formaron cuatro grupos, en el que septiembre tuvo el mayor incremento con 2891.7  $\mu\text{mhos/cm}$  y el menor marzo con 662.5 en promedio. julio y Noviembre, como grupo con valores intermedios de 2379.0  $\mu\text{mhos/cm}$ , y marzo, febrero, junio, enero, mayo y agosto, no rebazaron los 1000  $\mu\text{mhos/cm}$  en promedio, (Tabla, IX). El valor máximo registrado para todo el ciclo fue en septiembre, que se presentó en las estaciones 4 y 5, con un valor de 4500  $\mu\text{mhos/cm}$  y el mínimo se registro en febrero en la estación 1, con un valor de 550  $\mu\text{mhos/cm}$  (Fig. 7). La variación espacial entre estaciones no mostró diferencias significativas, ( $F_{9,43} = 0.094$ ;  $P < 0.9927$ ).

La prueba de comparación de intervalos, forma un grupo homogéneo (Tabla, IX).

### **PROFUNDIDAD .**

La profundidad máxima promedio general, se presento en Agosto con un valor de 294.0 cm y la mínima promedio se presento en Diciembre con un valor de 168.33 cm.

La máxima profundidad se presento en los meses de Agosto con 400.0 cm y Septiembre con 405.0 cm, la mínima en Diciembre con 110.0 cm. La estación 4 , se considero la zona con mayor profundidad en todo el sistema como en el ciclo de muestreo, ya que se presentaron los mayores resultados, dado por el movimiento de la barra de arena, cuando es abierta la boca de comunicación oceánica (Fig. 8).

### **TRASPARENCIA**

La transparencia máxima en el promedio general, se presento durante el mes de enero con 163.33 cm, mientras los valores promedios mínimos se encontraron en agosto, con un valor de 62.0 cm. En mayo el valor máximos, lo encontramos en la estación 1, con una transparencia de 240.0 cm y la mínima se presento en los meses de agosto (estación 1 y 3) y Noviembre (estación 2) con 50 .0 cm (Fig. 8).

### **TURBIDEZ**

La turbiedad o índice de turbiedad en la relación que

existe de la profundidad sobre la transparencia en un lugar determinado y que puede ser expresada en porcentaje (Yañez-Arancibia y Sánchez), por lo que podemos conocer la cantidad relativa de partículas en suspensión en el agua turbia e impide la penetración de la luz.

La variación temporal mostró diferencias significativas, ( $F_{3,40} = 3.247$ ;  $P < 0.0041$ ). La prueba de comparación de intervalos, muestra tres grupos, en donde, la turbidez máxima se presentó en agosto con 78.77 % y la mínima promedio se presentó en febrero con el 21.81 % en la columna de agua. Los meses de mayo, junio, julio y noviembre forman el grupo intermedio entre 40 y 52.11 %, mientras septiembre, diciembre, enero y marzo son los menores valores entre 21.81 y 37.2 % respectivamente (Tabla, X). La máxima turbidez en todo el ciclo se presentó en agosto con 82.14 % en la estación 1 y la menor en todo el ciclo anual fue en los meses de mayo (estación 1), julio (estación 6), diciembre (estación 4), enero (estación 1) y febrero (estación 5) con un valor de 0.00 % en la columna de agua. (Fig. 7).

La variación entre estaciones no mostró diferencias significativas, dado que el valor de ( $F_{3,40} = 1.293$ ;  $P < 0.2822$ ). En la prueba de comparación de intervalos, forma un grupo homogéneo (Tabla, X).

## **ANALISIS BACTERIOLOGICOS: COLIFORMES TOTALES**

El máximo índice de coliformes totales, encontrado

durante todo el ciclo de muestreo en el sistema lagunar, alcanzo un valor mayor de 160,000.0 NMP/100 ml, el cual se registró en los meses de julio, septiembre, noviembre y diciembre, asociado a la temperatura superficial del agua, y los valores mínimos se presentaron en los meses de diciembre y enero, con un índice de 110 NMP/100 ml.

Se iniciaron los muestreos en el mes de mayo, donde se presentaron 28,000.0 NMP/100 ml como el valor máximo, y 800 NMP/100 ml como el mínimo, el promedio mensual en todo el sistema fue de 8,775.0 NMP/100 ml, en este mes se muestrearon cuatro estaciones de las cuales la estación 1 presento el valor máximo y la estación 4 el mínimo, la estación 5 y 6 no se muestrearon por falta de cristalería (Fig. 10).

Junio mostró una disminución en su valor máximo, con 17,000.0 NMP/100 ml, que se registró en la estación 1, el mínimo lo obtuvimos en la estación 5 con 500 NMP/100 ml, y el promedio mensual fue de 5,316.67 NMP/100 ml (Fig. 10).

Julio alcanzo uno de los máximo valores, y sobrepasó todos los índices en el sistema, los que se presentaron en las estaciones 1, 2, con 160,000.0 NMP/100 ml, y su mínima se registro en la 6 con 800.0 NMP/100 ml, y tuvo un promedio mensual de 54,416.7 NMP/100 ml (Fig. 11).

En agosto disminuyo el máximo a 50,000.0 NMP/100 ml y se presentó de nuevo en la estación 1, los mínimos se registraron en la 2, 3, y 5 con 3000.0 NMP/100 ml, y el promedio mensual fue de 13,400.0 NMP/100 ml. La estación 6 no se muestreo por el crecimiento del lirio acuático lo que

impidió el acceso a la estación (Fig. 11).

En septiembre vuelve a incrementarse el máximo valor con 160,000.0 NMP/100 ml, el cual se registró en la estación 1, el mínimo en la estación 5 con 1,700.0 NMP/100 ml, y el promedio mensual fue de 37,316.7 NMP/100 ml (Fig. 12).

Octubre no se muestreo ninguna estación por encontrarse a su mínimo nivel de profundidad la laguna, lo cual la embarcación no pudo navegar hasta las estaciones.

En noviembre el máximo se presentó en las estaciones 1 y 2 con 160,000.0 NMP/100 ml y un mínimo en la estación 3 con 230.0 NMP/100 ml, el promedio mensual fue de 53,721.7 NMP/100 ml (Fig. 12).

En diciembre es el último mes que se registra un máximo de 160,000.0 NMP/100 ml y se registró en la estación 1, y con un mínimo en la estación 3 con 110.0 NMP/100 ml, el valor promedio mensual fue de 27,118.3 NMP/100 ml (Fig. 13).

En enero descendió el máximo a 50,000.0 NMP/100, el cual se presentó en la estación 1, la mínima alcanzó un valor de 110.0 NMP/100, en la estación 5, con un promedio mensual fue de 8,618.3 NMP/100 (Fig. 13).

En febrero la máxima se presentó en la estación 1 con 90,000.0 NMP/100 y un valor mínimo en las estaciones 4, 5 y 6 con 500.0 NMP/100, el promedio mensual fue de 16,800.0 NMP/100 (Fig. 14).

En marzo el máximo se presentó en la estación 2 con 2,200.0 NMP/100 ml y un mínimo en las estaciones 3 y 4 con 300.0 NMP/100 ml, con un promedio mensual de 925.0 NMP/100 ml

(Fig. 14), las estaciones 1 y 5 no se mostraron por el crecimiento del lirio acuático, el cual no permitió el acceso a las estaciones.

### **COLIFORMES FECALES.**

La selectividad del medio para Escherichia coli, mostró que los valores máximos durante todo el ciclo de muestreo se registraron en los meses de julio, noviembre y diciembre, los que alcanzaron un índice mayor de 160,000.0 NMP/100 ml, así mismo la mínima se presentó en el mes de noviembre con un índice de 20.0 NMP/100 ml.

En mayo el máximo valor fue de 9,000.0 NMP/100 con un mínimo de 500.0 NMP/100 ml y un promedio mensual de 2,625.0 NMP/100 ml (Fig. 15), en este mes se muestrearon cuatro estaciones de las cuales la 1 presentó el máximo valor y la 2, 3 y 4 el mínimo, las estaciones 5 y 6 no se muestrearon por falta de cristalería.

En junio hay un incremento en el máximo, el cual se presentó en la estación 1 con 11,000.0 NMP/100 ml y el mínimo en la estación 4 con 300.0 NMP/100 ml, el promedio mensual fue de 3,450.0 NMP/100 ml (Fig. 15).

Julio fue el primer mes que se registro un máximo de 160,000.0 NMP/100 ml, en la estación 1, y un mínimo en la estación 6 con 500.0 NMP/100 ml, el promedio mensual fue de 35,816.7 NMP/100 ml (Fig. 16).

En agosto decese el máximo y se presentó en la estación 4 con 5,000.0 NMP/100 ml, y con un mínimo en la estación 5

con 1,700.0 NMP/100 ml, el promedio mensual fue de 3,340.0 NMP/100 ml (Fig. 16), la estación 6 no se muestreo por el crecimiento del lirio acuático el cual no permitió el acceso a la estación.

Septiembre registró su máximo en la estación 4 con 5,000.0 NMP/100 ml y un mínimo en la 6 con 230.0 NMP/100 ml, y un promedio mensual de 2,821.6 NMP/100 ml (Fig. 17).

En noviembre se incrementa el máximo valor con 160,000.0 NMP/100 ml en la estación 1 y mientras su mínimo desciende a 20.0 NMP/100 ml, el cual se registró en la 3 y 4. El valor promedio mensual fue de 31,806.7 NMP/100 ml (Fig. 17).

En diciembre se mantiene el máximo con 160,000.0 NMP/100 ml, que se presentó en la estación 1 y un mínimo de 40.0 NMP/100 ml en las estaciones 3 y 4, el valor promedio mensual fue de 26,806.7 NMP/100 ml (Fig. 18).

En enero la máxima descendió a 50,000.0 NMP/100 ml y se presentó en la estación 1, la mínima en la 3 con 30.0 NMP/100 ml y su promedio mensual de 8,418.3 NMP/100 ml (Fig. 18).

En febrero se mantuvo el valor de la máxima con 50,000.0 NMP/100 ml y se presentó en la estación 1, con una mínima de 130.0 NMP/100 ml, el valor promedio mensual fue de 8,943.3 NMP/100 ml (Fig. 19).

En marzo el máximo, mínimo y el promedio mensual fue de 230.0 NMP/100 ml, las estaciones 1 y 5 no de muestrearon, por el crecimiento del lirio acuático, lo que no permitió el acceso a las estaciones (Fig. 19).

De acuerdo a los promedios obtenidos de los índices del NMP/100 ml, para coliformes totales y fecales, se observa un comportamiento similar entre la variación espacio-temporal, con referencia a las condiciones ambientales que se presentaron en el sistema acuícola en el ciclo anual, por lo que se les aplico una prueba de correlación para observar este fenómeno, lo que pudo comprobar, que existe entre las estaciones una correlación del 97.69 % (Fig. 9), mientras que para los meses un 85.74 % (Fig. 10), lo cual señala que el comportamiento de las bacterias de Coliformes fecales (Escherichia coli) con respecto a los C. totales es el mismo.



## DISCUSION

### Parámetros Físico-químicos.

#### Oxígeno disuelto.

El comportamiento de éste parámetro en la laguna "Los Otates" presentó diferencias significativas, entre las estaciones y a lo largo de los meses, se registraron valores de oxígeno disuelto bajos, así como, por encima de el punto de saturación.

El patrón general de los valores registrados en cada muestreo son muy homogéneos, con algunos cambios de manera temporal. Mayo registró el máximo valor, mientras que en los meses de julio, agosto, enero, febrero y marzo, tienen una variación con relación al comportamiento de la temperatura, es decir conforme aumenta la temperatura del agua la concentración de oxígeno disminuye (Wheaton, 1982), los meses de septiembre y noviembre alcanzaron un alto valor, por coincidir con la temporada de lluvias, lo cual señala que en esta época se presentan grandes cantidades de materia orgánica en suspensión, lo que provoca que se dispare la productividad primaria y aya un incremento en la fotosíntesis lo que ocasiona que la concentración de oxígeno aumente y se difunda por la influencia de los vientos. Los valores más altos que se registraron de este parámetro se encontraron asociados a la parte con más dinámica, que incluye la parte central de la laguna y parte baja cerca de la boca de

comunicación oceánica, en donde la corriente y la turbulencia ocasionada por los vientos es aún mayor, lo que la transferencia de oxígeno aumente los valores en esta área (Reid, 1961 en Wheaton, 1982). Por otra parte, los valores más bajos se registraron en las estaciones 1, 5 y 6, la primera se encuentra en la parte alta del sistema (Fig. 2), dentro del canal principal más angosto de el cuerpo de agua y donde se unen tres canales que contienen aguas fluviales, de filtración y residuales. En esta zona existe un gran aporte de materia orgánica que se precipita al fondo y lo constituyen principalmente de limo, las restantes 5 y 6, son semejantes en dimensiones, a la anterior, sin embargo posee una vegetación alta en sus orillas, la que proporciona una gran cantidad de materia vegetal y conforma el fondo principalmente de limo y arcillas, además en esta zona las aguas que drenan son principalmente fluviales y de filtración, lo que no generan una gran dinámica. Estas condiciones favorecen la acción descomponedora de la flora microbiana, lo que disminuye rápidamente y mantiene condiciones de reducción por el material carbonaceo de origen agrícola, doméstico y natural, lo que baja los valores de oxígeno disuelto, de acuerdo con Grant y Long (1989). Este cuerpo de agua al ser considerado somero, por sus características físicas y por presentar un estado de eutroficación, es vulnerable a cualquier proceso que contribuya a disminuir la concentración de oxígeno en el agua y sedimento (Yañez, Arancibia, 1986).

## **SALINIDAD .**

El comportamiento de este parámetro no presentó diferencias significativas espaciales y temporales. Sin embargo, presentó dos periodos peculiares en su comportamiento. Las condición de salinidad prevaleciente durante la mayor parte del año, es la dulceacuícola con 0.0 ppm, y de características oligohalinas con 2.3 ppm en promedio, durante el verano de acuerdo con Wheaton (1982). La condición de agua dulce (0.0 ppm), se debe a que en este cuerpo de agua los aportes son continuos. Dichos aportes se presentan de manera constante por escurrentías, filtraciones y otros flujos.

La condición oligohalina (2-3 ppm) se presenta debido a los fenómenos de mareas que transgreden la barra de arena, y a las aperturas siempre artificiales de la boca de conexión oceánica.

Los fenómenos de mezcla de las masas de agua continental y marina en la laguna son bastante esporádicos, y al cerrarse la boca de comunicación oceánica, el agua que queda en el sistema alcanza una salinidad máxima de 2.8 ppm, sin embargo, nunca rebazó este valor durante todo el ciclo de muestreo (Grant y Long, 1989).

## **TEMPERATURA.**

El comportamiento de este parámetro en el agua presentó diferencias significativas temporales. El comportamiento temporal de esta variable, se puede sintetizar dentro de dos

fases: a) Fase caliente, durante el verano (de mayo a septiembre) cuando se presenta un promedio de 29.0 °C, y b) Fase fría, el resto del año en el cual se presenta una disminución del promedio a 24.0 °C. De acuerdo con Wheaton (1982), el comportamiento de la temperatura en el agua, es el resultado directo de la cantidad de energía radiante disponible y la variación se encuentra determinada por la latitud y la época del año que se trate. Los valores encontrados concuerdan con los promedios reportados para esta región en las cartas geográficas (SPP-INEGI, 1981). Farnworth y Golley (1977), discute que la variación encontrada en la temperatura es de ( 5.0 °C+/- de 30.0 °C), es normal en los trópicos, la cual no afecta de una forma directa a las comunidades naturales que habitan estas áreas.

#### **POTENCIAL DE HIDROGENO (pH) .**

El comportamiento de el pH en el sistema se mantuvo dentro del intervalo normal (6-9 unidades) del agua dulce (Grant y Long 1989). De acuerdo a los valores de pH registrados durante el ciclo anual, el sistema presentó dos periodos: a) ligero alcalino, de mayo a septiembre, con un promedio de 7.5 y oscilaciones de 0.3 a 0.1 pH; y b) ácido, en enero y febrero, es probable que durante estos meses, el material vegetal y el detrito acumulado en la laguna durante el período de lluvias se degrade, lo que acidifica el medio por la humidificación de estos materiales.

Durante todo el estudio, la estación 1 presentó un pH

ácido, este comportamiento particular de la estación, puede explicarse, dado que en esta zona es donde descargan el drenaje de las poblaciones aledañas, la descomposición de la materia orgánica e inorgánica, produce dióxido de carbono libre, y hace que el pH disminuya al acidificar el medio (Weaton, 1982).

### **CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.**

Un parámetro importante en el medio acuático es la concentración de iones disueltos, este es una medida indirecta de la salinidad y refleja la concentración de los solutos. Esta propiedad física es dependiente de la temperatura y se relaciona con el agua y la sal de los organismos (Brower y Zar, 1978).

La conductividad eléctrica presentó el mismo comportamiento que la salinidad y la temperatura, y tuvo los valores más altos ( $>1500 \mu\text{mhoms}$ ) durante la temporada de lluvias (julio a septiembre, y noviembre), cuando fue abierta la boca de la laguna. Esto permitió la entrada de mar y la reactivación de los sedimentos, que provocó la concentración de iones en el sistema. Por otro lado, durante la mayor parte del año, se mantuvo por debajo de los  $1500 \mu\text{mhoms}$ , por causa de las constantes filtraciones del sistema.

### **TURBIDEZ.**

Debido a su someridad, el comportamiento espacial de la

turbidez no presento diferencias significativas. Sin embargo, la variación temporal presentó diferencias significativas entre la temporada de mayor y menor dinámica, lluvias-secas, respectivamente. Durante la temporada de secas, se observó un gradiente no lineal, con valores bajos al inicio del estudio (mayo), alcanza su valor máximo en agosto, desciende en febrero, y se incrementa en marzo.

Este comportamiento se encuentra asociado a las lluvias, durante este tiempo los afluentes fluviales, arrastran materiales orgánicos e inorgánicos, producto del deslave de los suelos y los vierten directamente al sistema.

Durante el estudio, prevaleció un gradiente entre las estaciones 1, 2, 3 y 4. Se presentaron los valores más bajos en la uno, y gradualmente se incremento en la cinco. Este gradiente es debido a la morfología del sistema, ya que en la estación uno, es donde descargan las aguas fluviales y de filtración, principalmente. Esto crea corrientes ligeras, que conforme avanza la distancia, se ensancha el espejo de agua y aumenta la turbulencia, por efecto de la exposición del aire que viene del mar.

## **BACTERIOLOGICOS .**

El índice de contaminación obtenido en esta laguna por el Número Más Probable (NMP)/100 ml, siempre presentó un número elevado de bacterias del grupo Enterobacter, lo cual determina que el origen de la contaminación en el sitio es de naturaleza fecal (Grant y Long, 1989).

Los niveles de coliformes totales y fecales detectados en el sistema presentaron fuertes variaciones, espaciales y temporales, esta variación se asocia con la dinámica hídrica y la temporalidad.

### **COLIFORMES TOTALES.**

La estación 1 comparada con las demás, presentó los niveles más altos de contaminación durante todo el período de muestreo. En ese sitio se localiza el cauce y abastecimiento principal de aguas fluviales, de filtración, y de descargas domésticas de las poblaciones cercanas a la laguna. Los flujos constantes en este canal transportan los coliformes y conforme se ensancha, la concentración de bacterias se diluye, lo que crea un gradiente de concentración hacia la parte central y la boca de la laguna.

Respecto a la variación temporal, las concentraciones promedio más altas se presentaron en los meses de julio, septiembre y noviembre, estas se relacionan con las altas temperaturas y el temporal de lluvias. En éstos meses, de forma coincidente, se presentaron también los máximos valores de oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y salinidad. Debido probablemente a la reactivación de la dinámica hídrica; el oxígeno disuelto se encuentra por encima del punto de saturación del agua, lo que forma condiciones favorables para la proliferación de las bacterias.

Se esperaría que con la entrada de agua salada por la apertura de la boca efímera de comunicación oceánica, los

niveles de abundancia (NMP) de bacterias disminuyeran, por la presión osmótica que el agua de mar imprime a sus membranas. Sin embargo, este efecto fue contrarrestado por la turbulencia de las corrientes de escurrimiento de las aguas fluviales. Estas provocaron quizás, un aumento en la concentración de iones disueltos (fosfatos y sulfatos), que pudo reflejarse en el aumento en la conductividad eléctrica, ya que estos materiales orgánicos son indispensable para el crecimiento de las bacterias; originaron condiciones óptimas para la proliferación de las mismas (Rose, 1977).

La concentraciones encontradas en las estaciones 3, 4, 5 y 6, fueron muy homogéneas en todo el período de estudio. En ellas, se observó una fuerte relación con la temperatura. Durante junio, julio, agosto, septiembre y noviembre, cuando se presentaron las temperaturas máximas se incrementaron los índices del (NMP) de coliformes totales. Y durante el resto del año, con temperaturas bajas los valores de coliformes disminuyen.

De acuerdo a Rose (1977), la sobrevivencia de las bacterias coliformes es mayor en aguas cálidas, ya que se requiere calor, para que se lleven a una velocidad satisfactoria las reacciones metabólicas (crecimiento y reproducción).

La laguna "Los Otates" es primordialmente un sistema de agua dulce en todo el ciclo anual, por esta condición particular, el índice bacteriológico fue mayor en comparación, con los valores reportados por Romero y Rodríguez (1982), para la laguna El Carmén-Machona, Tabasco;



Ortíz (1984), para la laguna de Cuyutlán, Colima; y Hernández (1993), para el estero El Chorro, Jalisco. Estos autores señalan que la salinidad es el factor limitante en el desarrollo de las coliformes, en estos ambientes.

### **COLIFORMES FECALES.**

Los índices promedio para Escherichia coli (NMP/100 ml) fueron similares en su comportamiento a los obtenidos con los coliformes totales, ambos mostraron una alta correlación, tanto espacial como temporal.

La proporción en el número de coliformes fecales con respecto a los coliformes totales se debió a las pruebas realizadas. ya que de una prueba a otra los valores pueden variar y las pruebas selectivas determinan los valores reales de la prueba precursora y no la de la muestra, por lo que se considera que el medio de cultivo (E.C) es selectivo para Escherichia coli, mientras el medio de cultivo bilis verde brillante (prueba precursora) es exclusivo para la familia Enterobacteriaceae en el cual incluye una gran variedad de géneros que fermentan la lactosa a 37.0 °C (Rose, 1977).

Los índices de coliformes totales y coliformes fecales por el (NMP) de las estaciones 1 y 2, se presentaron por encima de el criterio ecológico de la calidad de agua y el valor de la Norma Oficial Mexicana (Diario Oficial de La Federación, 1989 y 1993). De acuerdo a lo anterior no se permite su uso como agua potable, riego agrícola (frutas y hortalizas), para uso recreativo con contacto primario y además pone en peligro la vida en agua dulce.

## CONCLUSIONES

- El oxígeno disuelto rebazó los niveles de saturación, y la parte central del sistema registró los valores de mayor concentración.
- La salinidad presentó un rango de 0 a 3 ppm, por lo cual se considera que el área es un sistema lagunar oligohalino y predominantemente dulceacuícola.
- La temperatura superficial del agua presentó un intervalo de variación de 24 a 31 °C, con un período frío con un promedio de 25.9 °C y uno cálido con un promedio de 29.5 °C.
- El pH (potencial de Hidrógeno) presentó dos condiciones temporales: ácido, para los meses de enero y febrero y alcalino para el resto del año.
- La Conductividad eléctrica y la turbidez, se mantuvieron homogéneos, excepto durante la temporada de lluvias, en la que su variación aumentó.
- Durante todo el período de estudio, se presentaron altas concentraciones de bacterias del grupo coliformes (totales y fecales). Las concentraciones más elevadas se presentaron en la parte alta del sistema donde desembocan los drenajes urbanos de las poblaciones de Jaluco, San Patricio Melaque y Villa Obregón.
- Los índices más altos del NMP/100 ml de coliformes totales y fecales se registraron en los meses de julio, septiembre, noviembre y diciembre con 160,000 NMP/100 ml, sobrepasaron la

Norma Oficial Mexicana, por lo que se considera un lugar contaminado por material de origen fecal humano, lo que representa un riesgo para la salud.

## RECOMENDACIONES

El aporte de agua a la laguna de los Otates, proviene principalmente de arroyos con agua de filtración de las montañas cercanas, que al pasar por las poblaciones de San Patricio Melaque, Villa Obregón y Jaluco son contaminadas por aguas residuales de las casas habitación, los comercios, los hoteles y las empacadoras de frutas. Estas descargas, provocan contaminación que afecta de alguna manera a la salud pública, alteran el paisaje, y los ciclos reproductivos de algunas especies.

La solución inmediata a este problema, es el cese total de estas descargas a la laguna, así como, la instalación estratégica de por lo menos una planta de tratamiento de aguas residuales de la cual capte las descargas de las poblaciones de la cuenca (Emiliano Zapata, Villa Pinal, Pueblo Nuevo, Barra de Navidad, El Aguacate) y los nuevos proyectos residenciales (El Galeón, Cabo Vela e Isla Navidad).

Por otro lado durante los últimos años, algunas de las casas habitación que se encuentran en la ribera de la laguna, han invadido la zona federal y reducen el embalse, de esta manera violan los lineamientos expedidos por la Ley de Aguas Nacionales. Además de la invasión de la Zona Federal, algunos de los habitantes de la ribera, descargan directamente el drenaje en la laguna lo que aumenta su contaminación.

Algunas de las alternativas más viables y procedentes para la solución de la problemática ambiental en el sistema, sería la restauración y saneamiento del mismo, para de una vez saneado, se propondría como área natural protegida en una modalidad de parque urbano, el cual proporcione un lugar de esparcimiento y recreación al turismo nacional y extranjero recurrente en la zona. Esta acción pudiera traer como consecuencia una derrama económica, que proporcione beneficios directos para la comunidad.

Por otro lado, la estabilidad ambiental mostrada en los parámetros físico-químicos estudiados pH, salinidad, alta temperatura, hacen este sitio un lugar ideal para la acuicultura (cultivo comercial de especies) como: Tilapia, Bagre, Mojarra y Langostino, entre otras.

Sin embargo, la restauración total de la laguna deberá incluir otros aspectos más profundos de la ingeniería ambiental para la solución de la problemática, que incluya el grado de contaminación por sustancias químicas de origen agrícola (herbicidas o insecticidas), ya que estos son de uso frecuente en la zona.

Además de un proyecto de ordenamiento urbano, que reglamente las modalidades de uso del suelo de acuerdo a su vocación natural, ya que el crecimiento incontrolado de las poblaciones ejercen presiones sobre los recursos naturales con el consecuente deterioro ambiental.



## LITERATURA CITADA

- A.P.H.A., 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Seventeenth edition. Joint editorial board. Washington, D. C. p.p. (9-54), (9-97).
- Botello, A. V., 1978. Variación de los parámetros hidrológicos en la época de sequía y lluvias (mayo y noviembre de 1974), en la laguna de Términos Campeche, México. An. Centro Ciec. del Mar y Limno. Univ. Nal. Autón. de Méx. Volúmen 5 (1): p.p. 159-178.
- Brower J. E., Zar J. H. 1978. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown company publishers. Dubuque. Iowa. 48 p.
- Cardenas O. A., Bayardo B. E., 1973. Análisis bacteriológicos y bacteriología determinativa. Cuarta edición. Universidad de Guadalajara. Guadalajara Jal. Méx. p.p. 312, 313.
- Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas; primera edición. (Ed.) Centro de ecodesarrollo. Secretaria de Pesca. México D.F. p.p. 17, 22, 28.
- Diario Oficial de la Federación 1988. Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. 28 de Enero. México D.F. p.p. 35-36, 56-60.

- Diario Oficial de la Federación 1992. Ley de aguas nacionales. día 1 de Diciembre 1992. México D.F.  
p.p. 35, 63-65
- Diario Oficial de la Federación 1989. Acuerdo por el que se establece los criterios ecologicos de la calidad de agua. 2 de diciembre 1989. México D.F. CECCA-001/89.
- Diario Oficial de la Federación 1993. Norma Oficial Mexicana que establece las condiciones bacteriológicas para el uso de agua residuales o de la mezcal de estas con los de los cuerpos de agua, en el riego de hortalizas y productos hortofrutícolas, 18 de octubre. México D.F. NOM-CCA-033/1993.
- Duran D., 1993. Tratamiento biológico de aguas residuales de la industria del proceso. Departamento de alimentos y biotecnología. Facultad de Química-U.N.A.M.  
Ciudad Universitaria, México D.F. 42 p.
- Farnworth E. G., Golley F. B. 1977. Ecosistemas frágiles; primera edición. (Ed). Fondo de cultura económica. México 12 D.F. 301 p.
- Grant W. D., Long P. E. 1989. Microbiología Ambiental (Ed.) Acirbia S.A. Zaragoza, España. p.p. 38, 187.
- Hernandez G. J. S. 1993. Detección de bacterias coliformes como indice de contaminación en el estero "El Chorro", Municipio de Tomatlan, Jalisco, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Guadalajara; México.

Jawetz E., Melnick L. J., Adelberg A. E., 1987.

Microbiología medica, Doceava edición. (Ed.) El manual moderno. México, D.F. 243 p.

Krebs C. J., 1985. Ecología: estudio de la distribución y la abundancia. Segunda edición (Ed.) Harla, México D. F. 95 p.

Lankford, R. R. 1977. Coastal lagoon of México; Their originy classification. in : Wiley, M. L. (Ed.) Estuarine processes. Academic press. Inc. New York. 182 p.

McCarthy, J. A. 1957. Storage of water samples for bacteriological examination, A. J. P. H., 971 p.

Ortiz Lira J. E. 1984. Evaluación de los niveles microbiologicos de coliformes fecales y estreptococos fecales en la laguna de Cuyutlán, Manzanillo, Colima, México. ESCIMAR. Revista informativa de la escuela de ciencias marinas. Manzanillo Col. No. 2 y 3 Abril-Septiembre. p.p. 23-35.

Prats Pastor G., Mirelis Otero B., 1992. Tratado de medicina práctica, Medicine. Revista medica. (Ed) Publicaciones Americanas de México S.A. México D.F. No. 39, Marzo. p.p. 2626-2634.

Pelczar, M.J., Reid D. Roger, Chan E. C. S., 1982. Microbiología. Cuarta edición. (segunda en español). (Ed.) Mc. Graw-Hill. México, D.F. p.p. 681, 684.



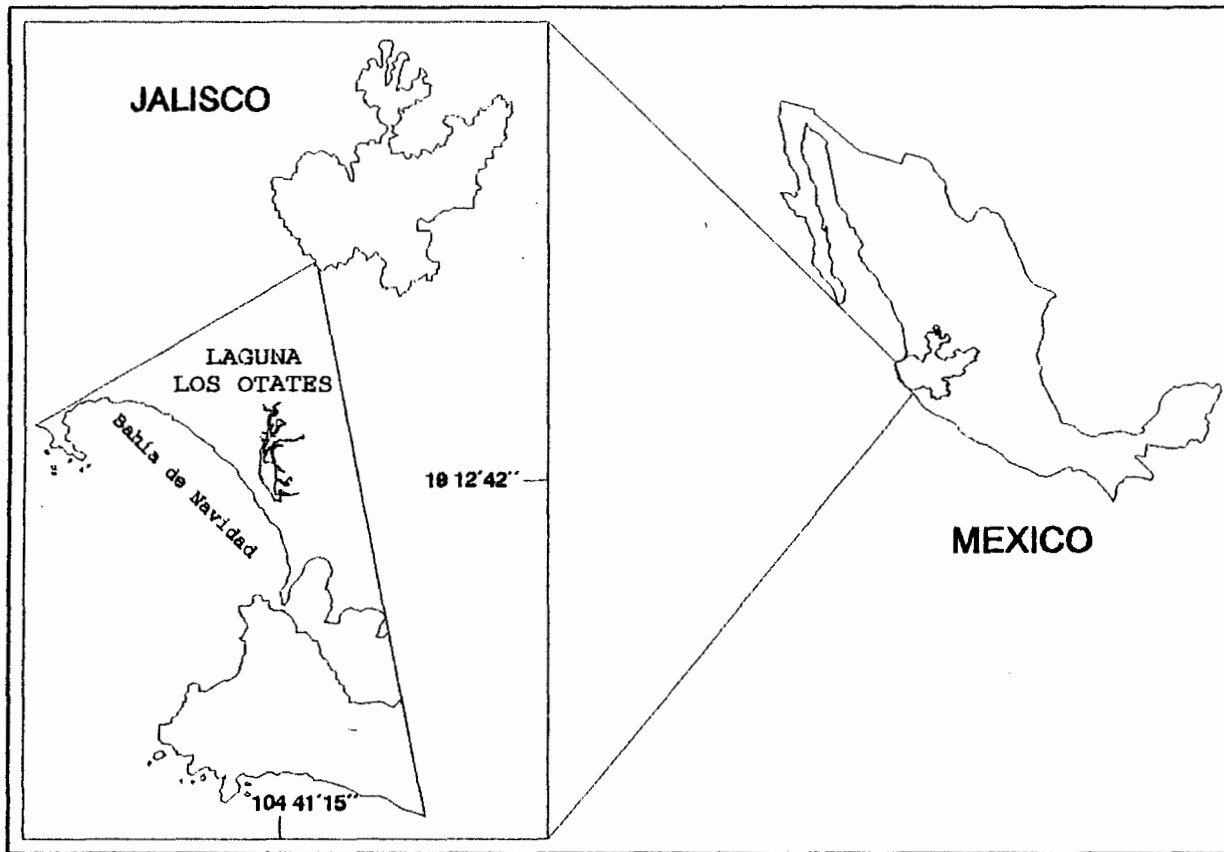
- Rodríguez S. H., Romero J. J. 1981. Niveles de contaminación bacteriana en dos sistemas fluvio-lagunares asociados a la laguna de Términos, Campeche. An. Centro Ciec. del Mar y Limnol. UNAM. 8 (1): p.p. 63-68.
- Romero J. J y Rodríguez S. H. 1982. Niveles actuales de contaminación coliformes en el sistema lagunar de el Carmen-Machona, Tabasco. An. Centro Ciec. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. de Méx. Volumen 9 (1): p.p. 121-126.
- Rose A. H. Ph. D., 1977. Microbiología química introducción a la fisiología microbiana. Segunda edición española. (Ed.) Alhambra. Madrit, España. p.p. 133, 137.
- Secretaria de Proqramación y Prosupuesto (SPP), 1981. Síntesis geográfica de Jalisco. I. N. E. G. I. ; México. D. F. p.p. 22- 159.
- Steel R. G. D., Torrie J. H. 1989. Bioestadística principios y procedimientos (Ed) Mc. Graw Hill, México D.F. p.p. 162- 163, 227-228.
- Weinstein, M. P., Weiss S. L. y M. F. Walter, 1980. Multiple Determinants of Community Structure in Shalow Marsh Habitats Cape Fear River Estuary, North Carolina, USA. Marine Biology 58: (227-243)
- Wheaton F. W., 1982. Acuacultura diseño y construcción de sistemas. (Ed.) AGT Editor, S. A. México 18 D. F. pp. 73, 85, 112, 125, 136.

Yáñez-Arancibia A., 1986. Ecología de la zona costera  
análisis de siete tópicos (Ed.) A. G. T. Editores. S.  
A., México D.F. pp. 16, 42, 43.

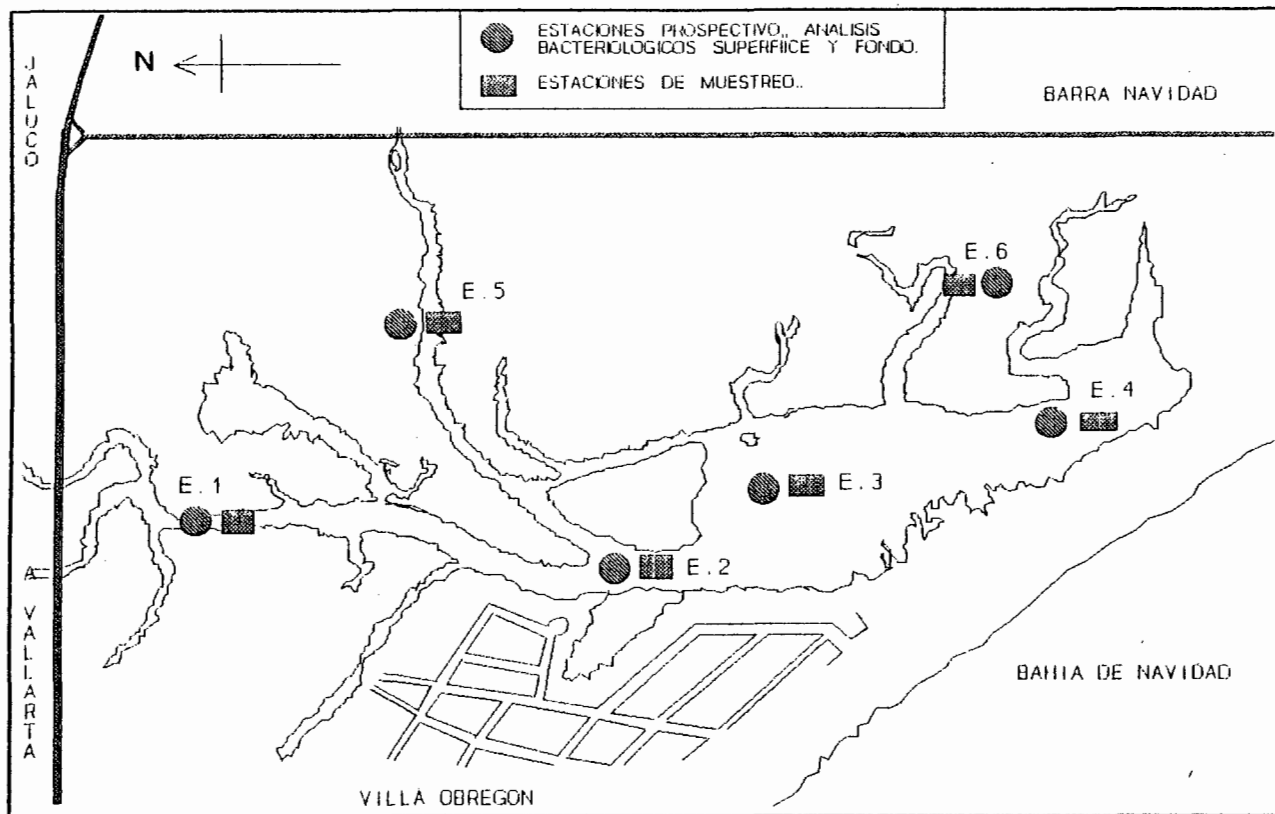
Yáñez-Arancibia. A.; Day, J.W. 1988. Ecología de los  
ecosistemas costeros en el sur del Golfo de México: La región  
de la laguan de Términos. Universidad Nacional Autónoma de  
México, Organización de los Estados Americanos, México  
D.F. 423 p.

Yáñez-Arancibia, A. y P. Sánchez-Gil, 1986. a) Los peces  
dermensales de la plataforma continental del Sur de el  
Golfo de México. Caracterización ambiental, ecología y  
evaluación de las especies, población y comunidades.  
Inst. Ciec. del Mar y Limnol. UNAM.(9):1-230 (1986).

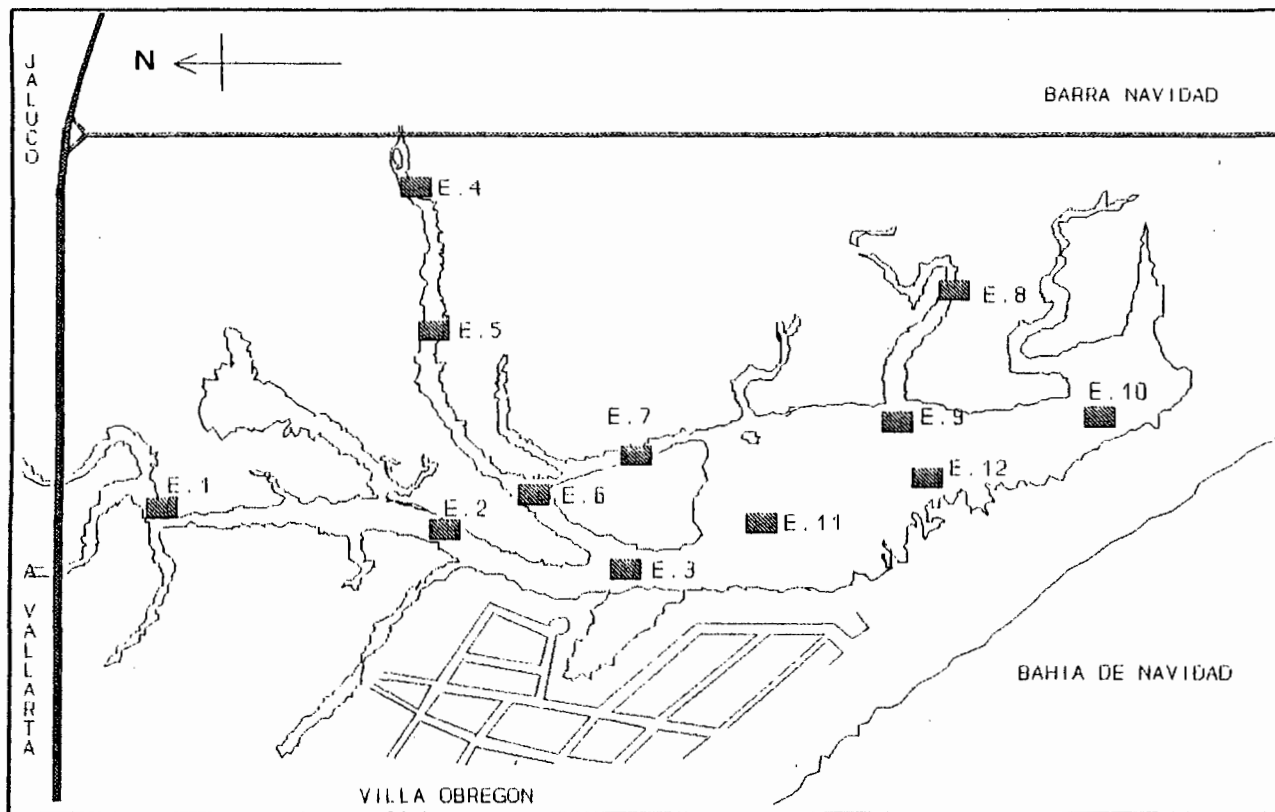
**ANEXO DE FIGURAS Y TABLAS**



(Figura, 1 ) Area de estudio, Laguna "los Otates" Municipio de Chuatlán, Jalisco, México.

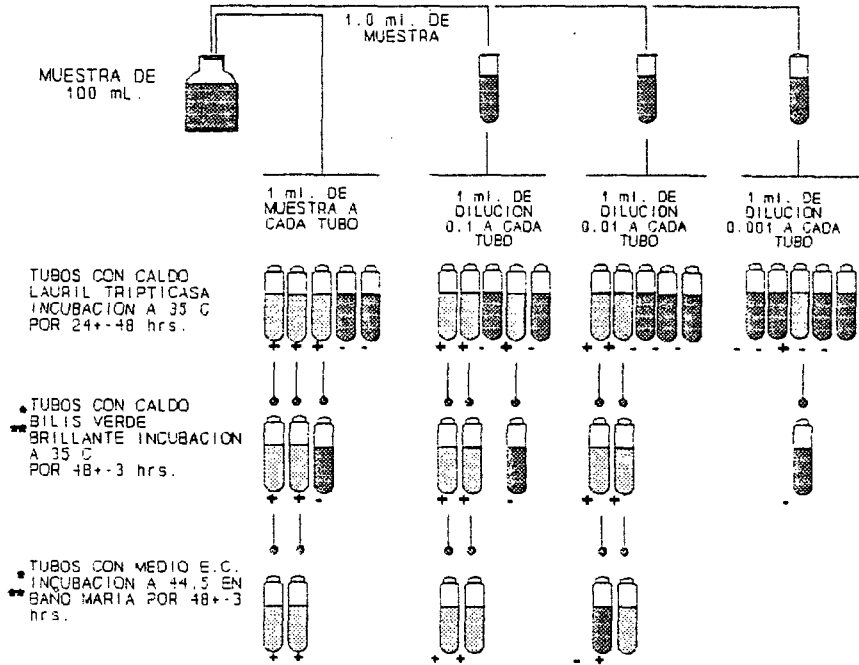


(Figura. 2) Las 6 estaciones de el muestreo prospectivo bacteriológico de la superficie y fondo , como la ubicación de las 6 estaciones de muestreo en el ciclo anual.



(Figura. 3) Estaciones de muestreo prospectivo, para la laguna "Los Otates" base para determinar el tamaño y localización de las estaciones de muestreo.

DILUCIONES DE 3.0 ml DE AGUA BIDESTILADA  
AL 0.1 % DE PEPTONA DE CASEINA.



\* Los tubos que presenten formación de gas en cualquiera de las pruebas se consideran como positivos, los tubos negativos se desechan.

\*\* Todos los tubos que hayan salido positivos en la prueba confirmatoria y medio (E.C.), se pasaran a *computo* y de acuerdo a las combinaciones que presentan, se determinara el indice del (NMP/100 ml) de la muestra.

(Figura. 4) Esquema metodológico para la determinación del índice del (NMP) de coliformes totales y fecales.

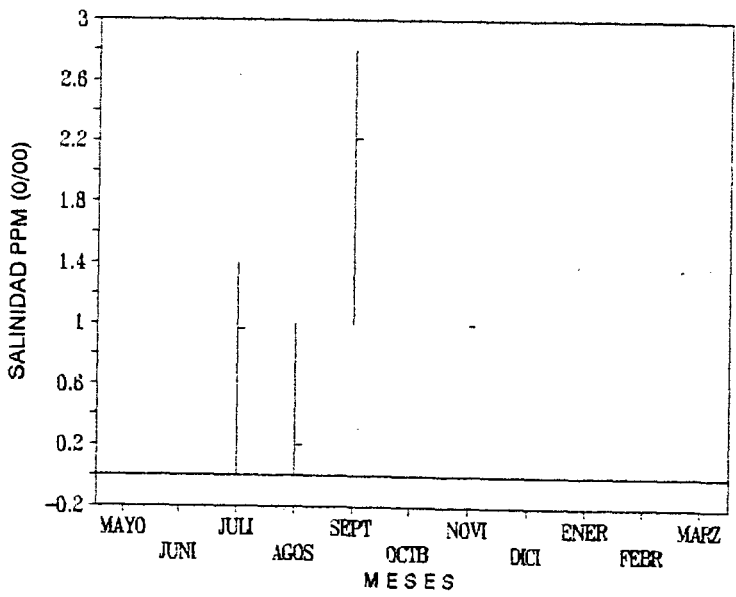
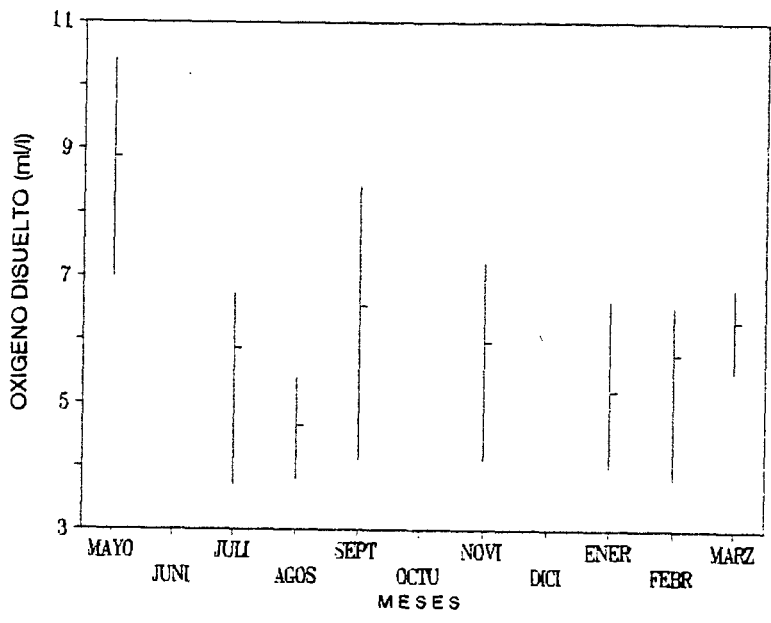


Figura. 5 Comportamiento temporal de a) Oxígeno disuelto ml/l  
 b) Salinidad ppm (00/0).



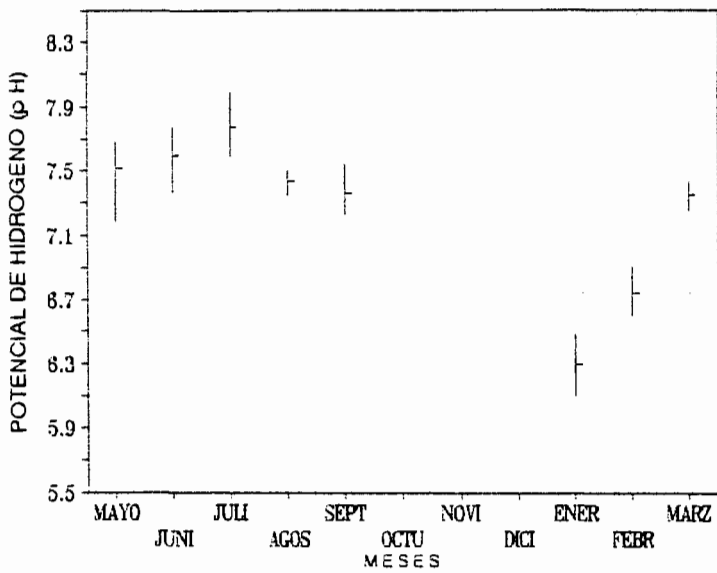
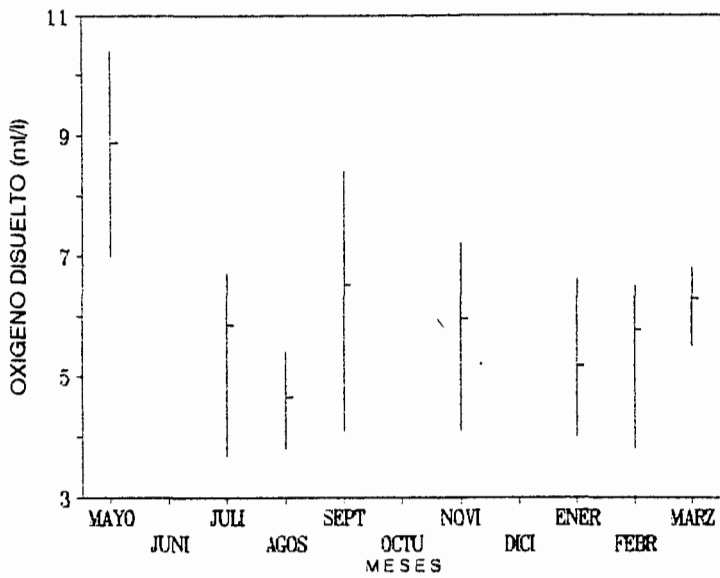


Figura. 6 Comportamiento temporal de a) Temperatura (°C)  
b) Potencial de Hidrogeno (pH).

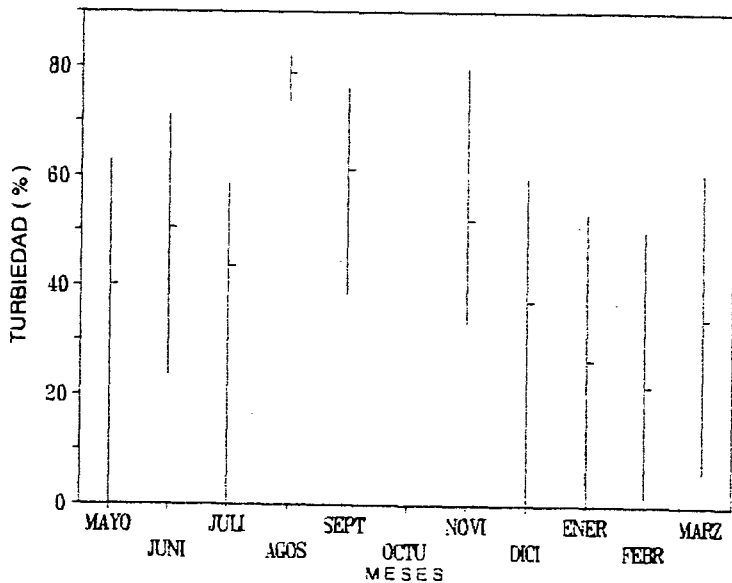
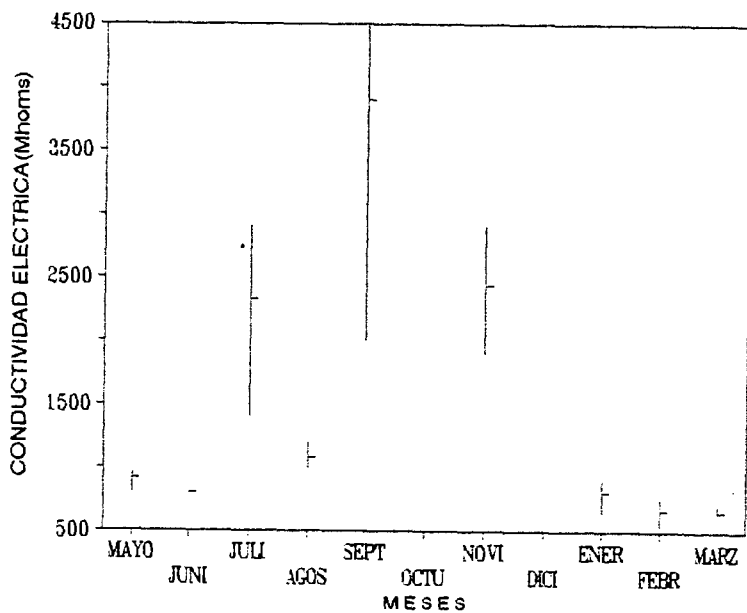


Figura. 7 Comportamiento temporal de a) Conductividad eléctrica (Mhos/cm) y b) turbiedad (%)

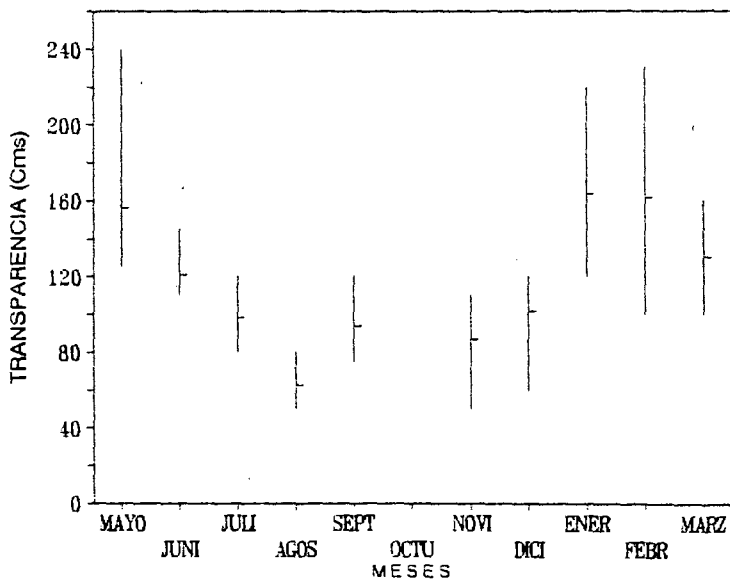
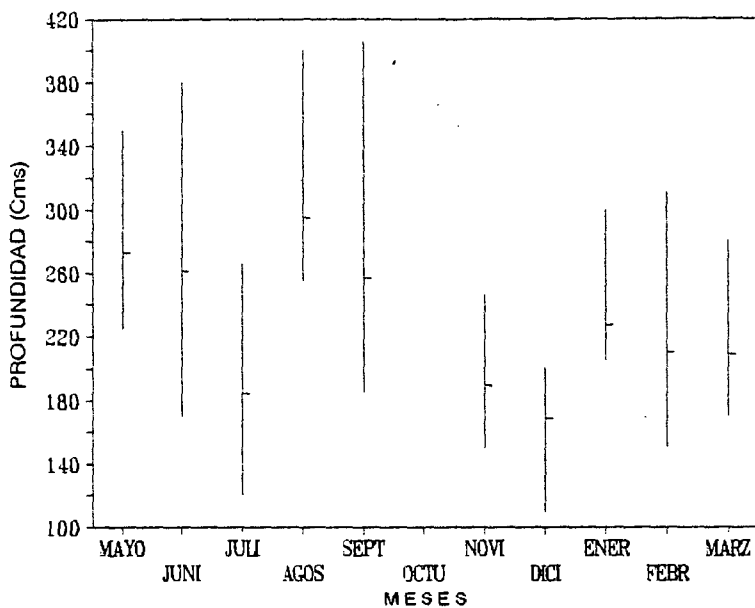
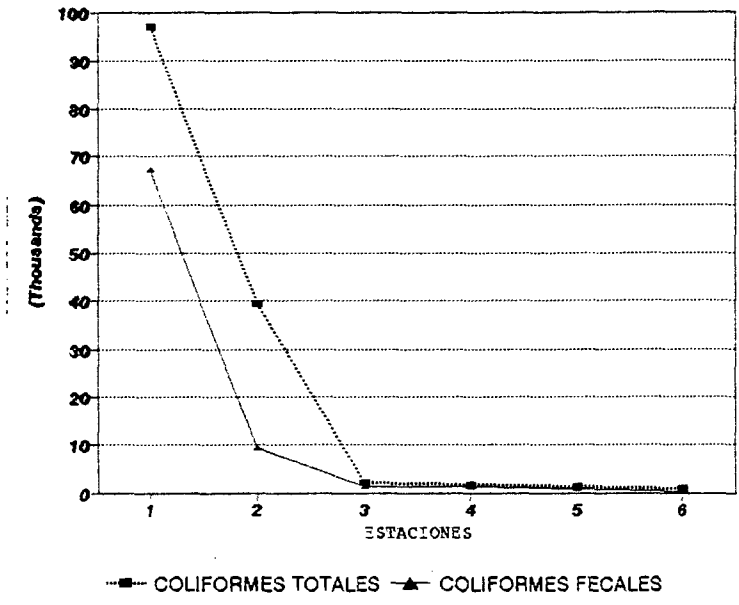
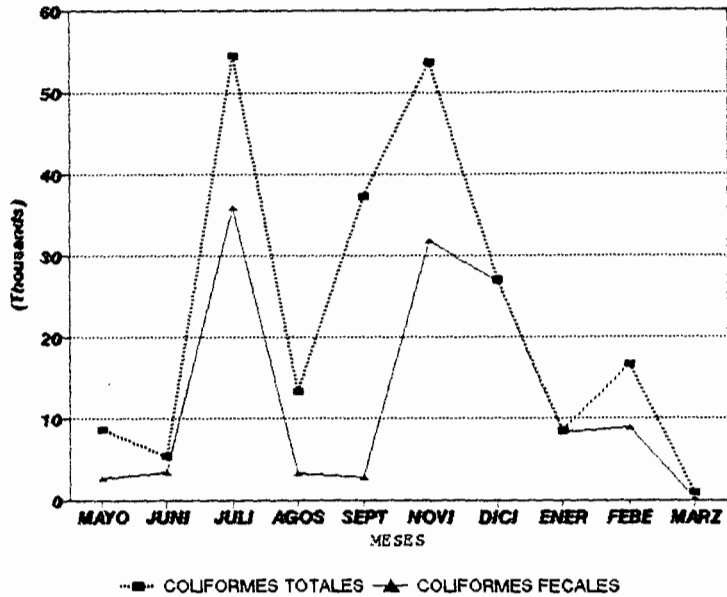


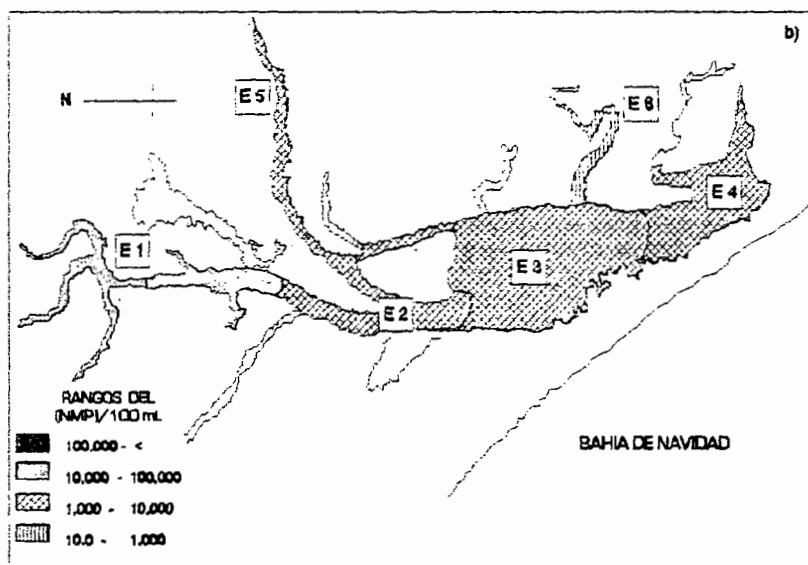
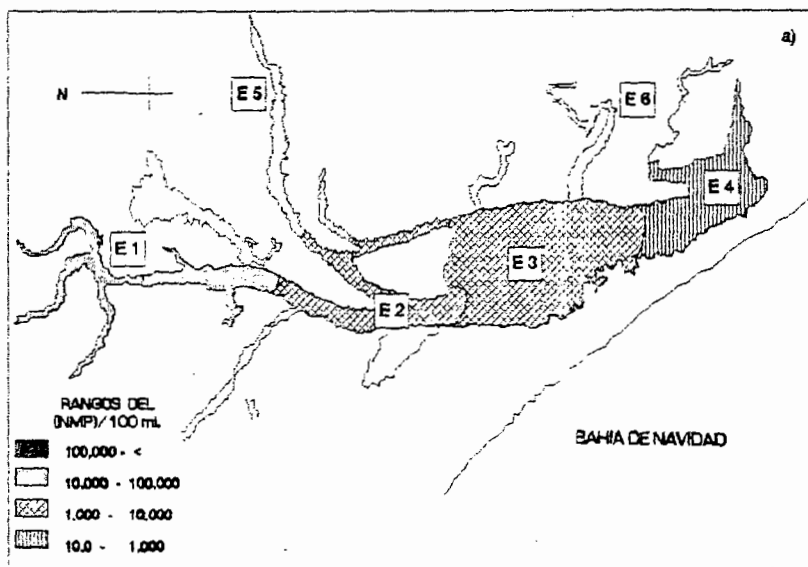
Figura. 8 Comportamiento temporal de a) Profundidad (cm.)  
b) Transparencia (cm.)



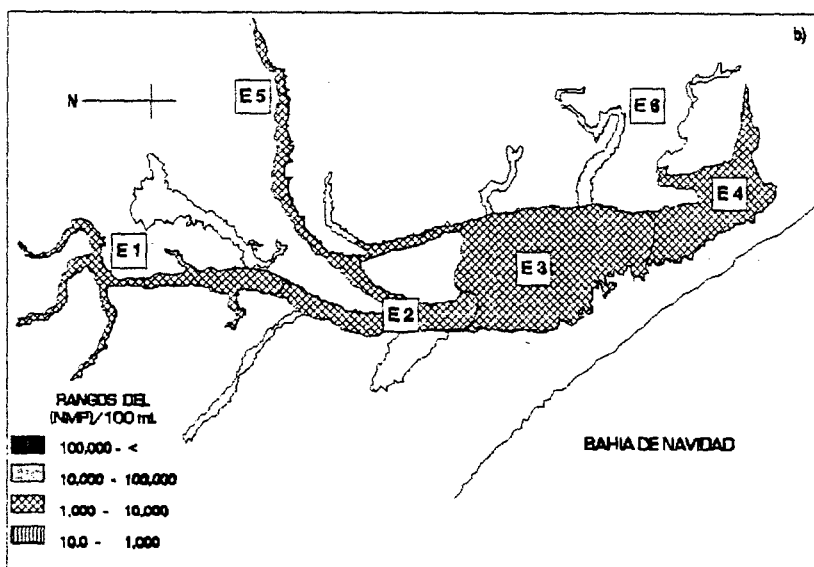
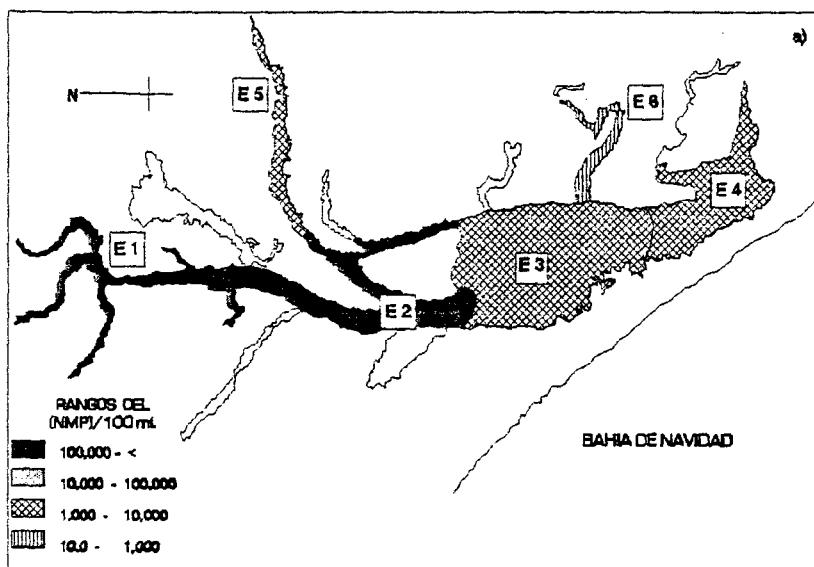
(Figura. 9) Comportamiento de la correlación entre los promedios del NMP/100 ml de coliformes totales y fecales de las estaciones.



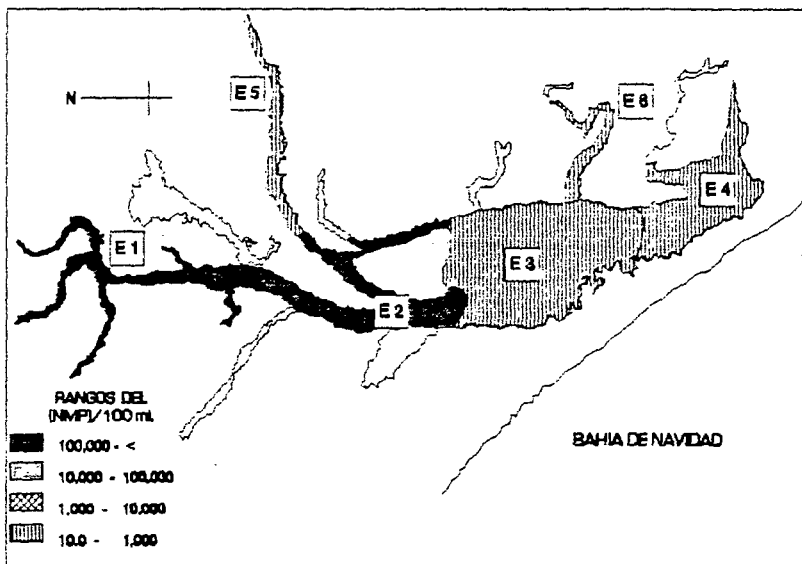
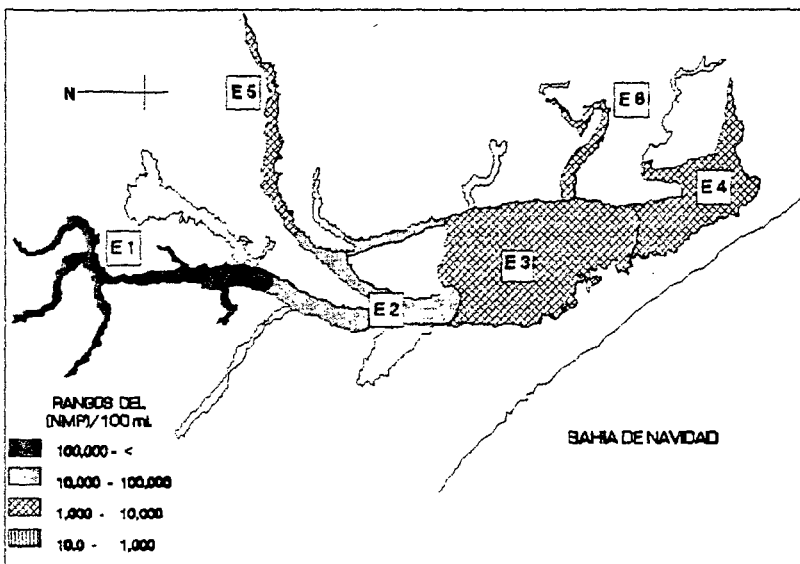
(Figura. 10) Comportamiento de la correlación entre los promedios del NMP/100 ml de coliformes totales y fecales de los meses.



(Figura. 11) Resultados del análisis bacteriógico, índice del número más probable (NMP) coliforms totales en 100 ml de a) mayo y b) junio.

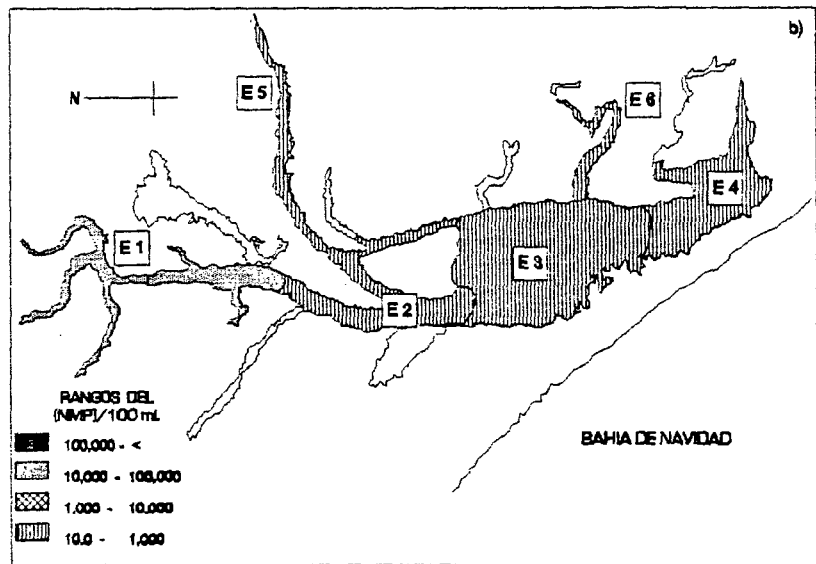
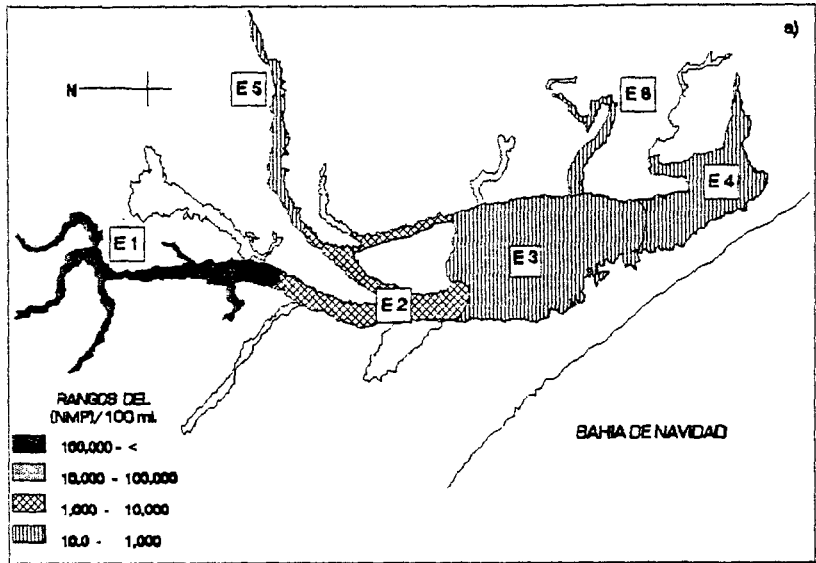


(Figura. 12) Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) coliformes totales en 100 ml de a) julio y b) agosto.

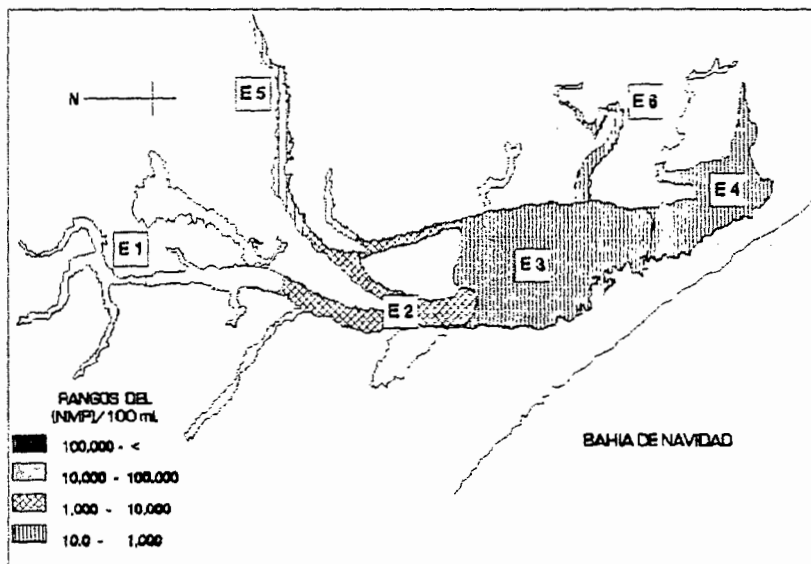
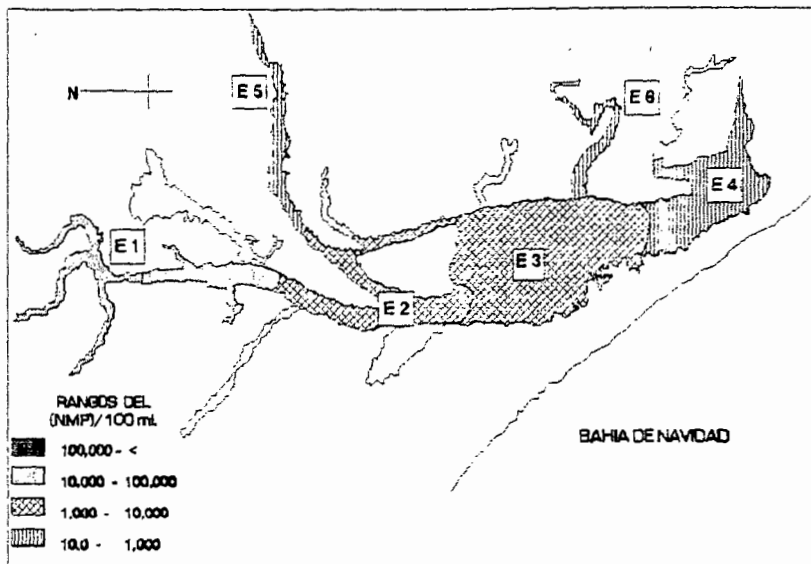


(Figura, 13) Resultados del análisis bacteriología, índice del número más probable (NMP) coliformes totales en 100 ml de a) septiembre y b) noviembre.

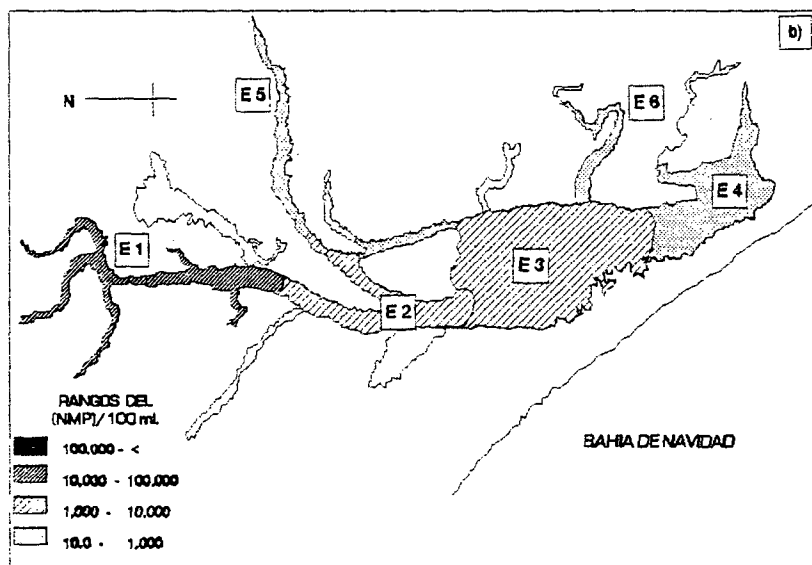
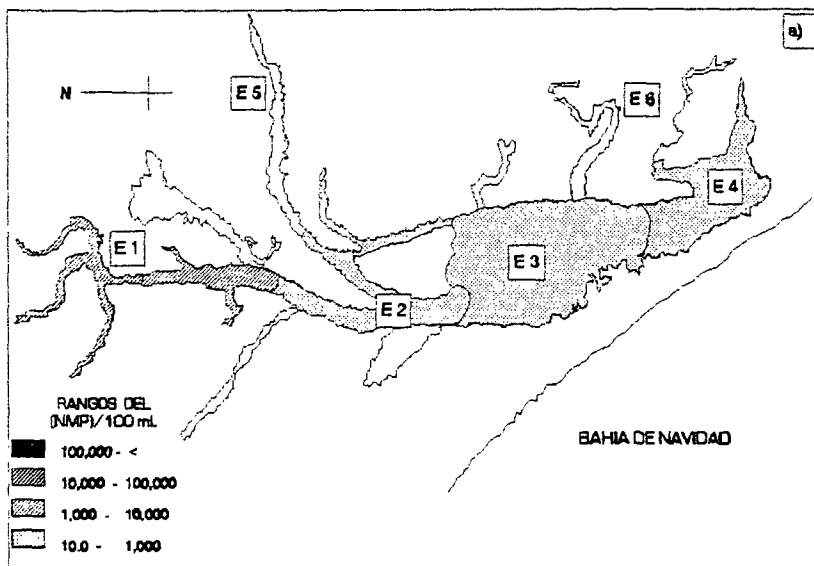




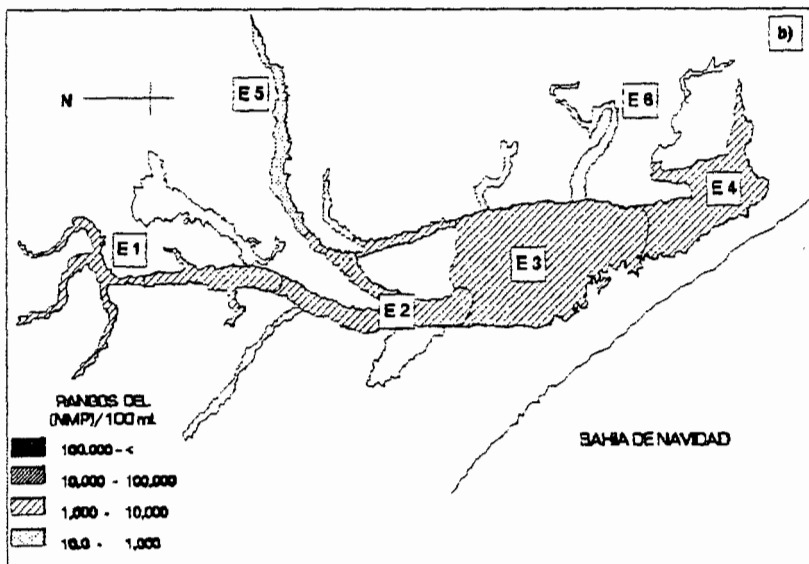
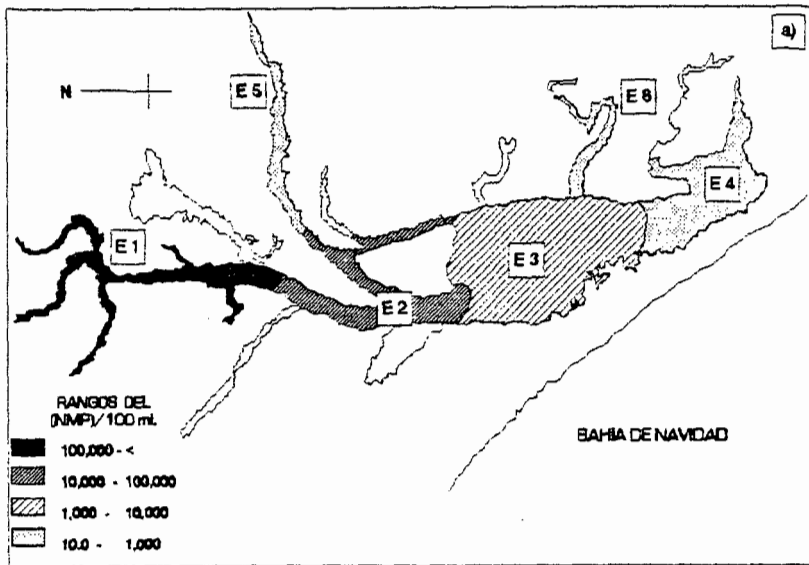
(Figura. 14) Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) coliformes totales en 100 ml de a) diciembre y b) enero.



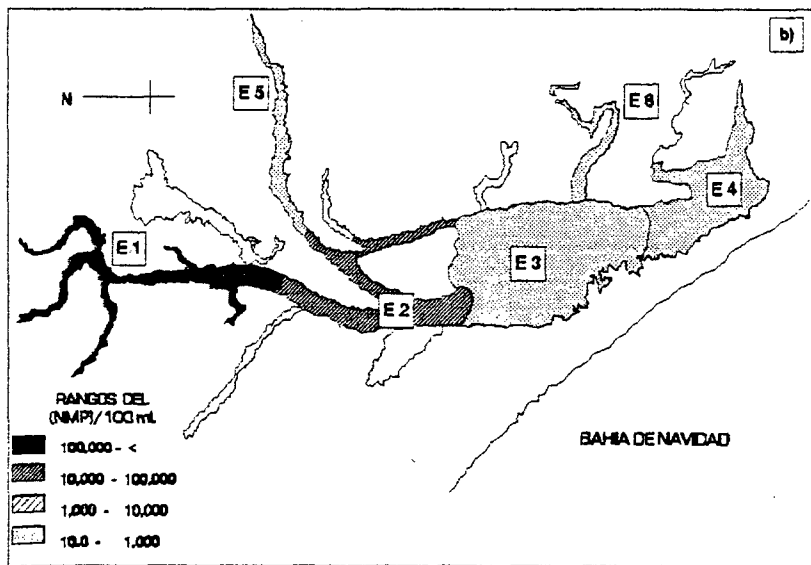
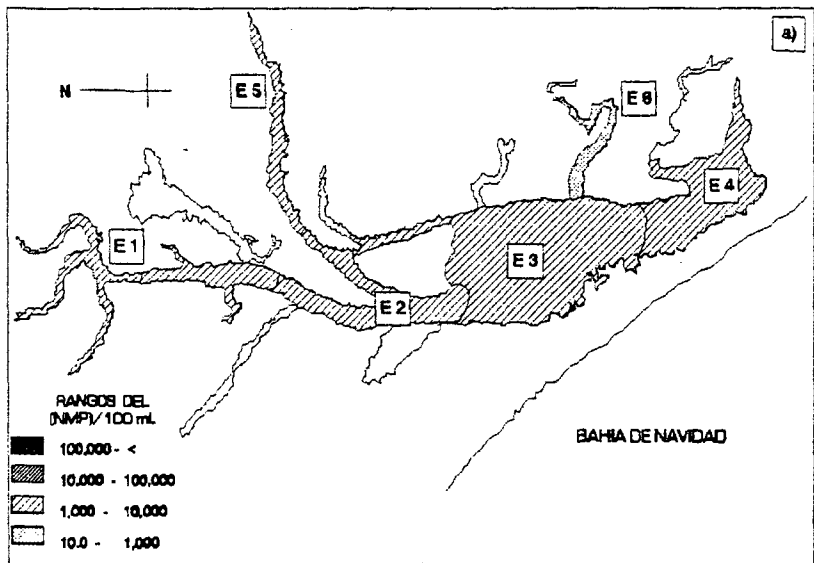
(Figura. 15) Resultados del análisis bacteriógico, índice del número más probable (NMP) de coliformes totales en 100 ml de a) febrero y b) marzo.



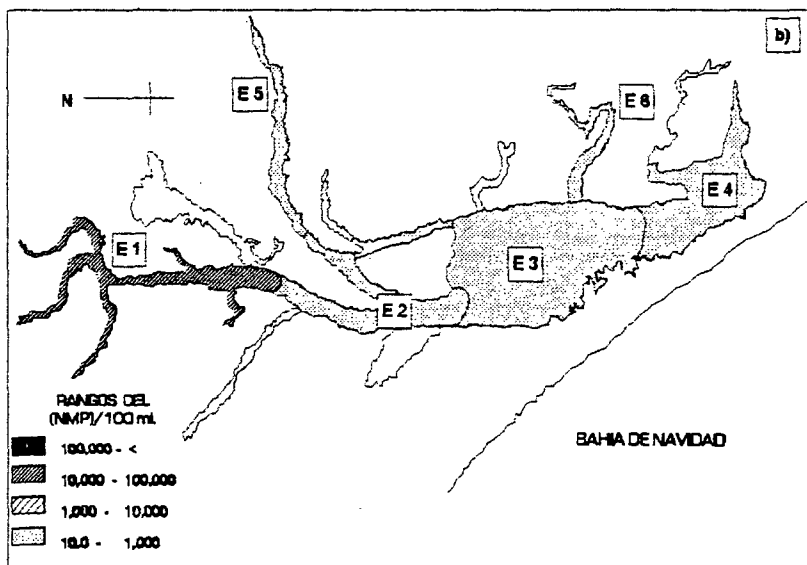
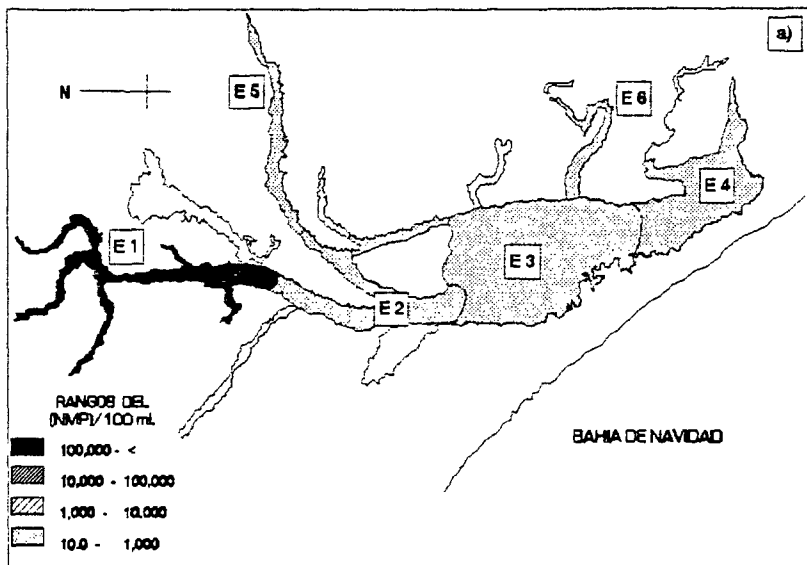
(Figura. 16) Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes fecales en 100 ml de a) mayo y b) junio.



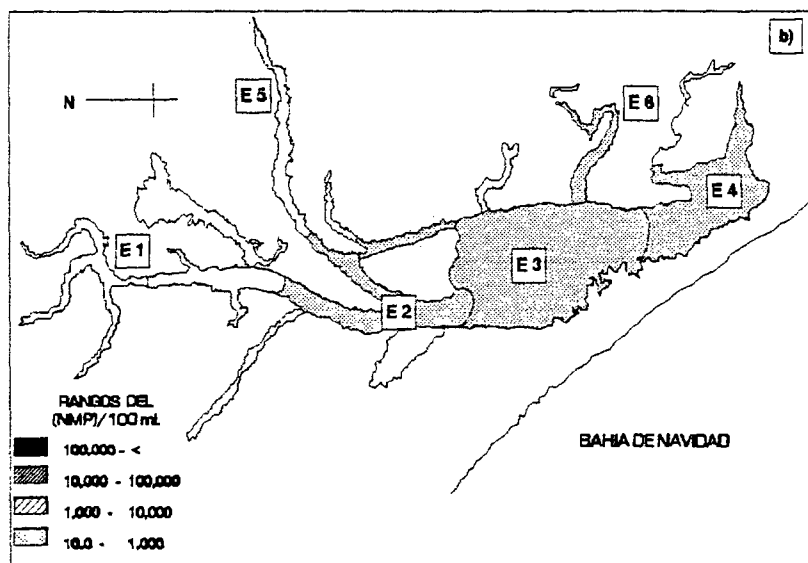
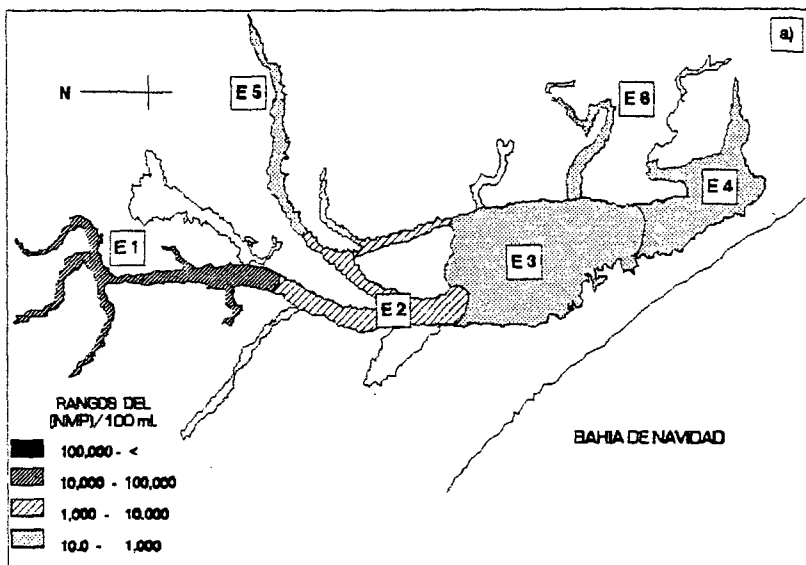
(Figura. 17) Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes fecales en 100 ml de a) julio y b) agosto.



(Figura. 18) Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes fecale en 100 ml de a) septiembre y b) noviembre.



(Figura. 19) Resultados del análisis bacteriógico, índice del número más probable (NMP) de coliformes fecales en 100 ml de a) diciembre y b) enero.



(Figura, 20) Resultados del análisis bacteriológico, índice del número más probable (NMP) de coliformes fecales en 100 ml de a) febrero y b) marzo.

Tabla I Resultados muestreo prospectivo de los parámetros Físico-químicos de la laguna "Los Otates" base para el tamaño y la localización de las estaciones de muestreo.

ESTACION	NIVEL	SALINIDAD.	TEMPERATURA.	PROFUNDIDAD.	TRASPARENCIA.	SEDIMENTO.	HORA
1	SUPERFICIE	0.3	29	270	90	LIMOSO	10:20
	MEDIA	0	28				
	FONDO	0.1	28				
2	SUPERFICIE	0.4	29	245	80	ARENA GRUEZA	10:38
	MEDIA	0.5	28.5				
	FONDO	0.9	29				
3	SUPERFICIE	0.5	29	290	105	ARENA LIMOSA	10:59
	MEDIA	0.9	29				
	FONDO	1	29				
4	SUPERFICIE	0	29	250	80	ARENA LIMOSA	11:18
	MEDIA	0	29				
	FONDO	0	29				
5	SUPERFICIE	0.9	30	270	105	ARENA LIMOSA	11:29
	MEDIA	1.8	29.5				
	FONDO	1	29				
6	SUPERFICIE	0.8	30	315	120	LIMO	11:43
	MEDIA	1	29				
	FONDO	1	29				
7	SUPERFICIE	1	30	270	160	ARENOSO ARCILLOS	11:51
	MEDIA	0	30				
	FONDO	1	29				
8	SUPERFICIE	0	30	190	140	ARCILLOS ARENOSO	12:18
	MEDIA	0	30				
	FONDO	0	29				
9	SUPERFICIE	1	30.5	275	115	ARENA LIMOSA	12:31
	MEDIA	1	30				
	FONDO	1	30				
10	SUPERFICIE	1	30	355	105	ARENA	12:40
	MEDIA	1	30				
	FONDO	1.5	30				
11	SUPERFICIE	1	31	320	100	LIMO ARENOSO	13:07
	MEDIA	1	30				
	FONDO	1	29.5				
12	SUPERFICIE	1	30	200	100	LIMOSO CON VEGE	13:20
	MEDIA	0	30				
	FONDO	1	29				



(Tabla. II) Resultados de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto del mustreo prospectivo de 24 hrs. base para determinar el horario de muestra.

HORA	TEMPERATURA C.	SALINIDAD P.P.M.	OXIGENO DIS. ml/l.
ESTACION No. 1			
18:08 hrs.	26.5	1.5	14
21:00 hrs.	26	0.2	8.5
00:00 hrs.	26	0.2	9.8
03:40 hrs.	26	1	8.5
07:00 hrs.	25	0.5	7.5
09:00 hrs.	25	0.8	7.4
12:04 hrs.	25	0.1	7.8
15:00 hrs.	27	0.8	12.3
18:07 hrs.	27	1	18.6
ESTACION No. 2			
18:25 hrs.	27.5	1.6	18
21:08 hrs.	27	1.6	16.4
00:10 hrs.	26.5	1.2	13.5
03:50 hrs.	26	1.2	10.3
07:10 hrs.	25.5	1	8.6
09:06 hrs.	25	1	6.6
12:15 hrs.	26	1.2	10.5
15:07 hrs.	27	1.2	12.5
18:20 hrs.	27.5	1.3	16.4
ESTACION No. 3			
18:40 hrs.	27	1.2	18.7
21:15 hrs.	26.5	1.5	14.9
00:15 hrs.	26	1.5	15.6
04:00 hrs.	26	1.3	13
07:15 hrs.	25.5	1.5	11.6
09:15 hrs.	26	1.3	11.6
12:24 hrs.	25.5	1.5	13.1
15:15 hrs.	27	1.5	13.8
18:32 hrs.	27	1.5	12.9

Tabla III Resultados del análisis bacteriológico prospectivo base. para determinar el nivel de la columna de agua a muestrear.

ESTACION	NIVEL	PROFUNDIDAD Cm.	(U.F.C.) /100 ml.
1	SUPERFICIE		3008
	FONDO	2.75	540
2	SUPERFICIE		248
	FONDO	3.1	50
3	SUPERFICIE		207
	FONDO	2.3	46
4	SUPERFICIE		105
	FONDO	2.25	100
5	SUPERFICIE		235
	FONDO	3.1	34
6	SUPERFICIE		131
	FONDO	1.6	46

(Tabla. IV) Indices del NMP/100 ml para coliformes totales y fecales de acuerdo a la combinación de tubos positivos en diluciones de 1.0, 0.1, 0.01, 0.001, modificado de Standard Methods A.P.H.A 1989.

COMBINACION POSITIVOS	INDICE NMP/ 100 mL	LIMITES DE CONFIANZA 95%		COMBINACION POSITIVOS	INDICE NMP/ 100 mL	LIMITES DE CONFIANZA 95%	
		BAJO	ALTO			BAJO	ALTO
0 0 0	< 2	-	-	4 0 2	22	9.0	56
0 0 1	2	1.0	10	4 2 1	26	12	65
0 1 0	2	1.0	10	4 3 0	27	12	67
0 2 0	4	1.3	13	4 3 1	33	15	77
1 0 0	2	1.0	11	4 4 0	34	16	80
1 0 1	4	1.0	15	5 0 0	23	9.0	86
1 1 0	4	1.0	15	5 0 1	30	10	110
1 1 1	6	2.0	18	5 0 2	40	20	140
1 2 0	6	2.0	18	5 1 0	30	10	120
2 0 0	4	1.0	17	5 1 1	50	20	150
2 0 1	7	2.0	20	5 1 2	60	30	180
2 1 0	7	2.0	21	5 2 0	50	20	170
2 1 1	9	3.0	24	5 2 1	70	30	210
2 2 0	9	3.0	25	5 2 2	90	40	250
2 3 0	12	5.0	29	5 3 0	80	30	250
3 0 0	8	3.0	24	5 3 1	110	40	300
3 0 1	11	4.0	29	5 3 2	140	60	360
3 1 0	11	4.0	29	5 3 3	170	80	410
3 1 1	14	6.0	35	5 4 0	130	50	390
3 2 0	14	6.0	35	5 4 1	170	70	480
3 2 1	17	7.0	40	5 4 2	220	100	580
4 0 0	13	5.0	38	5 4 3	280	120	690
4 0 1	17	7.0	45	5 4 4	350	160	820
4 1 0	17	7.0	46	5 5 0	240	100	340
4 1 1	21	9.0	55	5 5 1	300	100	1300
4 1 2	26	12	63	5 5 2	500	200	2000
				5 5 3	900	300	2900
				5 5 4	1600	600	5300
				5 5 5	>1600	-	-

Tabla V Valores máximos, mínimos y promedios del oxígeno disuelto en la laguna "Los Otates" con prueba de Duncan para señalar la significancia estadística de la variación espacio temporal.

OXIGENO DISUELTO ml/l					
VARIANZA ENTRE ESTACIONES: $F_{5,37} = 4.563$ ; $P = 0.002$					
VARIANZA ENTRE MESES: $F_{7,35} = 4.652$ ; $P < 0.001$					
MESES	MAXIMA	MINIMA	MEDIA		
MAYO	10.4	7	8.37	*	1 *
JULIO	6.7	3.7	5.55	*	2 **
AGOSTO	5.4	3.8	4.64	*	3 *
SEPTIEMBRE	8.4	4.1	6.51	*	4 **
NOVIEMBRE	7.2	4.1	5.95	*	5 *
ENERO	6.6	4	5.16	*	6 *
FEBRERO	6.5	3.8	5.76	*	
MARZO	6.8	5.5	6.27	*	

Tabla VI Valores máximos, mínimos y promedios de la salinidad en la laguna "Los Otates" con prueba de Duncan para señalar la significancia estadística de la variación espacio temporal.

SALINIDAD, PARTES POR MIL (0/00)					
VARIANZA ENTRE ESTACIONES: $F_{5,49} = 0.243$ ; $P < 0.9416$					
VARIANZA ENTRE MESES: $F_{9,45} = 34.893$ ; $P = 0.000$					
MESES	MAXIMA	MINIMA	MEDIA		
MAYO	0	0	0	*	1 *
JUNIO	0	0	0	*	2 *
JULIO	1.4	0	0.96	*	3 *
AGOSTO	1	0	0.2	*	4 *
SEPTIEMBRE	2.3	1	1.21	*	5 *
NOVIEMBRE	1	1	1	*	6 *
DICIEMBRE	0	0	0	*	
ENERO	0	0	0	*	
FEBRERO	0	0	0	*	
MARZO	0	0	0	*	

Tabla VII Valores máximos, mínimos y promedios de la temperatura en la laguna "Los Otates" con prueba de Duncan para señalar la significancia estadística de la variación espacio temporal.

TEMPERATURA, GRADOS CENTIGRADOS ( C )					
VARIANZA ENTRE ESTACIONES: F5,49= 0.044; P< 0.9988					
VARIANZA ENTRE MESES: F9,46= 117.807; P= 0.000					
MESES	MAXIMA	MINIMA	MEDIA		
MAYO	27	26	26.75	**	1 *
JUNIO	29	28	28.25	*	2 *
JULIO	31	29	30.16	**	3 *
AGOSTO	30	29	29.4	**	4 *
SEPTIEMBRE	31	30	30.53	*	5 *
NOVIEMBRE	30	28.5	29.25	*	6 *
DICIEMBRE	27	27	27	*	
ENERO	24.5	24	24.25	*	
FEBRERO	26	26	26	**	
MARZO	26	25	25.5	*	

Tabla VIII Valores máximos, mínimos y promedios del potencial de Hidrogeno en la laguna "Los Otates" con prueba de Duncan para señalar la significancia estadística de la variación espacio temporal.

POTENCIAL DE HIDROGENO (pH) 1 - 14					
VARIANZA ENTRE ESTACIONES: F5,37= 0.438; P< 0.8190					
VARIANZA ENTRE MESES: F7,35= 81.167; P= 0.000					
MESES	MAXIMA	MINIMA	MEDIA		
MAYO	7.68	7.19	7.52	****	1 *
JUNIO	7.77	7.37	7.59	***	2 *
JULIO	7.98	7.59	7.77	*	3 *
AGOSTO	7.5	7.35	7.43	***	4 *
SEPTIEMBRE	7.54	7.23	7.35	**	5 *
ENERO	6.43	6.1	6.29	*	6 *
FEBRERO	6.9	6.6	6.73	*	
MARZO	7.43	7.25	7.35	*	

Tabla IX Valores máximos, mínimos y promedios de la conductividad eléctrica en la laguna "Los Otates" con prueba de Duncan, para señalar la significancia estadística de la variación espacio temporal.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (umhos / cm)						
VARIANZA ENTRE ESTACIONES: $F_{5,43} = 0.094$ ; $P < 0.9927$						
VARIANZA ENTRE MESES: $F_{8,40} = 75.479$ ; $P = 0.0000$						
MESES	MAXIMA	MINIMA	MEDIA			
MAYO	950	300	912.5	**		1 *
JUNIO	300	300	300	**		2 *
JULIO	2900	1400	2325	*		3 *
AGOSTO	1200	1000	1080	*		4 *
SEPTIEMBRE	4500	2000	2891.67	*		5 *
NOVIEMBRE	2900	2900	2433.33	*		6 *
ENERO	900	650	813.33	**		
FEBRERO	750	550	666.66	*		
MARZO	700	650	662.5	*		

Tabla X Valores máximos, mínimos y promedios de la turbidez en la laguna "Los Otates" con prueba de Duncan para señalar la significancia estadística de la variación espacio temporal.

TURBIDEZ (%)						
VARIANZA ENTRE ESTACIONES: $F_{5,49} = 1.293$ ; $P < 0.2822$						
VARIANZA ENTRE MESES: $F_{9,45} = 3.247$ ; $P < 0.0041$						
MESES	MAXIMA	MINIMA	MEDIA			
MAYO	62.55	0	40	***		1 *
JUNIO	71.05	23.52	50.49	***		2 *
JULIO	58.49	0	43.55	***		3 *
AGOSTO	82.14	73.58	78.77	*		4 *
SEPTIEMBRE	76.04	38.46	61.09	**		5 *
NOVIEMBRE	79.59	33.33	52.11	***		6 *
DICIEMBRE	60	0	37.22	**		
ENERO	53.33	0	26.53	**		
FEBRERO	50	0	21.81	*		
MARZO	60.71	5.88	33.87	**		

75 h.