



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**

**IZTACALA**

**“EVALUACION SANITARIA POR BACTERIAS  
COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN EL  
SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO, VER.”**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TITULO DE**

**B I O L O G O**

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

**JUAN ARTURO RAMOS RIVERA**

**MEXICO, 1992**

A MIS PADRES

A MIS HERMANAS

A MIS TIOS Y ABUELITOS

A QUIENES YA NO ESTAN AQUI, PERO QUE ESTAN  
PRESENTES EN MI MEMORIA: MAMA LOLITA Y TIA  
REFUGIO.

PARA TI, GRIS.

PORQUE ESTE TRABAJO NO HUBIERA SIDO TERMINADO SIN TI.

ESTE LOGRO REPRESENTA UN TRABAJO CONJUNTO, UN TRABAJO DE

AMBOS: POR TU IMPULSO, TU PACIENCIA, TU DETERMINACION Y

TU COMPAÑIA, PERO SOBRE TODO, POR TU AMOR.

ESPERANDO CON MUCHA FE TODO LO BUENO QUE HABRA DE VENIR

PARA AMBOS.

GRACIAS POR HABERLO HECHO POSIBLE.

## AGRADECIMIENTOS:

A mi asesor de tesis, el M. en C. Agustín Ruiz Cabrera, por sus acertadas observaciones, comentarios, sugerencias y apoyo.

Al M. en C. Jonathan Franco López, co-asesor de este trabajo, por todas las facilidades prestadas para la realización del mismo, así como por sus atinados comentarios y observaciones; sin ellas no podría haber concluído.

Pero sobre todo, a ambos, por brindarme su amistad. Gracias.

Al Departamento de Ecología y al Departamento de Planeación por las facilidades prestadas.

Quiero agradecer también por su amistad y apoyo a mis compañeros de carrera (en algunos casos se omiten los "alias" por obvias razones): Angélica Garduño, Armando, Carlos Camacho, Carlos Domínguez, Celerino Pérez, Elvia Zavala, Enrique Montiel y Fam., Félix Leija, Hugo Castro, Juan Manuel Bravo, Jorge Angulo y Co., Pilar Freijo, Vicente Serviño, y un larguísimo et cetera

Especialmente quiero agradecer a Angel y Magda Rosas, Vicky Villanueva y Fam., Ivonne Lobato y Fam., Miss Margarita Méndez y Fam. y a Miss Betty por su interés y su impulso para que concluyera este trabajo.

## I. - RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el sistema fluviolagunar de Alvarado, Veracruz; en el periodo comprendido entre Julio de 1990 y Marzo de 1991. Los objetivos fueron el evaluar las condiciones sanitarias del sistema por medio del análisis bacteriológico de organismos coliformes totales y coliformes fecales; a la vez de registrar las condiciones presentes en cada salida a muestreo en cuanto a temperatura, transparencia y profundidad se refiere; así como el determinar la relación existente en el sistema estudiado entre las concentraciones de bacterias encontradas y los datos de los parámetros registrados. Para determinar los niveles de bacterias coliformes totales y coliformes fecales se utilizó la técnica del NMP, aplicando el método de dilución múltiple.

Como valores máximos en las lecturas de coliformes totales, los resultados muestran: 2800/100 mL en la estación denominada Isleta durante la salida a muestreo de Septiembre, en tanto que las lecturas mínimas fueron obtenidas en Salida de Canal, Centro de Camaronera y Canal de Tubo durante Julio; Centro de Camaronera en Agosto y nuevamente Salida de Canal, Centro de Camaronera y Canal de Tubo, aunque en la salida del mes de Enero, teniendo cada una de ellas un valor de 0/100 mL.

Las lecturas de coliformes fecales presentan los siguientes valores: máximo de 120/100 mL observada en la estación Isleta durante la salida de Diciembre; mínimo de 0/100 mL en Entrada de Canal, Centro de Canal, Salida de Canal, Centro de Camaronera y Canal de Tubo en Julio; Arbolillo, Punta Grande, Entrada de Canal, Salida de Canal, Centro de Camaronera y Canal de Tubo en Agosto; Entrada de Canal en Septiembre; Punta Grande, Salida de Canal y Centro de Camaronera durante Octubre; Punta Grande en Diciembre; Centro de Canal, Salida de Canal, Centro de Camaronera y Canal de Tubo en Enero y Punta Grande durante Marzo, las cuales no presentaron bacterias coliformes fecales.

Por lo que respecta al reporte de los parámetros, los valores obtenidos fueron: la temperatura máxima observada fué de 31.7 °C en la estación Canal de Tubo en el mes de Marzo, mientras que la mínima fué de 20.5°C en las estaciones Arbolillo y Punta Grande durante Diciembre.

La profundidad máxima promedio por estación se localizó en la estación Canal de Tubo al presentar un valor de 2.8 m; mientras que el valor mínimo se obtuvo en Entrada de Canal, con 1.7 m.

Los datos obtenidos para la transparencia son: valor máximo: 46 cm, muestreo de Septiembre en Centro de Camaronera. Transparencia mínima de 10 cm en Diciembre, obtenida en Pescadería.

Se concluye que la incidencia de bacterias coliformes, tanto totales como fecales se debe, en un primer plano de importancia, a los desechos de diversa naturaleza que son arrojados de manera continua y que provienen de los asentamientos humanos cercanos al sistema, detectándose en forma preponderante en las tres estaciones de muestreo de Laguna de Alvarado y de las estaciones Canal de Tubo, situada en Laguna de Camaronera, así como a la influencia de las características fisicoquímicas y biológicas propias de este sistema, los cuales permiten que los niveles poblacionales de bacterias coliformes se mantengan, fluctuando temporalmente y distribuyéndose como se citó anteriormente.

## 1. - INTRODUCCION

Los depósitos de agua contienen nutrimentos que permiten la sobrevivencia de determinadas poblaciones de microorganismos, de los cuales, algunos pueden provocar enfermedades en el ser humano; la presencia de patógenos humanos en el agua es un indicio de contaminación, ya sea de tierra, por infiltración ó por arrastre de lluvia, así como por inducción de aguas negras en dichos depósitos (Jawetz y col., 1987).

Los sistemas acuáticos presentan características medioambientales que reducen y/o permiten la desaparición de bacterias patógenas. Las causas de la reducción en estos microorganismos son de interés ecológico, ya que la información que aporte su estudio podría auxiliar para explicar las bases de la composición de comunidades de microorganismos acuáticos, así como para predecir la resistencia y comportamientos de los patógenos humanos, animales y/o vegetales en depósitos de agua (Hirsch y Rhockol, 1980).

El concepto de bacterias coliformes se hace importante como consecuencia del papel de este grupo como indicadores de la calidad del agua de consumo, de uso recreacional ó de alimentos, aunque originalmente se reconoció al contenido intestinal del hombre y de mamíferos como el "habitat natural" de las bacterias coliformes (Sartí y col., 1980).

En el agua contaminada por materia fecal, el determinar la concentración de bacterias coliformes presentes en un cuerpo de agua es indispensable para indicar el grado de contaminación en dicho cuerpo: si la contaminación por materia orgánica es elevada, puede haber multiplicación de dichas bacterias, sin embargo, de manera general su nivel de sobrevivencia es bajo y tienden a disminuir significativamente en medios ambientes naturales (Fernández, 1981).

El grupo de bacterias coliformes se caracteriza por tener forma de bacilo, gramnegativa, aerobia facultativa, no esporulada, fermentadora de lactosa a 24 h a 35 °C, su densidad poblacional es generalmente proporcional al grado de contaminación fecal presente en el cuerpo de agua (Romero y Rodríguez, 1982).

De los microorganismos que pertenecen al grupo de los coliformes heterótrofos, *Escherichia coli* es una bacteria intestinal mutualista que no es considerada propia de los ambientes naturales, por ello que su presencia en cuerpos acuáticos sea indicio de contaminación fecal (Volk y col., 1988).

De los depósitos naturales de agua, los estuarios son biológica y fisicoquímicamente una combinación entre el medio ambiente dulceacuícola y el medio ambiente marino, ya que por características geográficas específicas de una zona determinada, así como de la presencia de vertientes hacia dichos cuerpos acuáticos, tanto los volúmenes de agua dulce como los de agua salada convergen en un área, combinándose ambos medios; las características fisicoquímicas de un estuario pueden ser medidas en: rango de salinidad, de temperatura y oxígeno disuelto (Wood, 1975).

Las aguas de estuario se utilizan con fines recreacionales ó comerciales tales como las aguas de baño y la pesca ó para la práctica de deportes náuticos (Baldini y Cabezali, 1988), así como para la explotación de especies comestibles que representan una fuente de alimento, las que se consumen tanto a nivel regional como a nivel nacional, por lo que es importante el considerar a moluscos, peces y crustáceos como posibles transmisores de enfermedades gastrointestinales cuando estos se desarrollan en aguas contaminadas por materia fecal (Romero y col., 1986).

De manera general, la microbiología del agua se avoca a estudiar los aspectos concernientes a la presencia de microorganismos de lagos, ríos, pantanos y mares, ya que revisten gran importancia dentro de las diferentes funciones que se llevan a cabo dentro de estos sistemas naturales, pues la actividad de los microorganismos interviene en diversas transformaciones bioquímicas que permiten el equilibrio normal de la vida acuática (Jawetz, Op. Cit).

El examen bacteriológico del agua comprende la determinación del número de microorganismos, de igual manera el análisis de la presencia/ausencia de bacterias del grupo coliforme por lo que el hallazgo de los mismos en aguas de consumo es prueba de contaminación fecal; de la misma manera la posible presencia de patógenos intestinales causantes de enfermedades tales como la fiebre tifoidea, fiebres paratíficas, disentería y cólera (Bryan y Bryan, 1980).

Las técnicas de conteo de microorganismos en un examen bacteriológico incluyen:

a.-) conteos directos por medio de una cámara de conteo Neubauer; donde se coloca una muestra del agua en dicha cámara y bajo el microscopio se enumeran los microorganismos presentes observados en las celdas correspondientes diseñadas para este fin.

b.-) los conteos de propagación en placa determinan conteos viables totales (CVT) de microorganismos, aunque ésta técnica depende del tipo de medio utilizado, tipo de diluciones realizadas, precisión del pipeteado y cuidado en la inoculación dentro de las cajas Petri.

c.-) conteos por vertido en placa, donde de los conteos de CVT tomados del método anteriormente descrito, en este caso y de manera general, resultan más altos que los conteos de la técnica antes mencionada, ya que en este caso no se utilizan diluciones.

d.-) Conteo del Numero Más Probable (NMP), es el método más comunmente usado para enumerar microorganismos fermentadores de lactosa, específicamente organismos coliformes: Se realiza la inoculación en medio Caldo Lactosado utilizando series de tubos que se someten a un proceso de incubación para posteriormente leer los resultados en tablas específicamente diseñadas para éste propósito.

e.-) Método de Filtración por Membrana, que se usa para contar bajos niveles de bacterias presentes en grandes volúmenes de agua, los cuales se hacen pasar a través dicho filtro; aunque este método daña ó mata a algunas bacterias debido al proceso mecánico propio de la filtración durante su paso a través de la micromalla (Colwell y col., 1975).

Para determinar si un suministro de agua es o no apto para su consumo, se recurre a cuatro tipos de análisis:

-) El análisis físico, donde se examina la turbiedad, color, sabor u olor inconvenientes.

-) El análisis químico, que determina la presencia de sólidos, dureza ó la inclusión de cualquier elemento venenoso como cloro o zinc.

-) El análisis biológico, donde se descubren algas, hongos, protozoos, gusanos nemátodos, larvas de insectos ó de crustáceos.

-) El análisis bacteriológico, que es un examen de gran importancia en la prevención de epidemias resultantes de la contaminación del agua; el método más común utilizado para la detección de los organismos coliformes es la siembra directa en caldo lactosado. En la actualidad, la técnica que ha sido la más aceptada es la técnica de filtro de membrana (Bryan y Bryan, 1980).

En estudios realizados con el propósito de determinar el nivel de contaminación fecal ó la presencia de bacterias indicadoras de esta clase de contaminación en alimentos y aguas de consumo a fin de determinar su relación con enfermedades gastrointestinales, Klipstein y Engert (1977), concluyen como resultado de estudios realizados en turistas que presentaban cuadros diarréicos, que la presencia de estos microorganismos en alimentos contaminados, son fuente de gran importancia para la posible adquisición de enfermedades entéricas tales como: diarrea, salmonelosis ó septicemias, así como de infecciones en vías respiratorias y urinarias, ó neumonías de origen bacteriano.

Fernández (1981), determinó la relativa facilidad con la que los organismos coliformes pueden entrar en contacto con alimentos crudos, ya sean de origen animal como vegetal, tanto industrializados como cocinados en casa ó expendios como consecuencia de la falta de higiene durante los procesos de obtención, transporte y/o procesamiento de los productos en cuestión, específicamente de productos cárnicos que incluyen res, pollo, cerdo, pescados y mariscos, leche y sus derivados, frutas y verduras, así como del agua utilizada durante estos procesos.

Rosas y col. (1984), analizaron muestras de agua para riego provenientes de los canales de Xochimilco, México, así como muestras de suelo y vegetales regados con estas aguas en la Ciudad de México; los análisis de agua mostraron un alto índice de contaminación por coliformes fecales, ya que cerca de los canales se detectaron granjas porcinas caseras, por lo que los autores estiman que no es recomendable el uso de esta agua para riego de hortalizas; en los análisis de suelo, estos indican concentraciones más bajas de coliformes si se comparan con las muestras de agua. Los autores opinan que estos niveles menores se deben al uso de fertilizantes ó a las características físicas y químicas propias del suelo en estudio, tales como pH, humedad y materia orgánica. Por lo que respecta a los resultados obtenidos de los vegetales analizados, se encontró que la mayor concentración de bacterias se localizó en las raíces de las plantas, mientras que los valores se reducían en tallos y hojas. En este punto los autores recomiendan eliminar raíces y desinfectar los vegetales antes de su consumo.

Gutiérrez y col. (1989) examinaron la incidencia de gastroenteritis en las poblaciones de Navojoa y Ciudad Obregón, Sonora, México, con el objeto de cuantificar el grado de contaminación del agua potable con bacterias coliformes fecales, encontrando un alto valor de incidencia, sobre todo en Navojoa (116/1000 hab., 1985), en comparación con Ciudad Obregón (49/1000 hab., 1985). A su vez se detectó también un mayor grado de contaminación en muestras de agua intradomiciliarias en Navojoa (43% de bacterias coliformes/100 mL) a diferencia de las obtenidas en Ciudad Obregón (6% de bacterias coliformes/100 mL).

Araya y García (1988), realizaron estudios en el estero Puntarenas, Costa Rica, detectando la presencia de coliformes y de estreptococos fecales, así como de *Anadara tuberculosa*, donde los resultados revelaron un alto grado de contaminación por estreptococos fecales como consecuencia del asentamiento urbano localizado en las proximidades del estero, así como del desague a éste de aguas negras.

Por lo que respecta a estudios enfocados a detectar la presencia ó de realizar una evaluación de los organismos coliformes presentes en cuerpos de agua, Castillo y Cordano (1975) estudiaron el agua proveniente del Río Mapocho, Chile, detectando que de 113 muestras, el 80% presentaron altos índices de contaminación por coliformes fecales; de un 42% se aisló *Salmonella* sp. determinando conteos de NMP que revelaron un aumento gradual conforme se avanzaba en el curso del río, especialmente cuando atravezaba la Ciudad de Santiago y alcanzando su nivel máximo en la población denominada Rinconada de Maipú, ya que es en este punto donde el río recibe el agua proveniente de la Ciudad de Santiago y del Canal de las Mercedes, que arrastra desperdicios urbanos.

Faust (1976), analizó muestras de agua provenientes del Río Rhode, Ma. U. S. A., así como muestras de suelo correspondientes a áreas aledañas a este cuerpo de agua y que en ambos casos las muestras presentaron un alto grado de contaminación por organismos coliformes totales y coliformes fecales; cabe mencionar que dicho río desemboca en la bahía Chesapeake, la cual presenta características estuarinas. Los autores concluyen que la presencia de estos microorganismos responde a tres causas: el área rural dentro de la

que se enclava el río puede contribuir a ésta causa; la estacionalidad anual también puede influir en el nivel de organismos coliformes dentro de esta zona, tanto del suelo, río y estuario; así como la resistencia de las bacterias presentes en el estuario, la cual puede incrementar el nivel de contaminación, especialmente en aguas con bajas temperaturas.

Rodríguez y Romero (1981) analizaron aguas colectadas de las lagunas de Balchacah, Puerto Rico y Boca de Atasta, que son cuerpos acuáticos asociados al sistema fluviolagunar de Laguna de Términos, Campeche, México; donde se obtuvieron una fluctuación de resultados en los tres sistemas, identificando la presencia de los siguientes Géneros: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia* y *Pectobacterium* como indicadores de contaminación fecal; no se aisló *Salmonella* sp., por lo que los autores concluyen que estos microorganismos se encuentran presentes en el sistema como consecuencia de su exposición a diversas fuentes de contaminación.

Lizárraga (1982), analizó la distribución de bacterias heterótrofas, tanto en sedimento como en agua de fondo proveniente de Laguna de Términos, Campeche, México durante un ciclo anual, encontrando que las concentraciones de bacterias correspondientes a las muestras de agua de fondo presentan variaciones en la estación de lluvias, donde hay un incremento progresivo conforme disminuye la salinidad y observándose un comportamiento opuesto durante la estación seca, al notarse una ligera disminución de las poblaciones en la época de vientos al detectarse una mayor concentración en la estación sur dentro de la laguna; por lo que respecta a las muestras de sedimento, estas presentan un comportamiento similar al de las aguas, concluyendo que los resultados reflejan la situación ecológica, tanto del papel de las bacterias heterótrofas dentro de la cadena alimenticia (ya que estas sirven como alimento de organismos bentónicos y pelágicos), como de la situación relacionada con las actividades ahí realizadas, tal como lo constituyen las actividades pesqueras y de extracción de petróleo.

Romero y Rodríguez (1982) realizaron un estudio bacteriológico en el Sistema Lagunar Del Carmen-Machona, Tabasco, México, y analizando a su vez parámetros tales como temperatura, oxígeno

disuelto y salinidad, observaron que las poblaciones más altas de coliformes totales y coliformes fecales fueron detectadas en la región cercana a los asentamientos humanos, los cuales se sitúan a corta distancia del sistema estudiado.

Bulson y col (1984), analizaron muestras de agua provenientes del lago recreacional Liberty, en el estado de Washington, U. S. A., y que presenta condiciones eutróficas; de él se obtuvieron aislamientos de *Escherichia coli*, así como coliformes fecales y estreptococos fecales, los cuales fueron eliminados hasta en un 80% gracias a un tratamiento con alumbre (solución de Sulfato de Aluminio) aplicado en forma estacional durante medio año.

Legendre y col. (1984) caracterizaron la dinámica poblacional de bacterias heterótrofas como indicadoras de contaminación en lagunas tratadas de un centro urbano de aguas negras, las bacterias presentaron dos tipos de comportamiento: en las primeras estaciones, el nivel de bacterias indicadoras de contaminación es bajo, como resultado de una capacidad para controlar el aporte de materia orgánica al sistema, mientras que en las últimas estaciones se muestra un ciclo anual determinado por los cambios físicos y químicos, así como la dinámica relacionada con los componentes biológicos propios del sistema, por ejemplo: plancton.

Tobin y Ward (1984) discutieron la importancia de establecer criterios que puntualicen la problemática que representan los riesgos que se corre de adquirir alguna enfermedad gastrointestinal ó dérmica al utilizar aguas de uso recreativo, así como el identificar y eliminar fuentes de contaminación de estas aguas mediante la determinación de: presencia de bacterias coliformes fecales cuyas concentraciones no excedan el límite permitido por los Lineamientos para la Calidad del Agua Potable de Canadá (200/100 mL). El análisis de la posible presencia de patógenos como *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Shigella* sp., *Salmonella* sp. y virus entéricos, aunque se ha omitido el análisis de elementos químicos y radioactivos debido a las características propias de estos elementos, que pueden presentar comportamientos diferentes dependiendo de su concentración y grado de incidencia dentro del cuerpo de agua. Se utilizan algunas características microbiológicas como el criterio más

importante para determinar la seguridad del uso recreacional del agua en cuestión, usando como indicador a las bacterias coliformes fecales, las cuales no deben de exceder las 200/100 mL; y dentro de este grupo, a *Escherichia coli* como principal agente infeccioso. Otro indicador de contaminación lo constituye el grupo de estreptococos fecales, como elemento de prueba complementario. Las características físicas y químicas son la medición del pH y temperatura, añadiendo elementos tales como: materia flotante (aceite ó espuma), sustancias que den color, olor, sabor ó turbiedad anormal, penetración de luz (transparencia), etc.

Araya y García (1988) estudiaron las muestras de agua provenientes del Estero Puntarenas, Costa Rica, con el objeto de analizar el NMP de coliformes fecales y estreptococos fecales, así como la presencia de *Salmonella* sp. en el bivalvo *Anadara tuberculosa*, encontrando que de 31 muestras, 18 sobrepasan el límite recomendado; los niveles de estreptococos fecales también fueron superiores al de los coliformes fecales, encontraron también que en 6 muestras se aisló *Salmonella* sp. obteniéndose mayor número de aislamientos en las estaciones de muestreo localizadas a corta distancia de la desembocadura del canal de aguas negras proveniente de la ciudad de Puntarenas.

Delgadillo y Orozco (1987) identificaron y aislaron bacterias patógenas provenientes de los sedimentos superficiales de la Bahía de Todos los Santos, B. C., México, utilizando bacterias coliformes como indicadoras de contaminación. Los Géneros más abundantes fueron: *Escherichia*, *Alicagenes* y *Klebsiella*, mientras que *Shigella* y *Salmonella* se aislaron de las muestras cercanas a los afluentes, tanto de la zona de la bahía, como de áreas de uso recreativo.

Lizárraga y col. (1987) realizaron un estudio en la región de la Laguna de Términos, Campeche, México identificando bacterias heterótrofas que muestran un ciclo estacional en la fluctuación de sus poblaciones al alcanzar concentraciones más altas durante la época de lluvias y de nortes, así como el incremento en el afluente de los ríos asociados al sistema, mientras que los valores más bajos se presentaron en las estaciones de muestreo con mayor grado de salinidad, en la época donde se registraron las más bajas

temperaturas.

Baldini y Cabezali (1988), muestrearon en el estuario de bahía Blanca, Argentina, empleando a *E. coli* como indicador de contaminación fecal, concluyendo que sus concentraciones varían de acuerdo al nivel de líquidos de desecho provenientes de los asentamientos humanos e industrias en los alrededores del estuario analizado.

Ferrara y col. (1988) estudiaron la distribución vertical de las poblaciones de bacterias en los sedimentos del Golfo de California Sur, México, determinando la presencia de bacterias heterótrofas aeróbicas en la zona de muestreo y observando enumeraciones más altas en la capa más superficial de la columna sedimentaria, concluyendo que esta característica se debe a la naturaleza del sedimento, el cual es abundante en materia orgánica.

Ramos y col. (1989) estudiaron la comunidad bacteriana aerobia facultativa presente en aguas de albañal, detectando la presencia de cocos gramnegativos, así como los siguientes Géneros: *Escherichia*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, de la misma manera también aislaron *Pseudomonas*.

## 2. OBJETIVOS

Evaluar las condiciones sanitarias del sistema fluviolagunar de Alvarado, Veracruz mediante el análisis bacteriológico de organismos coliformes totales y coliformes fecales.

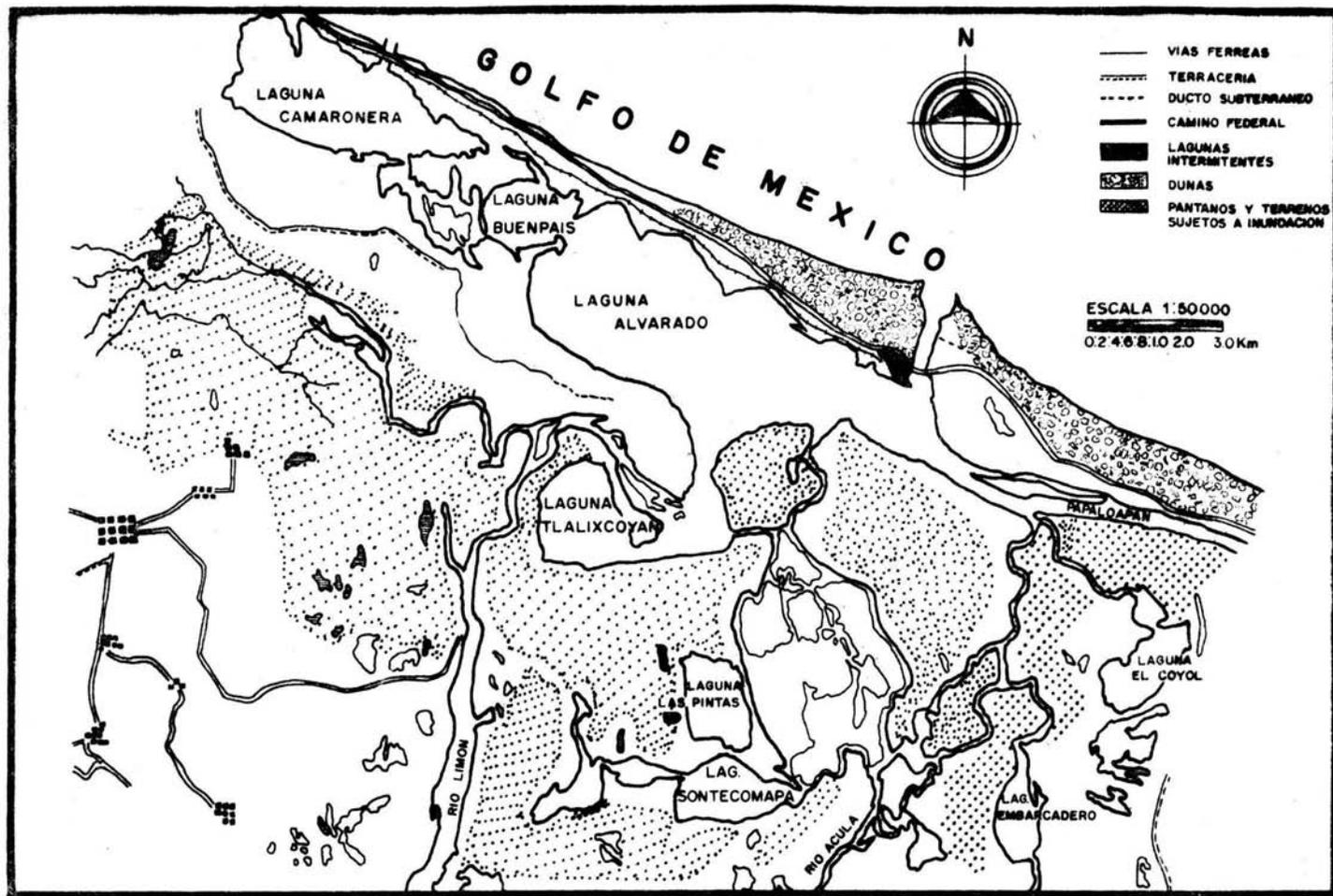
Determinar las condiciones presentes en el sistema mediante el registro de parámetros físico-químicos en cada una de las estaciones de muestreo.

Determinar la relación que se presenta en Alvarado, Ver. entre las lecturas de bacterias por el método del NMP y los registros de parámetros físicoquímicos.

### 3.- AREA DE ESTUDIO

La Laguna de Alvarado se encuentra localizada en la vertiente del Golfo de México a 63 Km al sureste del Puerto de Veracruz, entre el paralelo 48°46'00" de latitud norte y el meridiano 97°19'00" de longitud oeste. La zona donde se sitúa la laguna comprende los climas cálidos con lluvias en verano y debido a su alta pluviosidad se le clasifica como medio húmedo (Aw<sup>2</sup>). Su extensión aproximada es de 26 Km desde el extremo noroeste denominado Buenpaís hasta la desembocadura del Río Papaloapan, con una amplitud comprendida entre 5 a 6 Km (Mapa 1).

Dentro del Estado de Veracruz, como vegetación característica se presenta el llamado bosque tropical caducifolio, el cual se sitúa hacia el extremo norte del estado en un área comprendida entre las poblaciones de Nautla, Alvarado, Jalapa y Tierra Blanca (Rzedowski, 1985). Por otra parte, la vegetación que se puede encontrar sobre la línea de la costa de la laguna la constituye predominantemente el manglar, sin embargo, existen zonas con otro tipo de vegetación; esto es debido a la alteración producida por el hombre a consecuencia de las actividades ahí realizadas como lo son la quema y la roza del área, principalmente, aunque estas zonas están caracterizadas por presentar amplias áreas de pastizales inducidos. A orillas de los ríos Papaloapan, Acula, Camaronera y Blanco se observa el área de manglar, compuesto principalmente por mangle rojo (*Rizophora mangle*), característico porque sus raíces constituyen un refugio seguro para larvas y juveniles de una gran cantidad de organismos (vertebrados e invertebrados); entre esta vegetación aparecen pequeños grupos de otras plantas, como carrizo (*Spartina* sp.), tule (*Thypha* sp.) y lirio acuático (*Crinum erubescens*) el cual, en época de lluvias y como consecuencia de la gran descarga de agua dulce proveniente de los afluentes, son arrastrados hacia la laguna, ocupando zonas muy extensas de ésta. Secundando al mangle rojo se presenta el mangle negro (*Avicennia germinaus*), característico por presentar raíces que sobresalen verticalmente del suelo y que está delimitado por las altas mareas, en porciones dominadas por éstas, se aprecia de manera sobresaliente la presencia de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*).



La vegetación sumergida está representada, de manera predominante, por los pastos marinos (*Ruppia maritima*), los cuales se encuentran ocupando zonas de poca profundidad, así como a orillas de la laguna. También se observan en grandes extensiones sobre la línea de costa que corresponde a la parte norte de la laguna característica por su asociación a numerosos organismos que acuden a protegerse y a alimentarse.

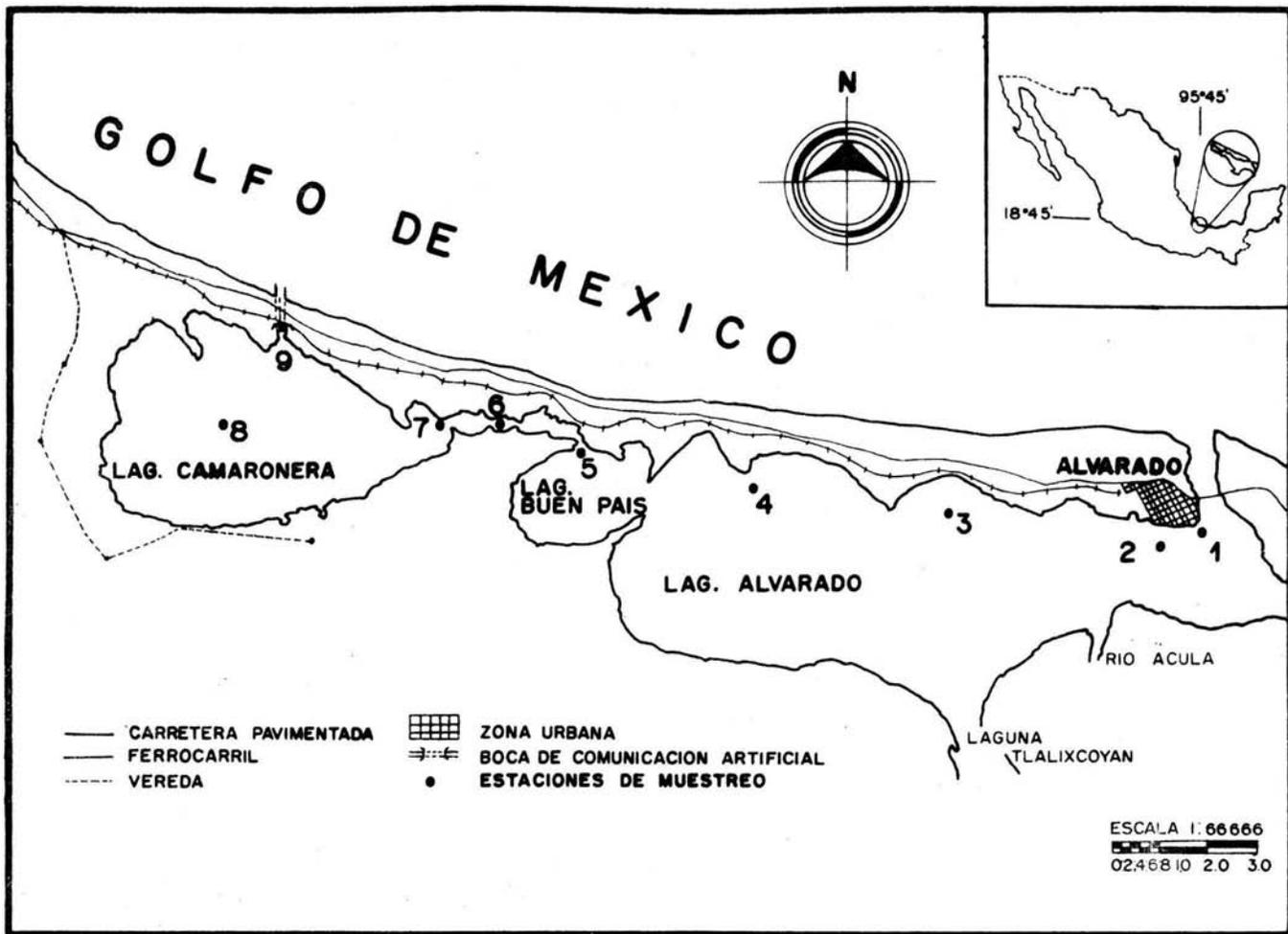
De manera general, la laguna presenta fondos someros, teniendo una profundidad aproximada de 2 m hacia el centro y en zonas de canales; en la porción central, el fondo está constituido por limo y arcilla, mientras que en los márgenes y en los canales, el componente principal es arena con fragmentos de concha (Lot-Helgueras, 1972).

Dentro de este marco ambiental, se ubicaron las estaciones de muestreo con la siguiente distribución:

### 3.1.- LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

1.- Pescadería	En	
2.- Isleta	Laguna de	A)
3.- Arbolillo	Alvarado	
4.- Punta Grande	En	
5.- Entrada de Canal	Laguna de	B)
6.- Centro de Canal	Buenpaís	
7.- Salida de Canal	En	
8.- Centro de Camaronera	Laguna de	C)
9.- Canal de Tubo	Camaronera	

(Mapa 2).



#### 4.- MATERIAL Y METODOS

Se muestrearon 9 sitios del Sistema Lagunar de Alvarado, Ver., los cuales incluyeron a las lagunas de Buenpaís y Camaronera así como a la propia Laguna de Alvarado; las estaciones se distribuyeron a lo largo de cada cuerpo acuático. Estos sitios de muestreo se eligieron con el objeto de localizar puntos claves de cada parte del sistema; estos sitios son diferentes entre sí debido a las características propias del área de estudio, además de determinar la localización geográfica de los asentamientos humanos próximos al sistema en cuestión, ya que las poblaciones humanas son consideradas fuente de contaminación para cualquier ecosistema. También se consideró el patrón de circulación de las aguas debido a la conformación geográfica característica del sistema, así como a sus afluentes, constituidos por los ríos: Papaloapan, Acula y Blanco, principalmente. Los muestreos se realizaron cada cuarenta días durante un ciclo de 9 meses (Cuadro 1).

Para determinar el nivel de bacterias coliformes totales y fecales presentes en la Laguna de Alvarado, Ver. se utilizó la técnica del NMP, aplicando el método de dilución múltiple recomendado por la American Public Health Association (A.P.H.A., 1978).

##### 4.1.- METODO DE COLECTA:

La colecta de las muestras se realizó en frascos de vidrio de 250 mL de capacidad con tapa plástica de rosca, mismos que previamente habían sido lavados y esterilizados en un autoclave a 15 lbs/pulg<sup>2</sup> de presión durante 20 min, posteriormente fueron cerrados y envueltos para evitar que se contaminaran; una vez hecho lo anterior, la colecta se llevó a cabo de la siguiente manera:

**COADRO # 1****CALENDARIO DE SALIDAS DE MUESTREO  
EN ALUARADO, UER.**

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DIAS</b>
<b>1990</b>	<b>JULIO</b>	<b>18 - 13</b>
	<b>AGOSTO</b>	<b>23 - 26</b>
	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>13 - 16</b>
	<b>OCTUBRE</b>	<b>30 - 33</b>
	<b>DICIEMBRE</b>	<b>9 - 12</b>
<b>1991</b>	<b>ENERO</b>	<b>24 - 27</b>
	<b>MARZO</b>	<b>15 - 18</b>

-> Se tomó una muestra de superficie, sumergiendo el frasco cerrado a una profundidad de 20 cm aproximadamente bajo la superficie del cuerpo de agua y se le destapó a contracorriente, permitiendo la entrada de agua hasta  $\frac{3}{4}$  partes del frasco, con el objeto de obtener un margen libre de movimiento del agua y de esta manera permitir la homogenización de la muestra dentro del frasco. Una vez en la superficie se le cerró y rotuló según la estación de colecta que correspondía, para finalmente, colocarlo dentro de una hielera y mantener la temperatura de la muestra a  $+4^{\circ}\text{C}$  durante su traslado al sitio de trabajo.

-> Una muestra de fondo, que se colectó según la profundidad de cada estación utilizando una botella de Van Dorn sumergiéndola hasta que ésta llegara al fondo, de donde se levantó 20 cm aprox. sobre el sedimento y se esperó un lapso determinado de tiempo, suficiente para permitir el asentamiento del limo; posteriormente se dejó caer el mensajero metálico para permitir el cierre de la botella e impedir que el agua colectada saliera de ésta; de manera posterior se rescató la botella. Una vez en la superficie se dejó caer un poco de la muestra, con el objeto de eliminar el sedimento que pudiera haber entrado a la botella al momento de cerrarse con el mensajero y que la presencia de éste pudiera alterar la concentración de bacterias coliformes en la muestra de fondo colectada. Una vez que esto fue realizado se procedió a transferir la muestra al frasco de vidrio para finalmente y de manera inmediata cerrarlo, rotularlo y colocarlo dentro de una hielera para mantener la muestra a  $+4^{\circ}\text{C}$  aprox. durante su traslado al lugar de estudio (Colwell, Op. Cit.).

#### 4.1.1.- PROCEDIMIENTO:

Para la obtención de resultados se empleó el método de fermentación en tubos múltiples. Este método determina la presencia y el número de bacterias del tipo coliforme mediante la siembra de determinados volúmenes de alicuota a una porción determinada de medio de cultivo, el cual debe presentar características que resulten favorables para el desarrollo de este tipo de microorganismos. Para el caso específico de organismos coliformes, el medio de cultivo ampliamente utilizado es el caldo lactosado; la prueba completa se desarrolla a través de tres fases:

-> La Prueba Presuntiva, que identifica la presencia de organismos coliformes dentro de un cuerpo de agua.

-> La Prueba Confirmativa, que como su nombre lo indica, confirma la presencia de estos microorganismos.

-> La Prueba Complementaria, encargada de identificar a las cepas aisladas provenientes de la fase anterior.

Es posible determinar el examen de una muestra de agua al finalizar cualquiera de estas fases siempre y cuando se haya satisfecho el propósito de la prueba, o bien se puede continuar de una fase a la otra. Las pruebas confirmativa y complementaria aumentan la certidumbre de que los resultados positivos que se obtienen en la prueba presuntiva se deban, de hecho, a la presencia de bacterias coliformes y no a la actividad de otros tipos de bacterias igualmente presentes en el cuerpo de agua muestreado.

El método de fermentación de tubos múltiples se basa en leyes de probabilidad y se utiliza para obtener una estimación del número de bacterias presentes en una muestra, la cual se expresa como el Número Más Probable (NMP). Por esta razón, generalmente se le llama "el Método del NMP". Se requiere una siembra inicial en un medio de

cultivo específico para organismos coliformes, de uno o más porciones de volumen determinado de muestra, así como la aplicación de concentraciones si estas son necesarias para cada porción de medio de cultivo. Para cada volumen de muestra se busca una relación con la posible presencia y/o densidad de bacterias coliformes dentro del cuerpo de agua. Después de finalizar los procedimientos se realizó un conteo de los resultados positivos y negativos que se relacionen con los volúmenes iniciales de muestra que se sembraron (Carpenter, 1975). Por último, se determinó el valor del NMP empleando las tablas de los números más probables diseñadas para este propósito.

Se utilizaron medios de cultivo de la marca comercial Merck envasados en forma pulverizada, usando:

->Caldo Lactosado para realizar la prueba presuntiva de coliformes totales y para coliformes fecales.

->Bilis Verde Brillante usada en la prueba confirmativa de coliformes totales.

->Medio E C para efectuar la prueba confirmativa de coliformes fecales.

Los medios de cultivo arriba mencionados se prepararon de acuerdo a las especificaciones del fabricante, esterilizándolos a 121 °C (15 lb/pulg<sup>2</sup>) durante 15 min; posteriormente fueron colocados dentro de tubos de ensaye en gradillas para su enfriamiento. Todos los tubos contenían 10 mL del medio de cultivo correspondiente; la dilución de las muestras se efectuó con agua bidestilada estéril (agua desionizada).

Cabe mencionar que se realizaron diluciones previas a las antes descritas, para las estaciones 1, 2, 3 y 9, ya que en estos sitios se observaron asentamientos humanos, los mismos que aportaban materia orgánica diversa, así como desechos al cuerpo acuático, que redundaría en conteos sumamente altos al momento de realizar las lecturas correspondientes a estas estaciones. Estas diluciones fueron realizadas en tubos de ensaye de vidrio con tapa de baquelita de rosca y con capacidad de 16 x 150 mL con agua purificada estéril, los cuales se esterilizaron de forma previa.

#### 4.1.2.- PROCEDIMIENTO DE SIEMBRA:

Para la obtención de las lecturas de coliformes totales, la siembra se realizó en el laboratorio, donde se procedió a sembrar tres series de tubos con tres tubos de ensaye para cada serie, (9 en total para cada muestra) y en donde se realizaron diluciones de  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y un inóculo de 10 mL de caldo lactosado, rotulándolos conforme correspondió a cada estación de colecta; una vez realizado lo anterior se procedió de la siguiente manera:

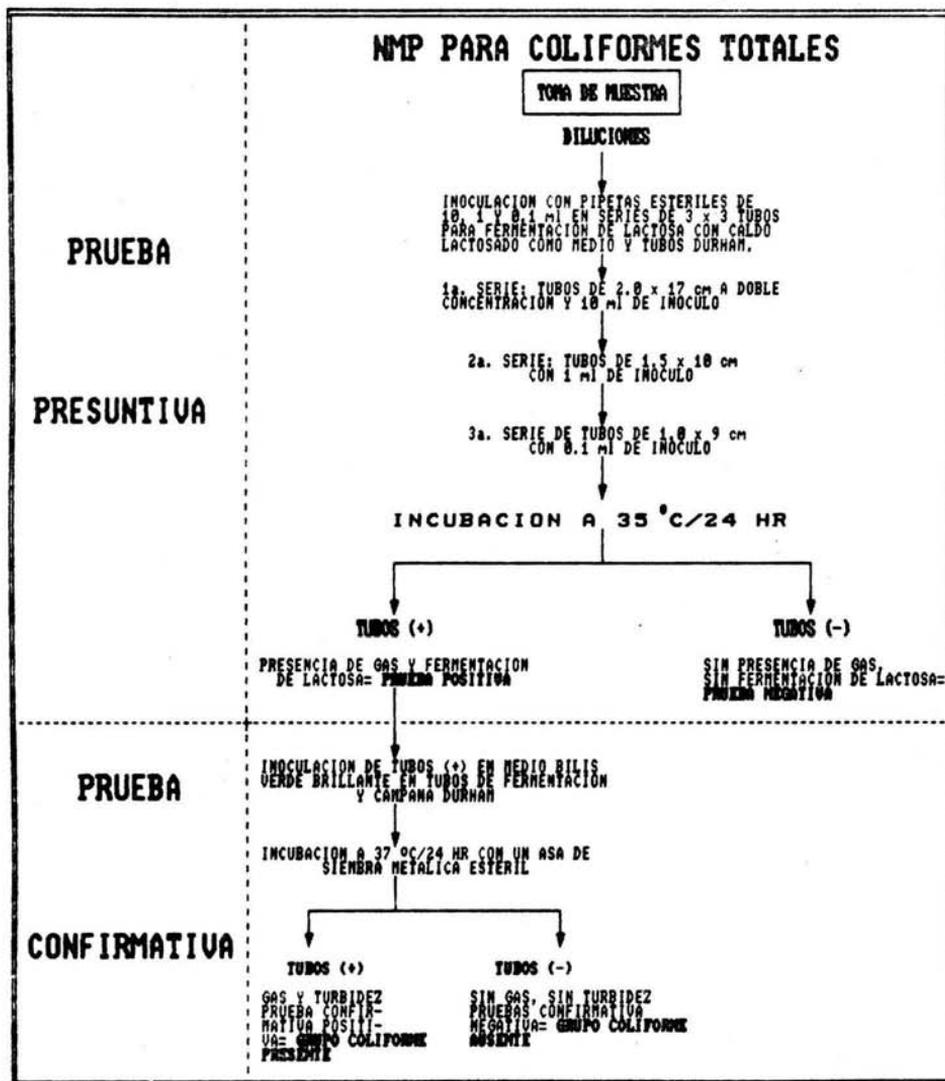
a.-) Primera serie de tres tubos de ensaye esterilizados, con capacidad de 2.0 X 17 cm a doble concentración de caldo lactosado con un inóculo de 10 mL de muestra, utilizando una pipeta de 10 mL previamente esterilizada.

b.-) Segunda serie de tres tubos de ensaye esterilizados, con capacidad de 1.5 X 10 cm a concentración sencilla de caldo lactosado con un inóculo de 1 mL de muestra, utilizando una pipeta de 2 mL. previamente esterilizada.

c.-) Tercera serie de tres tubos de ensaye esterilizados, con capacidad de 1.0 X 9 cm a concentración sencilla de caldo lactosado con un inóculo de 0.1 mL de muestra, utilizando una pipeta de 1 mL. previamente esterilizada. Posteriormente se incubaron a 35 °C durante 24 - 48 ± 3 h.

A todos los tubos se les colocó una campana Durham invertida, con el objeto de captar el posible desprendimiento de gas, propio de la asimilación de lactosa que realizan los organismos coliformes. Aquellos tubos que no presentaron ninguna alteración en sus características iniciales, se les consideró negativos desechándolos, mientras que los tubos que al cabo de este lapso de tiempo presentaron turbiedad y desprendimiento de gas, se les consideró positivos.

Los tubos que resultaron positivos se les resembró mediante una asa de siembra metálica, la cual era esterilizada a fuego cada vez que se tomaba la muestra del tubo positivo al tubo que contenía medio de cultivo Bilis Verde Brillante, dentro de tubos de 0.7 x 7 cm de capacidad, conteniendo en su interior tubos Durham invertidos, con el objeto de captar el posible desprendimiento de gas, proveniente de la degradación de lactosa. Se incubaron a 37 °C durante 24 - 48 h ± 3 h; al cabo de este lapso de tiempo se detectaron los tubos negativos al no presentar estos ninguna alteración en su conformación original, desechándolos al considerarlos negativos. Por otra parte, aquellos tubos que mostraron turbiedad y presencia de gas se consideraron como positivos, determinando la presencia de coliformes totales en las estaciones correspondientes (Tabla # 1).



#### 4.1.3.- OBTENCION DE LECTURAS:

Para la obtención de las lecturas de coliformes fecales, la siembra se realizó en el campo, donde se procedió a sembrar tres series con tres tubos de ensaye para cada serie, (9 en total para cada muestra) y en donde se realizaron diluciones de  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$  y un inóculo de 10 mL de caldo lactosado, procediendo de la siguiente manera:

a.-) Primera serie de tres tubos de ensaye esterilizados, con capacidad de 2.0 X 17 cm a doble concentración de caldo lactosado con un inóculo de 10 mL de muestra, utilizando una pipeta de 10 mL previamente esterilizada.

b.-) Segunda serie de tres tubos de ensaye esterilizados, con capacidad de 1.5 X 10 cm a concentración sencilla de caldo lactosado con un inóculo de 1 mL de muestra, utilizando una pipeta de 2 mL. previamente esterilizada.

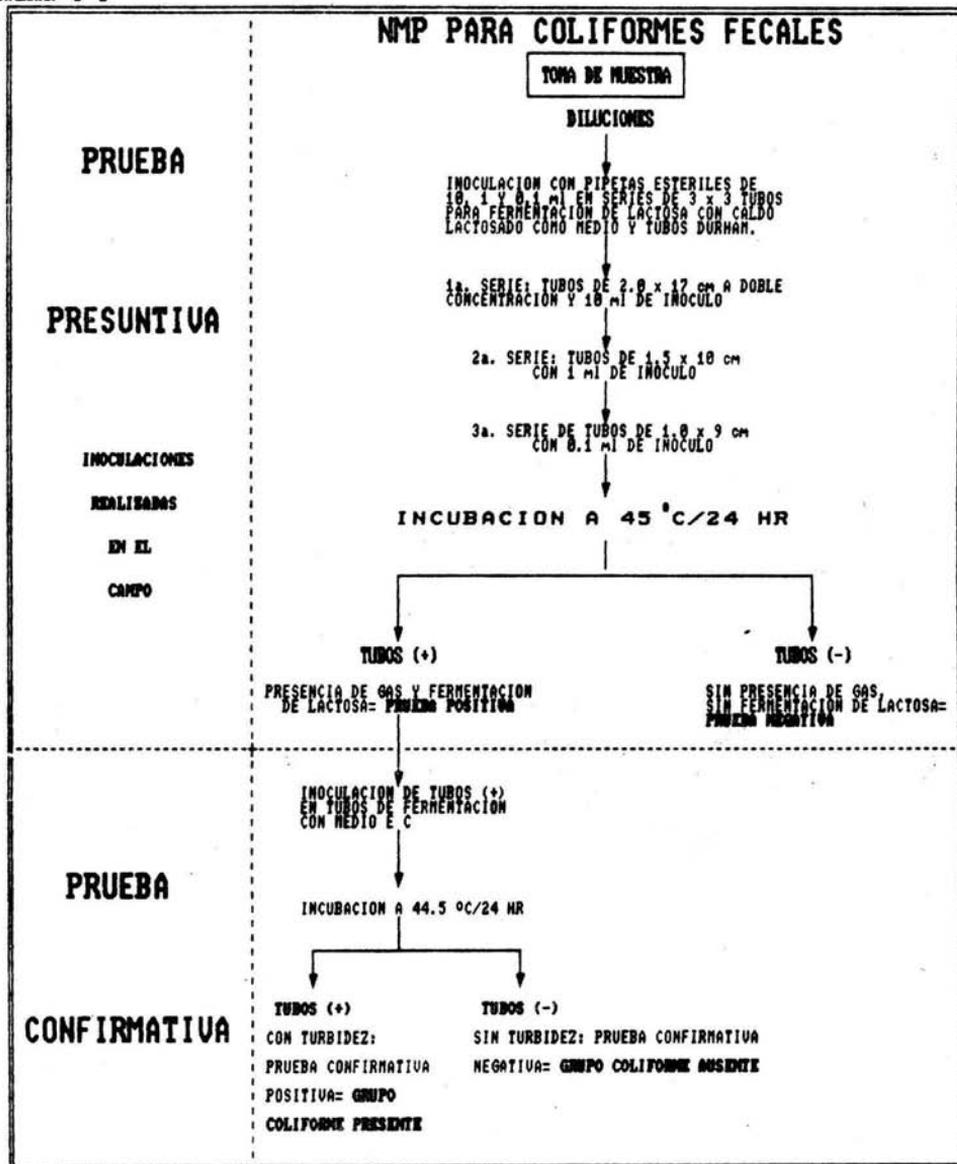
c.-) Tercera serie de tres tubos de ensaye esterilizados, con capacidad de 1.0 X 9 cm a concentración sencilla de caldo lactosado con un inóculo de 0.1 mL de muestra, utilizando una pipeta de 1 mL. previamente esterilizada.

Posteriormente se procedió a rotular los tubos ya sembrados conforme correspondía a la estación de colecta, y una vez que se trasladaron al sitio de trabajo, se incubaron a  $35^{\circ}\text{C}$  dentro de una estufa de laboratorio con termostato controlado durante un lapso de 24 - 48 h  $\pm$  3 h para identificar a los tubos positivos (detectados por la presencia de turbiedad y gas), los cuales se reincubaron por un lapso de 24 h más para reafirmar que estos fueran positivos; se realizaron las lecturas en las tablas del NMP para determinar el número de bacterias coliformes totales presentes por cada 100 mL de muestra. Los tubos que permanecieron sin cambio se reportaron como negativos.

De los positivos, se tomó una muestra para inocular tubos de ensaye con Medio E C, incubándolos a 45 °C durante 24 - 48 h ± 3 h para identificar a aquellos que resultaban positivos; de estos, se realizaron lecturas en las tablas del NMP para determinar el número de bacterias coliformes fecales presentes por cada 100 mL de muestra. Los tubos que permanecieron sin cambio se reportaron como negativos (Tabla 2).

En cada estación se efectuó la medición de los siguientes parámetros:

- Temperatura (de superficie y de fondo), por medio de un termómetro de laboratorio de -10/120 °C.
- Profundidad de la estación utilizando una sondaleza
- Transparencia, por medio de un Disco de Secchi.



## 5.- RESULTADOS:

Los resultados de los análisis de las muestras se expresan en tablas, exponiendo las lecturas confirmativas tanto de coliformes totales como de coliformes fecales en Alvarado, Ver.

Por lo que corresponde a las lecturas de las siembras, estas se realizaron de acuerdo a la técnica anteriormente descrita y consultando las tablas de NMP.

El número de bacterias que se encuentre en cualquier volumen de agua definido, constituye una herramienta para evaluar la cantidad de aguas negras ó materia fecal que se ha descargado en dicho cuerpo de acuático; si éste número es elevado, el grado de contaminación será considerado igualmente elevado y por lo tanto el agua no será de calidad satisfactoria para su consumo y constituirá potencialmente una fuente de enfermedades gastrointestinales (Hirsch y Rohkol, Op. Cit.).

### 5.1.- INTERPRETACION DE TABLAS DE LECTURAS:

#### COLIFORMES TOTALES

En la Tabla # 1 se observan los resultados obtenidos durante el muestreo de Julio por lo que respecta a las lecturas de coliformes totales: máxima: 150/100 mL de la estación Isleta, seguido de Pescadería con 28/100 mL; mientras que las lecturas menores se detectaron en Centro del Canal con 4/100 mL y las estaciones Salida del Canal, Centro de Camaronera y Canal del Tubo, las cuales no presentaron coliformes totales.

Las lecturas obtenidas en la salida de Agosto, presentaron los siguientes valores de coliformes totales: valor máximo en Isleta con 84/100 mL, siguiéndole la estación Pescadería con 24/100 mL y 9/100 mL en Punta Grande; entre tanto, los valores mínimos se obtuvieron en las estaciones: Arbolillo, Entrada del Canal y en Canal del Tubo,

éstas presentaron 3/100 mL. Centro de Camaronera no observó bacterias coliformes totales.

El muestreo correspondiente a Septiembre presentó las siguientes lecturas: el dato más alto se presentó en Isleta con 2800/100 mL, después las estaciones de Pescadería y Arbolillo, cada una de ellas con una lectura de 900/100 mL; Centro de Canal, Salida de Canal y Centro de Camaronera tuvieron cifras de 21/100 mL, mientras que el dato mínimo obtenido en esta salida a muestreo lo obtuvo Punta Grande, con 20/100 mL.

De los resultados observados en el mes de Octubre, los datos registrados son los siguientes: Lectura máxima en Pescadería, con 2100/100 mL, de forma posterior, Arbolillo y Canal de Tubo, que obtuvieron cifras de 1500/100 mL, siguiéndole las estaciones Punta Grande, Centro de Canal y Salida de Canal con valores individuales de 20/100 mL para cada una de ellas; el valor mínimo lo obtuvo Centro de Camaronera, con 9/100 mL.

Diciembre presenta las siguientes lecturas: Las lecturas máximas se detectaron en la estación Isleta con un valor de 2300/100 mL, seguido de Pescadería al presentar 900/100 mL, mientras que el valor mínimo lo obtuvo Punta Grande, con 20/100 mL. Cabe señalar que debido a la presencia de "norte" al momento del muestreo, fué imposible tomar los datos de el resto de las estaciones.

Los valores que se presentan en Enero para coliformes totales son: Valor máximo obtenido en Arbolillo con 400/100 mL, siguiendo en cantidad Isleta con 150/100 mL, para finalmente tener valores mínimos de 9/100 mL, presentes en Entrada de Canal y de 0/100 mL en Salida de Canal, Centro de Camaronera y Canal de Tubo.

Marzo tiene como resultados de coliformes totales: Valor máximo en Canal de Tubo con 2800/100 mL, siguiendo Pescadería y Arbolillo, con 1500/100 mL, mientras que las lecturas menores se detectaron en la estación Entrada de Canal, que tuvo como dato 9/100 mL; finalmente la lectura mínima la presentó Punta Grande con 4/100 mL.

TABLA # 1 NPM DE COLIFORMES TOTALES EN ALVARADO, VER.

LAGUNA MES	ALVARADO	BUEN PAIS	CAMARONERA
JULIO	28 150 15	15 9 4	0 0 0
AGOSTO	24 64 3	9 3 7	4 0 3
SEPTIEMBRE	900 2800 900	20 28 21	21 21 700
OCTUBRE	2100 700 900	20 15 20	20 9 1500
DICIEMBRE	900 2300 43	20 * *	* * *
ENERO	28 150 400	15 9 40	0 0 0
MARZO	1500 150 1500	4 9 21	15 21 2800

## COLIFORMES FECALES

Por lo que respecta a las coliformes fecales, los NMP's se pueden observar en la Tabla # 2, donde vemos que en Julio los datos fueron: Como máximo 43/100 mL en Isleta, seguido de 14/100 mL. encontradas en Alvarado; Las lecturas mínimas se detectaron en Entrada de Canal, Centro de Canal, Salida de Canal, Centro de Camaronera y Canal de Tubo, presentando 0/100 mL.

Las lecturas durante Agosto fueron: Máxima en Isleta con 28/100 mL siguiéndole Pescadería con 11/100 mL, mientras que las cifras mínimas se presentaron en Arbolillo, Punta Grande Entrada de Canal, Salida de Canal, Centro de Camaronera y Canal de Tubo, las cuales carecieron de bacterias coliformes fecales.

Para Septiembre, las lecturas de coliformes fecales muestran que el registro mayor se detectó en Isleta con 64/100 mL, seguida de Pescadería y de Arbolillo, cada una de ellas con lectura de 21/100 mL, mientras que el dato mínimo fué observado en Entrada de Canal, con una lectura de 0/100 mL.

Los datos obtenidos en Octubre muestran el registro mayor en Pescadería, con 28/100 mL y la lectura menor en Punta Grande, Entrada de Canal y centro de Camaronera, al efectuarse un registro de 0/100 mL para cada estación mencionada.

Durante Diciembre se obtuvieron los siguientes datos: Máximo en Isleta, detectándose 120/100 mL, en tanto que el registro mínimo se observó en Punta Grande, al obtenerse 0/100 mL.

Las lecturas de Enero son: máxima en Arbolillo, con 28/100 mL, y mínimas en Centro de Canal, Salida de Canal, Centro de Camaronera y Canal de Tubo con 0/100 mL.

Los datos obtenidos para coliformes fecales de Marzo son: Lectura mayor en Pescadería al registrar 240/100 mL, seguida de Arbolillo con 210/100 mL, por otra parte, las lecturas mínimas se obtuvieron en Entrada de Canal. Salida de Canal y Centro de Camaronera, con 3/100 mL en cada una de ellas; finalmente Punta Grande registró la lectura mínima de esta salida al no presentar bacterias coliformes fecales.

TABLA # 2 NPM DE COLIFORMES FECALES EN ALVARADO, VER.

LAGUNA MES	ALVARADO	BUEN PAIS	CAMARONERA
JULIO	14 43 4	3 0 0	0 0 0
AGOSTO	11 28 0	0 0 3	0 0 0
SEPTIEMBRE	21 64 21	3 0 3	4 7 28
OCTUBRE	28 11 21	0 0 7	7 0 64
DICIEMBRE	28 120 23	0 * *	* * *
ENERO	9 11 28	3 7 0	0 0 0
MARZO	240 93 110	0 3 9	3 3 395

### 5.1.1.- INTERPRETACION DE TABLAS DE PARAMETROS:

#### A) TEMPERATURA

El valor de temperatura correspondiente a Septiembre (Tabla # 3), fué de 24 °C en todas las estaciones de muestreo en Laguna de Alvarado, lo mismo para Buenpaís, y excepto en Centro del Canal, que presentó 23.7 °C, donde la temperatura también fué de 24 °C; y obteniendo el mismo dato en Laguna de Camaronera, a excepción de el Canal del Tubo que presentó 24.7 °C.

Los registros observados para el mes de Octubre, presentaron los siguientes comportamientos: Canal de Tubo registró como dato máximo de temperatura, 24.7 °C, mientras que en los sitios de muestreo restantes, la temperatura osciló entre 23 (como temperatura mínima en Pescadería) y 24 °C para el resto de las estaciones.

Los registros anotados para el mes de Diciembre son los siguientes: la temperatura máxima se presentó en Punta Grande, con 20.7 °C, mientras que el dato mínimo de temperatura lo registró la estación Arbolillo, con 19.5 °C.

los siguientes valores pertenecen al mes de Enero: temperatura máxima, detectada en Arbolillo con 24 °C, y la mínima en Entrada de Canal y Centro de Camaronera, cada una con un valor de 20.7 °C, los valores restantes variaron de entre 21 y 23.5 °C.

Los datos anotados en la salida del mes de Marzo, presentaron los siguientes comportamientos: la estación Pescadería registró como dato máximo de temperatura, 31.7 °C, mientras que la temperatura mínima observada presentó 31 °C en Isleta, Punta Grande, Entrada de Canal, Centro de Canal, Salida de Canal y Centro de Camaronera. Canal de Tubo observó un valor intermedio de 31.2 °C.

TABLA # 3 TEMPERATURA EN °C REGISTRADA EN ALVARADO, VER.

LAGUNA MES	ALVARADO	BUEN PAIS	CAMARONERA
SEPTIEMBRE	24 24 24	24 24 23.7	24 24 24.7
OCTUBRE	23 23.7 24	24 23.7 24	24 24 24.7
DICIEMBRE	20.5 20.5 19.5	20.5 * *	* * *
ENERO	23.5 23.5 24	21 20.7 21	21.5 20.7 21.7
MAZO	31.7 31 31.5	31 31 31	31 31 31.2

\* = Datos no obtenidos debido a la presencia de "norte" al momento del muestreo

### C) TRANSPARENCIA

Los datos de transparencia presenta, como dato máximo 46 cm anotado en el Centro de Camaronera, y como mínimo 20 cm en el Centro del Canal. (Tabla # 5).

Los datos de Octubre fueron: para la menor transparencia, 22 cm en Arbolillo, y para el valor mayor a este respecto fué, de 45 cm en la Entrada del Canal.

Por lo que respecta a Diciembre, en cuanto a la transparencia mayor, esta la registró Punta Grande, con 19 cm y la menor, Pescadería, con 10 cm.

Por lo que se refiere a Enero, Centro de Camaronera y Canal de Tubo, con 45 cm fueron los puntos de mayor valor, y Punta Grande, con 28 cm, el de menor transparencia.

Los datos de Marzo fueron: para el dato de menor, 22 cm en Arbolillo, y para el de mayor transparencia, 32 cm en Pescadería.

**TABLA # 5 TRANSPARENCIA EN CENTIMETROS REGISTRADA EN ALVARADO, VER.**

LAGUNA MES	ALVARADO	BUEN PAIS	CAMARONERA
SEPTIEMBRE	29	40	30
	32	35	46
	30	20	40
OCTUBRE	27	40	30
	27	45	43
	27	40	40
	22		
DICIEMBRE	10	19	*
	15	*	*
	17	*	*
ENERO	34	28	43
	41	35	45
	35	31	45
MARZO	32	30	30
	30	28	36
	30	28	36
	22	30	29

\* = Datos no obtenidos debido a la presencia de "norte" al momento del muestreo

## 6.- ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se procedió a realizar una comparación de las lecturas de NMP obtenidas, tanto para coliformes totales como para coliformes fecales, contra el límite permisible para la presencia de estos microorganismos en el agua, en este caso, para cuerpos de aguas costeras. Estos lineamientos fueron emitidos por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología en un decreto publicado por el Diario Oficial de la Federación el día 13 de Diciembre de 1989, donde se manifiesta que para las aguas costeras, el NMP máximo permitido para la presencia de bacterias coliformes totales y fecales es de 200/100 mL. Tomando como referencia este valor, se obtuvo lo siguiente:

### COMPARACION DE NMP PARA COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES FECALES

#### 6.1.- COLIFORMES TOTALES:

Se observa que los conteos de coliformes totales tuvieron un comportamiento estacional, mostrando valores mínimos durante los meses de Julio, Agosto y Enero, donde las lecturas fluctuaron por debajo de los límites establecidos, a excepción de la lectura obtenida en Enero y que pertenece a la estación Arbolillo, donde se detectaron 400/100 mL, cifra que rebasa el límite establecido por SEDUE. A este respecto se observa que las mayores lecturas se detectaron en Alvarado, Isleta, Arbolillo y Canal de Tubo; mientras que los valores mínimos se presentaron en Punta Grande, Entrada de Canal, Centro de Canal, Salida de Canal y Centro de Camaronera. Por otra parte, los meses donde se registraron las lecturas más elevadas lo constituyen Septiembre, Octubre, Diciembre y Marzo, donde en algunos casos los NMP's obtenidos rebasan de manera clara el límite oficial decretado. Ejemplo de ello son las lecturas durante estos meses de las estaciones de Alvarado, Isleta, Arbolillo y Canal de Tubo, a excepción de Arbolillo en Diciembre (43/100 mL) donde no se

sobrepasó el límite permisible, sin embargo las lecturas mayores fueron hasta de 2800/100 mL. Cabe señalar que durante la salida a muestreo de Diciembre, se presentó un "norte", el cual impidió que se obtuvieran las muestras y los datos correspondientes a las estaciones: Entrada de Canal, Centro de Canal, Salida de Canal, Centro de Camaronera y Canal de Tubo.

## 6.2. - COLIFORMES FECALES

Para las lecturas de coliformes fecales: El único valor que excede el NMP límite se obtuvo en Marzo, estación Alvarado al registrarse 240/100 mL. El resto de las lecturas presentaron valores inferiores a éste. Se puede observar que al igual que sucedió para los datos de coliformes totales; también para coliformes fecales se repite el patrón de distribución de estas bacterias observado a lo largo de el presente estudio: mayores valores para Alvarado, Isleta, Arbolillo y Canal de Tubo; valores menores en Punta Grande, Entrada de Canal, Centro de Canal, Salida de Canal y Centro de Camaronera.

## B) TEMPERATURA:

La temperatura es un factor que determina el crecimiento ó la inhibición de las poblaciones de bacterias coliformes presentes en un cuerpo de agua (como el que representa la Laguna de Alvarado). Se debe recordar que Bryan y Bryan (Op. Cit.) citan que la temperatura es un factor decisivo para el tiempo de sobrevivencia y reproducción de coliformes en cuerpos de agua, conclusión que se demuestra en este caso por medio de las comparaciones realizadas en este estudio.

El efecto de la temperatura influye sobre los conteos de bacterias coliformes, dando por resultado una relación directamente proporcional al existir una elevación de las concentraciones de bacterias conforme aumenta la temperatura en el sistema: a mayor temperatura, mayor concentración de bacterias coliformes (Jawetrz, E.

Op. Cit.). Lo anterior se puede explicar de la siguiente manera: puesto que la Laguna de Alvarado presenta un asentamiento de población sumamente cercano a las orillas de dicho sistema, el aporte de materia orgánica de diversa naturaleza (incluyendo excreciones) permite que la concentración de bacterias coliformes en este caso sea continua, mientras que la temperatura, dado el volumen y la continuidad del aporte, resulta ser un parámetro que queda relegado a segundo término.

#### C) TRANSPARENCIA:

Delgadillo y Orozco (1987) mencionan a las corrientes internas propias de un sistema como un agente de distribución dentro de los cuerpos acuáticos; por ello que la relación de transparencia/coliformes totales sea inversa; o bien porque la materia en suspensión presente en esta laguna resulte ser inhibidora del crecimiento poblacional de estos microorganismos. Lo anterior parte del hecho de que los desechos arrojados a la laguna por parte de los habitantes del lugar sean de diversa naturaleza, además de resultar continua dicha descarga; también hay que tomar en cuenta que es precisamente en esta laguna que se localiza la mayor población asentada del lugar. en el caso particular de Buen País, esta laguna presentó el menor número de asentamientos poblacionales humanos, lo que redundo en un bajo nivel de bacterias coliformes presentes en el agua de esta laguna al no haber aporte de desechos a esta porción del sistema. Esto es posiblemente debido a que en esta laguna también se observan poblaciones aladañas a este sistema. De la misma manera se debe tener presente el hecho de que en una parte de este sistema, donde se localiza la estación Canal de Tubo, que los desechos provenientes de las poblaciones asentadas alrededor de esta laguna se eliminan en esta porción, misma que desemboca directamente al Golfo de México.

Para este caso en particular, los resultados indican una relación inversamente proporcional al de las variables analizadas, donde se refleja que a menor transparencia, mayor cantidad de coliformes presentes en el cuerpo de agua, observación que concuerda

donde se refleja que a menor transparencia, mayor cantidad de coliformes presentes en el cuerpo de agua, observación que concuerda con lo concluido por Delgadillo y Orozco (Op. Cit.). También se debe tomar en cuenta que la Laguna de Alvarado comunica directamente con el Golfo de México, y que es en esta laguna donde desembocan los ríos Papaloapan y Acuña, cuyos cauces provocan un mayor aporte de materia en suspensión; además de que las corrientes propias de este sistema afectan la transparencia del agua y que a la vez las mismas corrientes se ven afectadas conforme cambian las estaciones anuales (Castillo y Cordano, Op. Cit.).

#### D) PROFUNDIDAD:

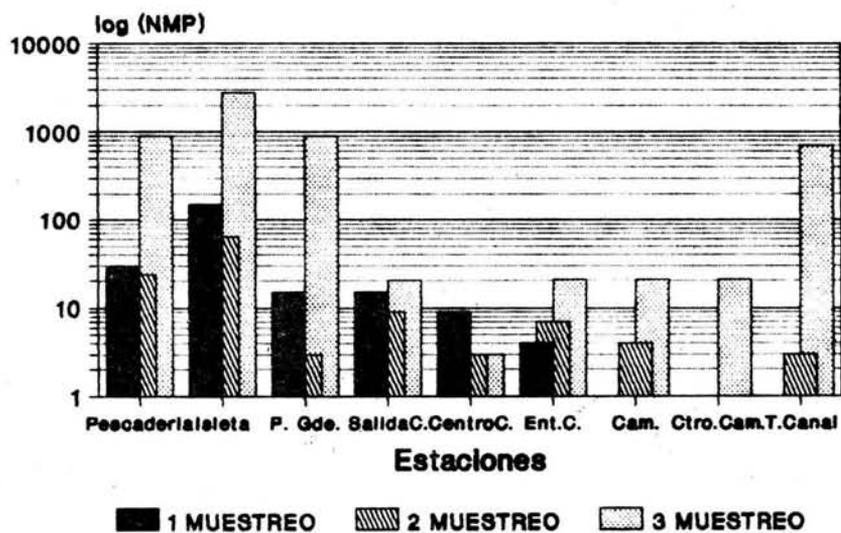
Debido a que la circulación presente en la Laguna de Alvarado propicia que con una turbidez considerable y a mayor profundidad, la columna de agua presente mayor cantidad de materia en suspensión que como los resultados correspondientes a coliformes totales lo demostraron, resultó ser un factor inhibitorio para el crecimiento de las poblaciones de coliformes, de manera que esta variable determina que la profundidad también presente una relación inversa: a mayor profundidad menor concentración de coliformes. La explicación posible a este comportamiento se encuentra en las anotaciones hechas para las observaciones realizadas para el caso de Alvarado, además de añadir el hecho de que es en esta laguna donde se localiza una vía artificial de comunicación entre Laguna de Camaronera y el Golfo de México por medio de la cual se eliminan los desechos provenientes de las poblaciones circundantes a esta laguna y que por lo tanto, este hecho propicie que aparezca un mayor volumen de material en suspensión (Romero y col., Op. Cit.).

En este caso, al aumentar la profundidad aumenta también la concentración de bacterias debido al asentamiento de materia orgánica degradable que se encuentra disponible para los coliformes fecales como consecuencia de un mayor grado de depositación de este material utilizable para su aprovechamiento.

### 6.1.- INTERPRETACION DE GRAFICAS:

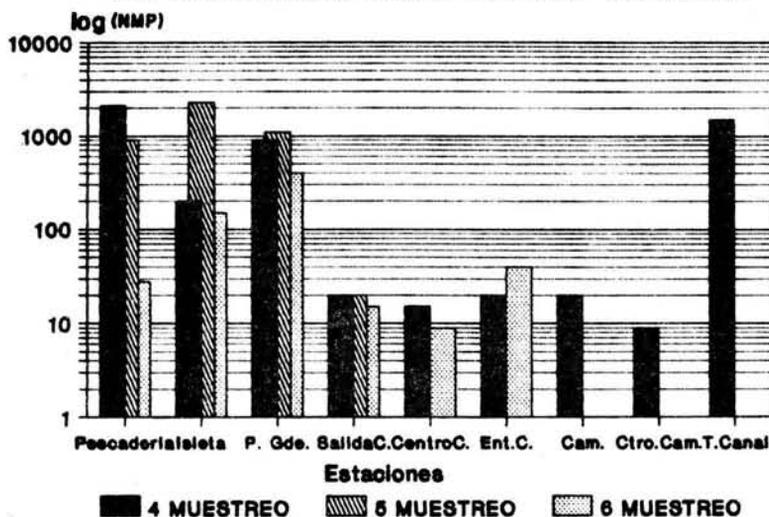
La Gráfica 1 muestra el logaritmo de la concentración de bacterias coliformes totales durante los tres primeros muestreos, observando valores preponderantemente altos durante el tercero (Septiembre), siguiéndole en cantidad el primero (Julio), mientras que el segundo muestreo (Agosto) permanece en un término menor comparativamente a los dos anteriores. De manera general la Gráfica 1 muestra que las mayores concentraciones de bacterias se registraron en las tres primeras estaciones (Pescadería, Isleta y Arbolillo), así como en la última (Canal de Tubo), sobresaliendo en cantidad el tercer muestreo, mientras que los datos mínimos los presentaron las tres últimas estaciones (Salida de Canal, Centro de Camaronera y Canal de Tubo) al no presentar bacterias en el primer muestreo.

## VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE BACTERIAS COLIFORMES TOTALES



Grafica No. 1

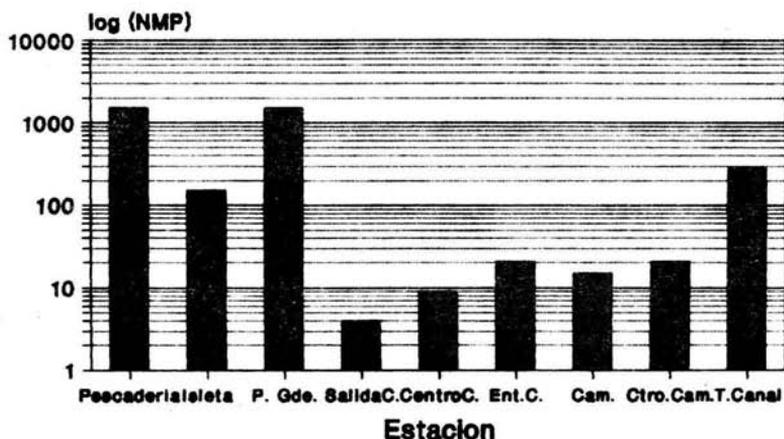
## VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE BACTERIAS COLIFORMES TOTALES



**Grafica No. 2**

La Gráfica 2 presenta a los resultados de los muestreos 4, 5 y 6; Octubre, Diciembre y Febrero; respectivamente. En esta gráfica se observa una elevación general en la concentración de bacterias para todas las estaciones, comparando estos resultados con la Gráfica 1, detectando las cantidades máximas nuevamente en las tres primeras estaciones: Pescadería, Isleta y Arbolillo, así como en la última (Canal de Tubo), mientras que las cifras menores se obtuvieron en las restantes: Punta Grande, Salida de Canal, Centro de Canal, Entrada de Canal y Centro de Camaronera. De esta manera tenemos que el cuarto muestreo (Octubre) presenta los valores mayores, mientras que la sexta salida (Febrero) muestra los datos menores.

## VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE BACTERIAS COLIFORMES TOTALES

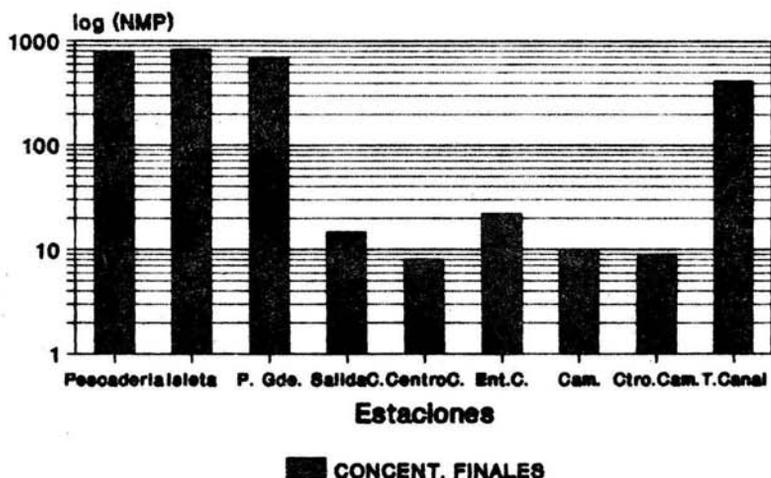


**Gráfica No. 3**

■ 7 MUESTREO

Por lo que respecta a la Gráfica 3, esta muestra el comportamiento de la concentración de bacterias durante la 7a. salida a muestreo correspondiente al mes de Marzo, presentando lo siguiente: la concentración mayor se registró en Pescadería y Arbolillo, siguiéndole en cantidad Canal de Tubo e Isleta, mientras que las concentraciones menores se obtuvieron en las estaciones restantes. observando como concentración mínima a la estación Punta Grande. Comparativamente hablando, esta salida presenta valores muy similares a los observados en las seis salidas a muestreo anteriores, registrando altas concentraciones de bacterias en las tres primeras estaciones así como en la última, mientras que las demás estaciones el comportamiento de dichas concentraciones fué decreciente.

## VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE BACTERIAS COLIFORMES TOTALES

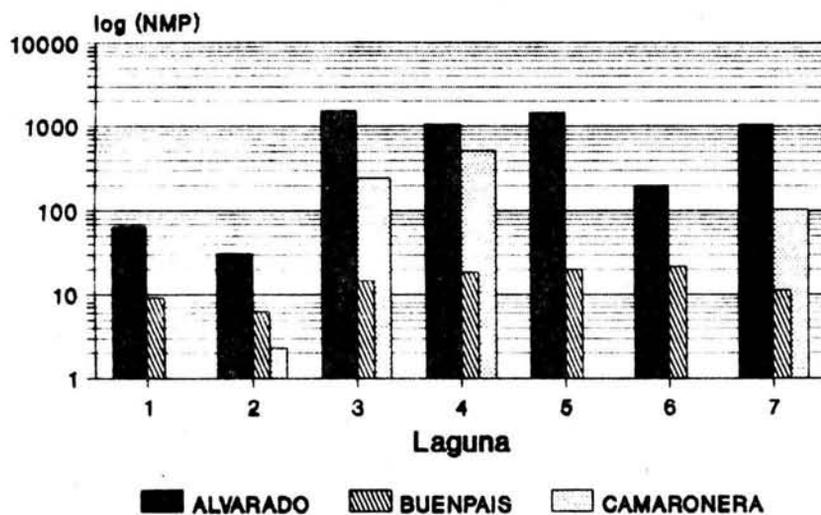


**Grafica No. 4**

La Gráfica 4 expone las concentraciones promedio totales, es decir, el promedio por muestreo de todas las estaciones. Se observa que el comportamiento cae de manera general en lo que en cada muestreo se observaba: las concentraciones mayores se detectaron en las tres primeras estaciones (Pescadería, Isleta y Arbolillo), así como en la última (Canal de Tubo); mientras que las concentraciones menores se detectaron de manera general en el resto de las estaciones Punta Grande, Entrada de Canal, Centro de Canal y Salida de Canal.

Se puede observar en la Gráfica 5 la variación en la concentración de bacterias coliformes totales por laguna a lo largo de siete salidas a muestreo. Esta gráfica muestra que las mayores concentraciones de coliformes totales se encuentran en la Laguna de Alvarado, en la cual todos sus valores sobrepasan los observados en las dos lagunas restantes. Siguiendo en orden de muestreo, encontramos a la Laguna de Buen País, donde las concentraciones registradas para las salidas a muestreo 1, 2, 5 y 6 (Julio, Agosto, Noviembre y Enero) denotan un grado de concentración bacteriana superior al mostrado en Laguna Camaronera; sin embargo, esta última laguna rebasa en valores a Buen País en los muestreos 3, 4 y 7, (Septiembre, Octubre y Marzo), para finalmente encontrar las concentraciones menores en Camaronera. Lo anterior concuerda con lo obtenido en las lecturas correspondientes, en sentido de que es precisamente alrededor de la Laguna de Alvarado donde de manera preponderante se observaron los asentamientos humanos, fuente del aporte de desechos a dicho cuerpo acuático, mientras que en Laguna de Buen País las poblaciones humanas se ven reducidas, aunque no del todo ausentes. Finalmente en Laguna Camaronera, específicamente en el canal que conecta artificialmente al sistema con el Golfo de México, se observa una pequeña comunidad rural que también arroja sus desperdicios a esta laguna, aportando desechos de diversa naturaleza.

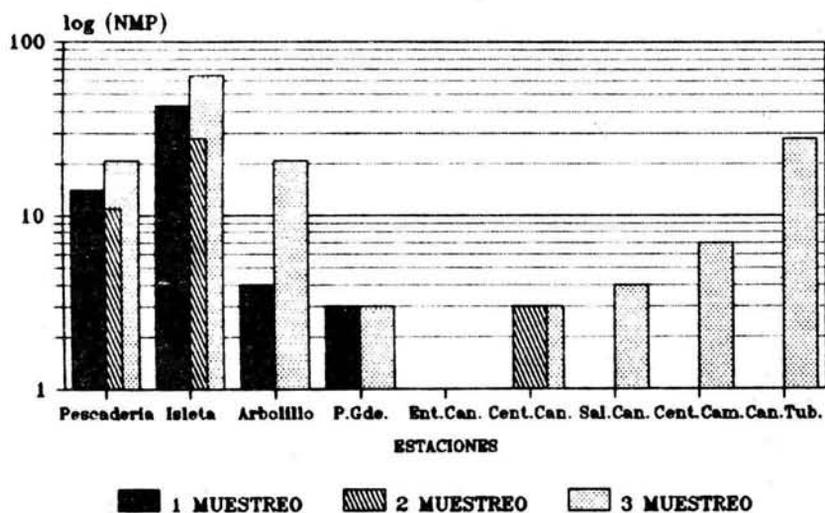
## VARIACION DE LA CONCENTRACION DE BACTERIAS COLIFORMES TOTALES/LAGUNA



Grafica No. 5

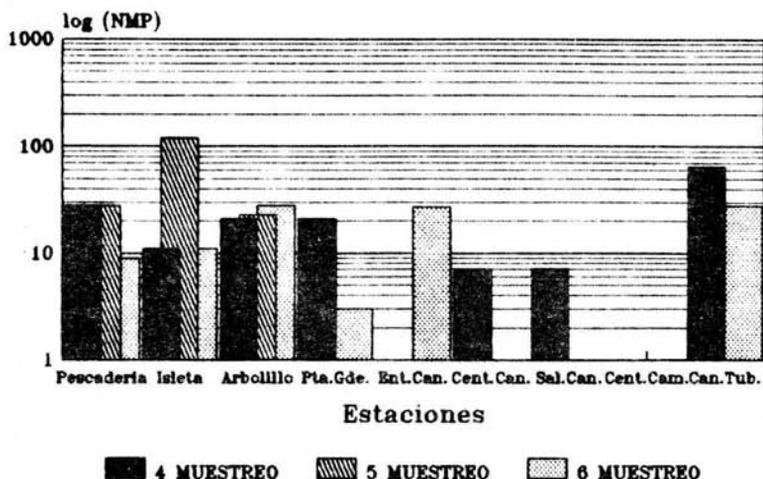
Vemos que la Gráfica 6 presenta el logaritmo de la concentración de bacterias coliformes fecales comparando las primeras tres salidas a muestreo. En ellas, el comportamiento mostrado es el de presentar un mayor número de bacterias en las primeras estaciones, así como en la última. Cabe señalar que durante el primer muestreo, las bacterias decrecen de manera marcada a partir de la estación 5 (Salida de Canal) hasta la última (Canal de Tubo). Durante la segunda salida, y en las primeras dos estaciones (Pescadería e Isleta) las bacterias coliformes fecales presentan poblaciones que en cantidad resulta proporcional, aunque en menor concentración a las mostradas en Alvarado; posteriormente, se reducen notoriamente en el resto de las estaciones, a excepción de la estación 6 (Entrada de Canal), en la cual observa una misma concentración a la registrada en la estación 4 (Punta Grande), para posteriormente no mostrar bacterias en el resto de las estaciones. Finalmente, en la tercer salida las coliformes fecales registran los mayores valores obtenidos en esta gráfica, sobrepasando a los anotados para los anteriores muestreos, mostrando su mayor valor en la estación Isleta, además de presentar el patrón general de las bacterias en el presente estudio, es decir, el mostrar una mayor concentración de bacterias en las primeras tres estaciones, así como en la última, mientras que en las estaciones restantes observamos un decremento notorio.

## VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES



Grafica No. 6

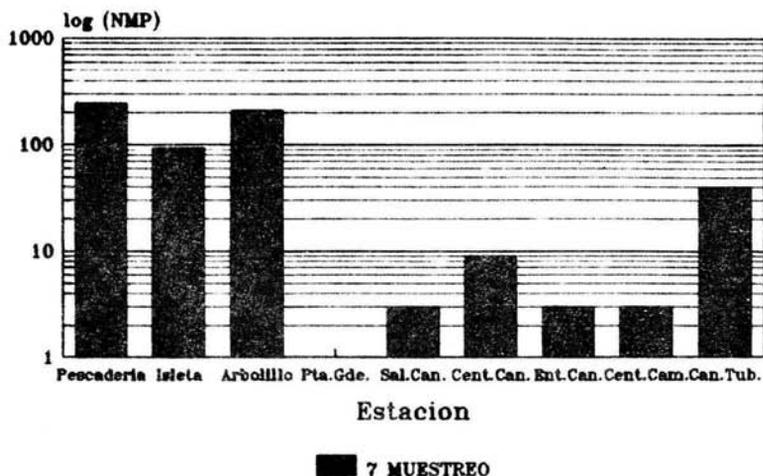
## VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE COLIFORMES FECALES



Grafica No. 7

Por lo que respecta a la comparación de las estaciones 4, 5 y 6 (Octubre, Diciembre y Enero), esta se observa en la Gráfica 7. En ella podemos ver que los valores encontrados para coliformes fecales no presentan "picos" máximos como tales, quizá a excepción de la estación Isleta del muestreo 5, Diciembre, donde el máximo valor sobrepasa a los valores restantes; lo mismo sucede para los datos menores, que se detectan principalmente a partir de Salida del Canal, donde a partir del muestreo de Diciembre, estos valores decrecen de manera marcada, sobre todo en Centro de Camaronera, donde en ninguna de las tres salidas se detectaron coliformes fecales. Cabe señalar que es en este periodo donde se registraron las temperaturas más bajas, principalmente en el muestreo de Diciembre, con una temperatura promedio de 20.7 ° C.

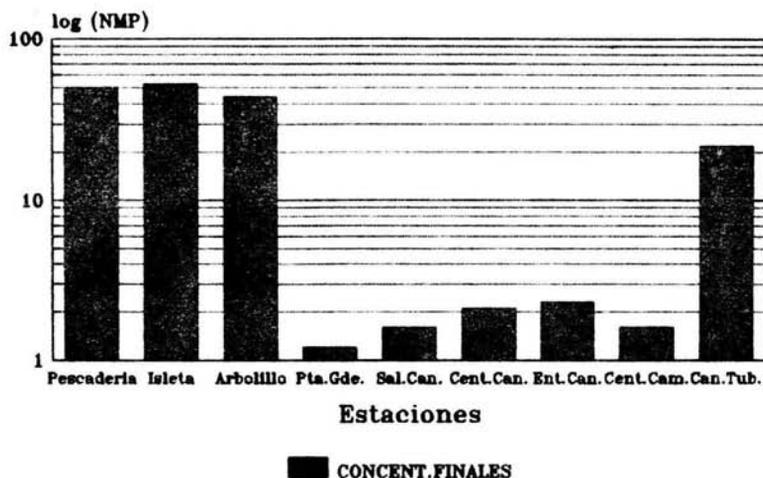
## VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES



**Grafica No. 8**

Observamos por medio de la Gráfica 8 que las concentraciones de coliformes fecales en el muestreo de Marzo, denotaron un incremento notable, si comparamos las concentraciones de esta gráfica con las observadas en la gráfica anterior. En las estaciones 1, 2 y 3 (Pescadería, Isleta y Arbolillo), principalmente; de igual manera aunque en menor grado el Canal de Tubo (estación 9). Se observa la carencia de datos para Punta Grande; el resto de los datos no fluctúa de manera notable y sin rebasar las 10/100 mL.

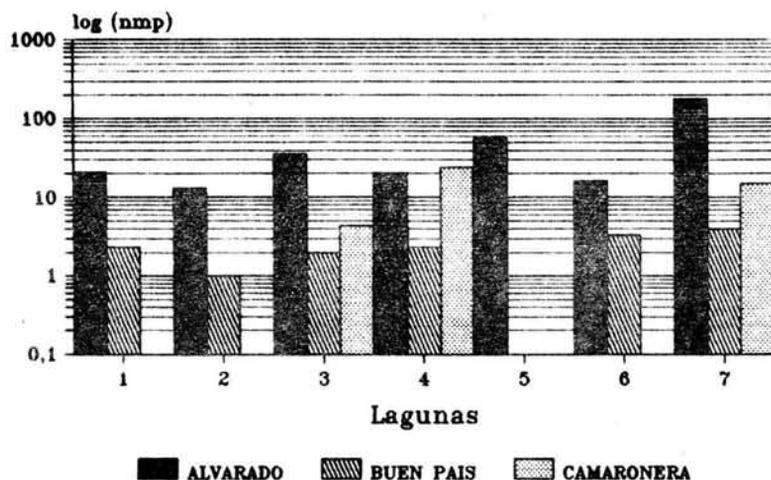
## VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES



### Grafica No. 9

Por lo que respecta a la Gráfica 9, esta refleja el conteo general de bacterias coliformes fecales durante los muestreos, anotando los resultados en logaritmo de base 10 y exponiendo los valores encontrados por cada estación de muestreo. Se observa de manera notoria que las concentraciones mayores corresponden a las tres primeras estaciones, así como a la última (Pescadería, Isleta, Arbolillo y Canal de Tubo). La presente gráfica corrobora los resultados obtenidos en los conteos de coliformes totales (Gráfica 5), manteniendo los valores semejantes a los aquí mostrados. De igual manera, el comportamiento de las concentraciones de coliformes fecales también disminuyó en las estaciones restantes: Punta Grande, Salida de Canal, Centro de Canal, Entrada de Canal y Centro de Camaronera, donde los valores fluctuaron entre 1 y 3/100 mL.

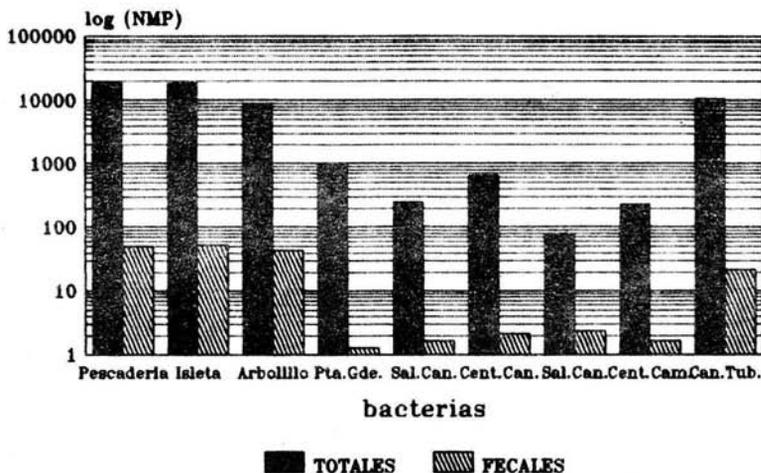
## VARIACION DE LAS CONCENTRACIONES DE BACTERIAS COLIFORMES FECALES



**Grafica No. 10**

La Gráfica 10 expone las concentraciones de bacterias coliformes fecales para cada laguna, teniendo de esta manera que nuevamente, y de manera similar a la gráfica 5, las mayores concentraciones de bacterias las observamos en Laguna de Alvarado, ya que sus valores van desde 13/100 mL registradas en la salida de Agosto hasta 181/100 mL de Marzo. El comportamiento registrado para las bacterias de Buen País es que estas no presentaron una variación notable, estableciéndose sus entre 0 y 4/100 mL. Camaronera presenta datos que va desde 0/100 mL en las salidas 1, 2, 5 y 6 (Julio, Agosto, Diciembre y Enero), hasta las 23/100 mL de la salida de Octubre.

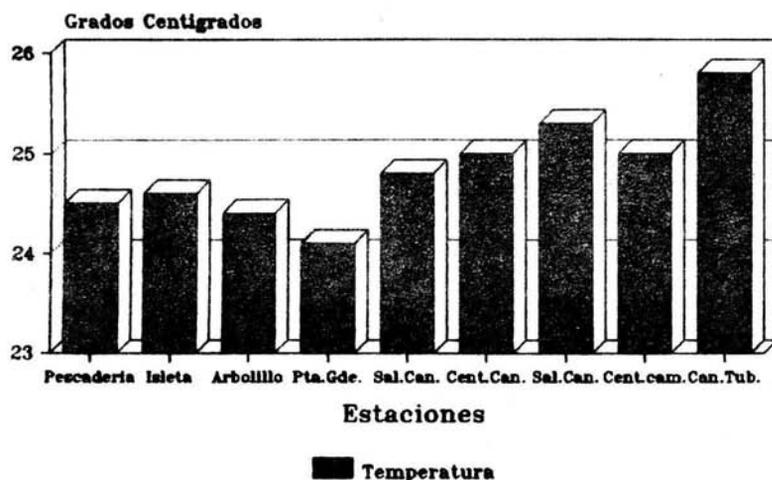
## COMPARACION DE LA VARIACION DE BACTERIA COLIFORMES TOTALES Y FECALES



Grafica No. 11

Vemos en la Gráfica 11 la comparación hecha entre las coliformes totales y las coliformes fecales en base a las concentraciones registradas, observando que de manera general, el patrón de comportamiento se mantuvo a lo largo de el presente trabajo, al mostrar una mayor concentración de bacterias, tanto coliformes totales como coliformes fecales, en las tres primeras estaciones de muestreo y de igual manera en la última de ellas (Pescadería, Isleta, Arbolillo y Canal de Tubo), mientras que en las estaciones Punta Grande, Salida del Canal, Centro del Canal, Entrada del Canal y Centro de Camaronera, estos valores se redujeron de manera marcada, observando un comportamiento que refleja a la vez la distribución de los asentamientos humanos detectados a las orillas del sistema lagunar de Alvarado, Veracruz.

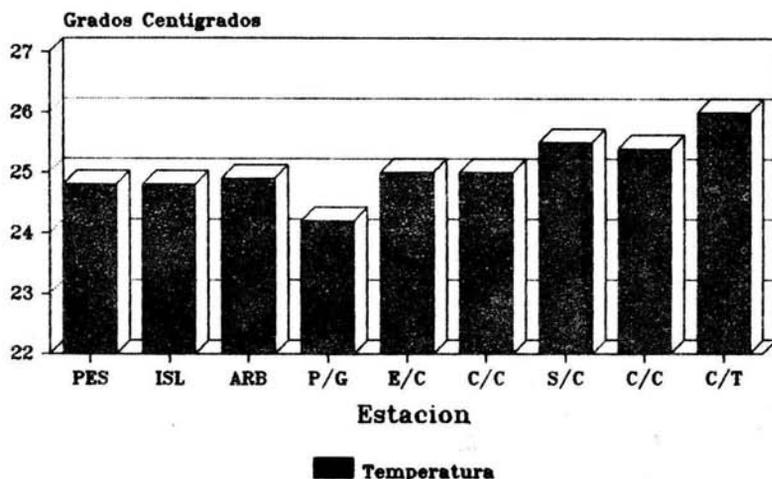
## VARIACION DE LA TEMPERATURA POR ESTACION DE MUESTREO EN ALVARADO, VER.



Grafica No 12

La Grafica 12 muestra los resultados obtenidos de la variación de la temperatura agrupados por estación, mostrando que los valores máximos de temperatura se presentaron en el primer muestreo, durante el mes de Septiembre, al registrar 25 °C en Alvarado y Buen País; 25.5 °C en Camaronera. Los datos mínimos se detectaron durante el tercer muestreo correspondiente al mes de Diciembre al registrar 20 °C en promedio. Las diferencias en la variación de la temperatura fluctuaron  $\pm 4$  °C.

## VARIACION DE LA TEMPERATURA POR ESTACION EN ALVARADO, VER.

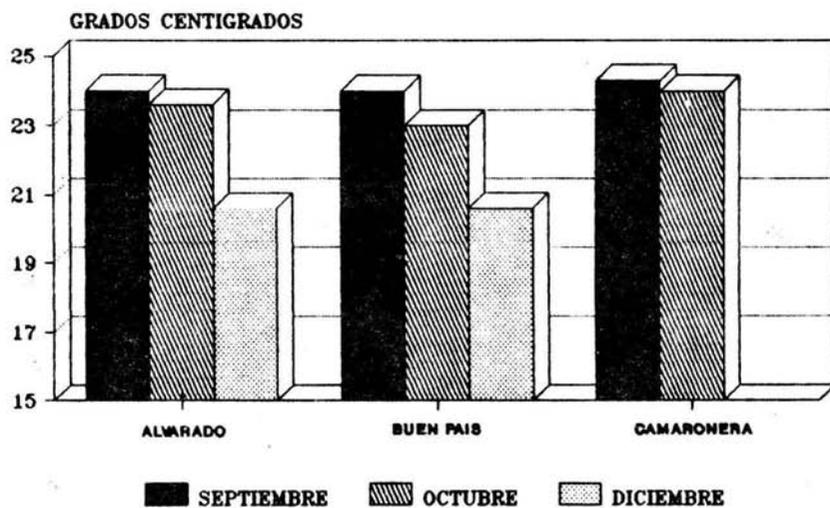


**Grafica No. 13**

La Gráfica 13 muestra los resultados obtenidos de la temperatura promedio por estación de muestreo, observándose la temperatura máxima durante la quinta salida correspondiente al mes de Marzo al presentar esta un dato de 31.2 °C, mientras que el valor mínimo lo registró el tercer muestreo (mes de Diciembre) con 20.7 °C. esta salida coincidió con la presencia de un "norte", propio de estas fechas; los datos restantes permanecen casi iguales para los muestreos 1 y 2 (Septiembre y Octubre, respectivamente), los cuales presentaron una temperatura de 24.1 y 24 °C respectivamente, reflejando una variación mínima y casi indetectable. Finalmente el muestreo 4 (mes de Enero) se coloca en un punto intermedio, con respecto a las estaciones anteriores con una temperatura de 22.3 °C.

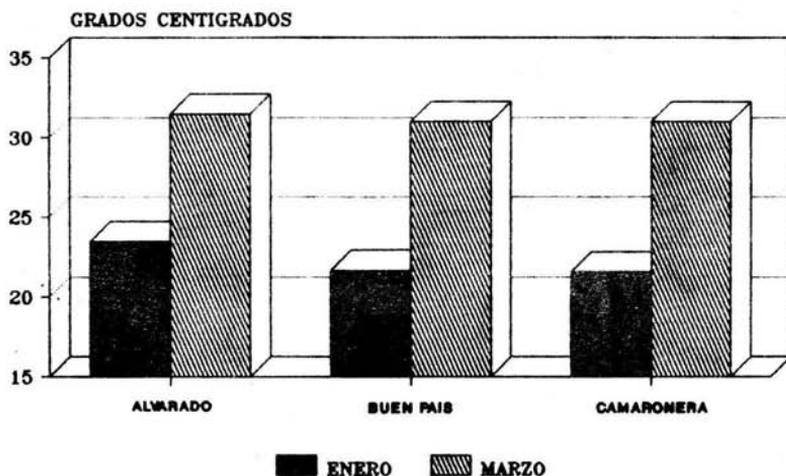
La Gráfica 14 presenta la variación de la temperatura registrada para cada laguna durante los tres primeros muestreos (Septiembre, Octubre, Diciembre), el de Septiembre observa un comportamiento similar a lo largo de las tres lagunas, al registrar una temperatura muy similar de 24 °C en Alvarado y en Buen País y de 24.3 °C en Camaronera. Para el muestreo de Octubre, la temperatura permaneció con valores similares a aquellos obtenidos durante el muestreo anterior si se les compara con la temperatura correspondiente, al registrar 23.6 °C en Alvarado, 24°C en Buen País y 24.3 °C para Camaronera, reflejando un cambio mínimo en cuanto a temperatura se refiere, entre ambas salidas a muestreo y pudiéndose decir que este factor permaneció de manera general casi constante durante este lapso de tiempo. En esta gráfica se puede apreciar que para Diciembre la temperatura descendió de manera notoria, al alcanzar 20.6 °C para Alvarado y 21 °C en la estación Punta Grande, última estación que se pudo muestrear en esta salida, ya que de manera coincidental, al momento del muestreo se presentó un "norte", el cual impidió que se continuara con la colecta de datos y de muestras de agua; por lo tanto, los valores del resto de las estaciones de muestreo no aparecen. Esta salida registró los valores mínimos de temperatura para todo el ciclo de muestreos al presentar valores promedio de 21°C.

PROMEDIO DE LA TEMPERATURA EN GRADOS  
CENTIGRADOS POR LAGUNA EN ALVARADO, VER.



Grafica No. 14

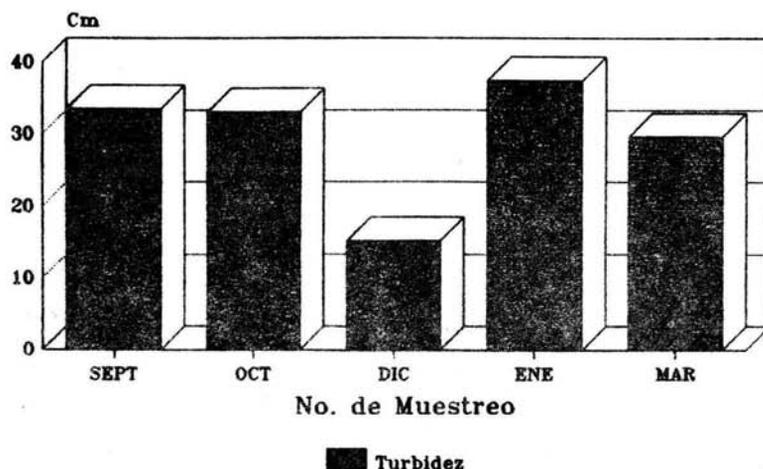
## PROMEDIO DE LA TEMPERATURA EN GRADOS CENTIGRADOS POR LAGUNA EN ALVARADO, VER.



Grafica No. 15

La Gráfica 15 muestra los valores de temperatura obtenidos durante las dos últimas salidas a muestreo, correspondientes a los meses de Enero (muestreo 4) y Marzo (muestreo 5). El cuarto muestreo del mes de Enero se coloca con valores intermedios al de los anteriores, con valores de 24.5 °C en la laguna de Alvarado, 21 °C para Buen País y 21.6 °C en Camaronera. los registros máximos de temperatura se observaron durante la salida a muestreo de Marzo, al detectarse 31.3 °C en Alvarado, 31 °C para Buen País y 31.2 °C en Camaronera.

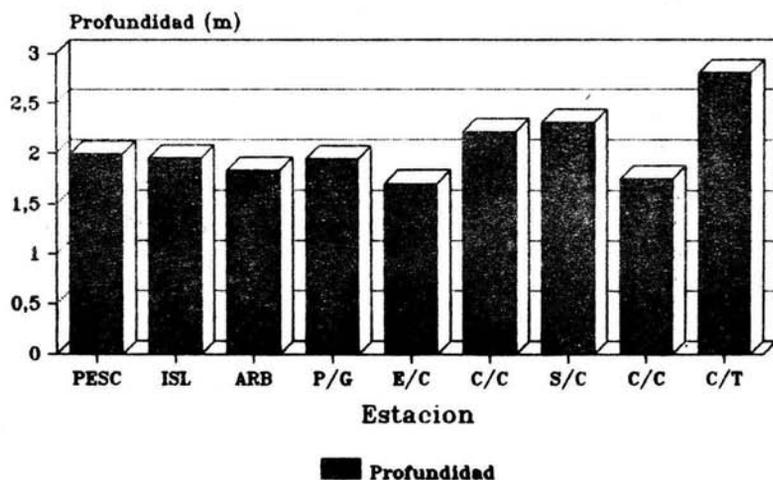
## VARIACION DE LA TRANSPARENCIA EN EL SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO, VER.



Grafica No. 16

La Gráfica 16 expone la variación de la transparencia por salida a muestreo en el sistema de Alvarado, Ver., haciéndose notoria la diferencia entre la temporada de secas, que resultó ser la temporada con una menor transparencia al tener 29.6 cm, seguida de la temporada de nortes, con 32.3 cm; finalmente, la mayor transparencia se registró durante la época de lluvias al presentar esta 33.5 cm de transparencia. La transparencia en la salida a muestreo de Enero resultó ser la más alta, con un promedio de 37.4 cm, mientras que la turbidez máxima se alcanza en Diciembre, con sólo 15.2 cm. La transparencia durante Septiembre y Octubre resultaron ser similares, al presentar 33 y 33.5 cm, respectivamente. Finalmente, Marzo observó valores intermedios a los anteriormente expuestos, al detectarse 29.6 cm de transparencia.

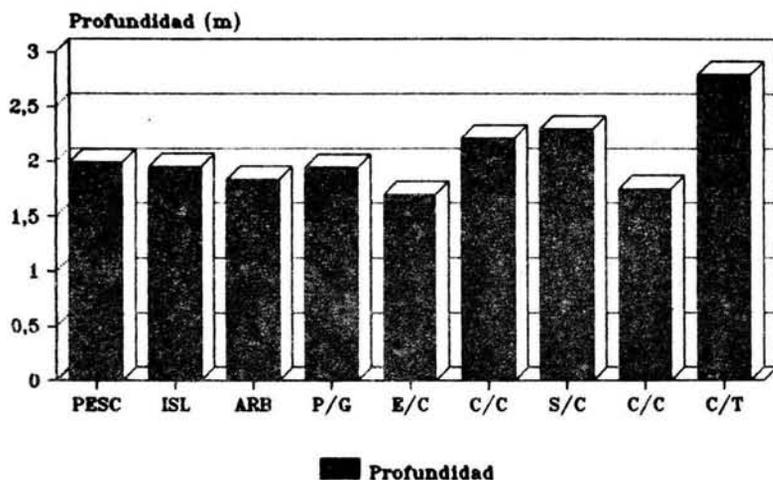
## PROMEDIO DE LA PROFUNDIDAD POR ESTACION EN EL SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO, VER.



Grafica No. 17

La Gráfica 17 expone los resultados promedio de la profundidad por estación de muestreo en el sistema lagunar de Alvarado, observando que la estación Canal de Tubo presentó los valores máximos con 2.8 m, cifra superior al dato más inmediato, que resultó ser de 2.21 m en Salida de Canal; por otra parte, la menor profundidad la presentó Entrada de Canal, con un promedio de 1.70 m.

## PROMEDIO DE LA PROFUNDIDAD POR ESTACION EN EL SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO, VER.



Grafica No. 18

La Gráfica # 18 muestra la variación de la profundidad en el sistema fluviolagunar de Alvarado, Ver. por estación de muestreo, exponiendo que la mayor profundidad se obtuvo en la estación Entrada de Canal, con 1.7 m, mientras que la mayor profundidad se observó en la estación Canal de Tubo, con 2.8 m. El resto de las estaciones registraron alrededor de 2 m de profundidad en promedio.

## 7.- CONCLUSIONES:

Las concentraciones de coliformes totales y coliformes fecales en el sistema fluvio-lagunar de Alvarado, Veracruz presentaron una variación en cuanto a:

-> Estaciones de muestreo: observando una alta concentración de bacterias coliformes totales y fecales, principalmente en las tres estaciones de muestreo de Alvarado (Pescadería, Isleta y Arbolillo), así como en las estación Tubo/Canal de Camaronera) Lo anterior es consecuencia de la continua descarga de desechos provenientes de las poblaciones aledañas al sistema. Por el contrario, las concentraciones menores se observaron en las estaciones de Buen País (Punta Grande, Entrada del Canal y Centro del Canal), de la misma manera las primeras dos estaciones de Camaronera (Salida de canal y centro de Camaronera). Lo anterior se deduce a partir del hecho de que alrededor de estas estaciones no se observaron asentamientos humanos de tamaño considerable.

-> Concentración bacteriana entre cada laguna: Las mayores concentraciones de coliformes, tanto totales como fecales se presentaron en la Laguna de Alvarado, seguida en cantidad por Camaronera, para que finalmente, sea Buen País la laguna con menor cantidad de bacterias coliformes presentes en el agua.

Los niveles de contaminación observados en los resultados indican que los desechos provenientes de los asentamientos humanos próximos al sistema estudiado, propician la aparición de posibles agentes infecciosos que resultan ser una fuente potencial de enfermedades gastrointestinales que provocan ser un riesgo para la salud de los habitantes de esta región, ya que la inclusión de estos microorganismos en alimentos redundarían en una posible infección gastrointestinal.

Puesto que las bacterias se encuentran distribuidas de manera indistinta en la Naturaleza, estos microorganismos tienen una importancia fundamental en el desarrollo y equilibrio de cadenas tróficas en un habitat determinado; las bacterias coliformes se pueden encontrar presentes en cuerpos de agua como consecuencia de las descargas de desperdicios al ser estos arrojados a las corrientes más cercanas a las poblaciones humanas (Nuñez, 1984).

Podemos decir que el agua analizada, proveniente del sistema lagunar de Alvarado, Veracruz se encuentra expuesta a la contaminación proveniente de las poblaciones asentadas a las orillas del sistema, como consecuencia de los desechos orgánicos, incluyendo materia fecal que es arrojada de manera indiscriminada y sin previo tratamiento a las aguas de este sistema. Es evidente que el aporte de bacterias coliformes al sistema es continuo, debido a las causas anteriormente expuestas; además, su nivel aumentará o disminuirá de acuerdo a la fluctuación de variables fisicoquímicas (temperatura, pH, oxígeno disuelto, nutrientes disponibles, transparencia, etc) o biológicas (depredación por bacteriófagos, cantidad presente de algas, toxinas bacterianas, etc. Nuñez, Op. Cit.) propias de este cuerpo acuático. Estas variables presentan valores óptimos, fuera de los cuales, las bacterias son sujetas a cambios fisiológicos determinados. De manera que la variación del número de bacterias por ml podría indicar que dicha variación es producto de la susceptibilidad de las bacterias coliformes a factores medioambientales: negativos, que provocan el decremento en las poblaciones bacterianas; o positivos, como el aporte de materia orgánica y fecal proveniente de las comunidades cercanas que provocan el aumento en las concentraciones de estos microorganismos.

Si las comunidades bacterianas en la Naturaleza se comportaran de manera similar como sucede bajo condiciones de laboratorio, sería imposible el establecer un equilibrio ecológico sin fluctuaciones. De manera natural, las bacterias se encuentran en un estado de actividad retardada o frenada, ó por otra parte acelerada debido a las

fluctuaciones de las concentraciones de algunos elementos necesarios para su subsistencia o bien a la presencia de inhibidores de diversa naturaleza (Margalef, 1990).

Se debe recordar que los cálculos en las cuentas viables de bacterias coliformes producen un número relativo, es decir, un cálculo aproximado, no una cuenta total o absoluta que refleje la concentración real de bacterias presentes en un cuerpo de agua determinado. En la naturaleza, las condiciones a menudo son cambiantes, y en el agua, las variaciones de materia orgánica juegan un papel importante en el desarrollo o detrimento de las comunidades de bacterias coliformes (Odum, 1985).

A pesar de detectar diferencias significativas tanto para los análisis destinados a la comparación entre estaciones de muestreo y de épocas del año, estas no respondieron en todos los casos a lo esperado, ya que estos microorganismos, al tener un origen entérico, son aportados al medio ambiente en forma continua por medio de descargas puntuales, por ello, cuando se analizó la relación temperatura/concentración de coliformes, surgieron diferencias difíciles de explicar por existir un conjunto de causas de variación no controladas en el presente estudio. En este particular, la información disponible en ocasiones resulta ser contradictoria en cuanto a los reportes se refiere, ya que en ocasiones, las explicaciones se enfocan en función de la variedad de técnicas empleadas, condiciones climatológicas específicas de las áreas estudiadas, de las estaciones anuales durante las cuales se realizaron los estudios, etc (Fernández, Op. Cit.), como lo resultó ser en esta caso en particular las variables determinadas durante el estudio.

La fuente principal de contaminación coliforme en Alvarado, Ver. la constituye la descarga de desechos y de materia de diversa naturaleza que no son sometidos de manera previa a ningún tipo de tratamiento. La distribución que se observa de forma irregular de las

La fuente principal de contaminación coliforme en Alvarado, Ver. la constituye la descarga de desechos y de materia de diversa naturaleza que no son sometidos de manera previa a ningún tipo de tratamiento. La distribución que se observa de forma irregular de las poblaciones de coliformes tanto totales como fecales se debe probablemente a la influencia que ejercen sobre ellas tanto las corrientes de los ríos Papaloapan, Blanco y Acula, así como el comportamiento de las corrientes marinas que circulan a este sistema lagunar.

## 8.- BIBLIOGRAFIA:

1.- A.P.H.A. "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater". U.S.A., 1978.

2.- Araya, G. y García, V. 1988. "Estudio Bacteriológico Del Bivalvo *Anadara tuberculosa* del Estero Punta Arenas, Costa Rica". Rev. Lat-amer. Microbiol., 30 (2): 235-238.

3.- Baldini, D. y Cabezali, B. 1988. "Distribución de *Escherichia coli* en Aguas del Estuario de Bahía Blanca, Argentina". Rev. Lat-amer. Microbiol., 30 (3): 229-238.

4.- Bulson, D., Gibbons, H. y Funk, W. 1984. "Removal and Inactivation of Bacteria During Alum Treatment of a Lake". Appl. and Env. Microbiol., 48 (2): 425-430.

5.- Carpenter, P. "Microbiología". 2a. ed. Edit. Interamericana, México. 1975. pp 277-281, 292-298.

6.- Castillo, G. y Cordano, A. 1975. "Enterobacteriaceae en una corriente Fluvial". Rev. Lat-amer. Microbiol., 17 (1): 213-218.

7.- Colwell, R., Sizemore, R. y Carney, J. 1975. "Marine and Estuarine Microbiology, Lab Manual". Edit. University Park Press, Baltimore, USA, pp 25-29.

8.- Delgadillo, H. y Orozco, M. 1987. "Bacterias Patógenas en Sedimentos de la Bahía de Todos los Santos, B. C., México". Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., UNAM, México. 13 (3): 31-38.

9.- DuPont, H. y Ericsson, Ch. 1990. "Use of Bismute Subsalicylate for the Prevention of Travelers Diarrhea". Rev. Inf. Dis., 12 (1): 560-567.

10.- Faust, M. 1976. "Coliform Bacteria From Diffuse Sources as a Factor in Estuarine Pollution". *Water Res.*, 10 (1): 619-627.

11.- Fernández, E. "Microbiología Sanitaria, Agua y Alimentos". Vol. 1. Universidad de Guadalajara, México, 1991. pp 209-257.

12.- Ferrara, M., Romero, J., Saitz, S., Nuñez, M. y Villena, F. 1988. "Distribución de Bacterias en los Sedimentos de la Región Sur del Golfo de California, México". *Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.*, UNAM, México. 15 (1): 195-204.

13.- Graham, D. y Evans, D. 1990. "Prevention of Diarrhea Caused by Enterotoxigenic *Escherichia coli*: Lessons Learned With Volunteers". *Rev. Inf. Dis.*, 12 (1): 568-572.

14.- Guinea, J., Sancho, J. y Parés, R. "Análisis Bacteriológico de Aguas, Aspectos Aplicados". Edit. Omega, S.A., Barcelona, España. 1979. pp 13, 87-100.

15.- Gutiérrez, H., Becerra, S., Burst, L. y Carmona, H. 1989. "Calidad del Agua Potable e Incidencia de Gastroenteritis en Dos Ciudades del Estado de Sonora, México". *Salud Pública Mex.*, 31 (1): 299-304.

16.- Hirsch, P. y Rohkohl, E., 1988. "Some Special Problems in the Determination of Viable Counts of Groundwater Microorganisms". *Microbial Ecol.*, 16 (1): 99-113.

17.- Hood, M. y MacDowell, M. 1987. "Distribution of Ultramicrobacteria in a Gulf Coast Estuary and Induction of Ultra Microbacteria". *Microbial Ecol.*, 14 (2): 113-127.

18.- Jawertz, E., Melnick, J. y Adelberg, K. "Microbiología Médica". 12a. ed., Edit. El Manual Moderno, México. 1987. pp 110, 111, 235-242.

- 19.- Klipstein, F., y Engert, R. 1977. "Relative Enterotoxigenicity of Coliform Bacteria". J. of Inf. Dis., 136 (2): 205-215.
- 20- Legendre, P., Baleaux, B., y Troussellier, M., 1984. "Dynamics of Pollution Indicator and Heterotrophic Bacteria in Sewage Treatments Lagoons". Appl. Env. Microbiol., 48 (3): 586-593.
- 21.- Litchfield, C. "Marine Microbiology". Benchmark Papers in Microbiology. Vol. 11, Halted Press, Stroudsburg, Penn., USA. 1976 pp 130, 132, 419.
- 22.- Lizárraga, M. 1982. "Qualitative Distribution of Bacteria in Tropical Coastal Lagoon". Bacteriol. Marine., 21 (1): 95-100.
- 23.- Lizárraga, M., Carballo, R., Izquierdo, F., Colwell, R., y Wong, I. 1987. "Bacteriología de la Laguna de Términos, Campeche, México". Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., UNAM, México. 14 (1): 97-108.
- 24.- López, A., Prieto, L. y Hazen, T. 1988. "Comparison of the in situ Survival and Activity of *Klebsella pneumoniae* and *Escherichia coli* in Tropical Marine Enviroments". Microbial Ecol., (1): 41-56.
- 25.- Lot-Helgueras, A. 1972 "Estudio Sobre Fanerógamas en las Cercanías de Veracruz, Ver., México". Ann Inst. Biol., UNAM, México. No. 42, Serie Botánica (1): 1-48.
- 26.- Margalef, R. "Ecología". Ed. Omega. Barcelona, España, 1990. pp. 543, 544.
- 27.- Martínez, J., García, J. y Vives, J. 1989. "Estimation of *Escherichia coli* Mortality in Sea Water by the Decrease in 3 H Label and Electron Transport System Activity". Microbial Ecol., (2): 219-225.
- 28.- Morrison, A. 1984. "Recreational Water Quality and Human Health". Cann. J. of P. Health., 75 (1): 13-14.

29- Nuñez, A. "Incidencia de Coliformes Fecales. Coliformes Totales y *Streptococos Fecales*, Como Indicadores de Contaminación en una Laguna de Estabilización del Estado de Mexico". Tesis para obtener el título profesional de Biólogo, E. N. E. P. Iztacala, U. N. A. M. Mexico, 1984, pp. 28,32,33.

30.- Odum, E. "Ecología". Ed. Interamericana, 8a. ed., 1985. pp 183, 184.

31.- Ramos, C., Cruz, M. y Fraga, M. 1989 "Estudio de la Comunidad Bacteriana en Aguas de Albañal y su Tratamiento Mediante Lechos Biológicos". *Rev. Lat-amer. Microbiol.*, 31 (1): 77-81.

32.- Rodríguez, H. y Romero, J. 1981. "Niveles de Contaminación Bacteriana en dos Sistemas Fluvio-lagunares Asociados a Laguna de Términos, Campeche, México". *Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.*, UNAM, México. 8 (1): 63-68.

33.- Romero, J. y Rodríguez, H. 1982. "Niveles Actuales de Contaminación Coliforme en el Sistema Lagunar del Carmen-Machona, Tabasco, México". *Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.*, UNAM, México. 9 (1): 121-126.

34.- Romero, J., Ferrara, M., Lizárraga, L. y Rodríguez, H. 1986. "Variación Estacional de las Poblaciones de Enterobacterias en la Laguna de Términos, Campeche, México". *Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.*, UNAM, México. 13 (3): 73-86.

35.- Rosas, I., Báez, A. y Coutiño, M., 1984. "Bacteriological Quality of Crops Irrigated With Wastewater in the Xochimilco Plots, México City, México". *Appl. Env. Microbiol.*, 47 (5): 1074-1079.

36 - Rosas, I., Yela, A. y Baez, A. 1985. "Bacterias Indicadoras de Contaminación Fecal en el Ostión *Crassostrea virginica* Durante su Desarrollo y Procesamiento en el Mercado". *Cont. Amb.*, (1): 51-64.

37.- Rzedowski, J. "Vegetación de México". 8a. ed., Ed. Limusa, México. 1981. pp 190, 345.

38.- Saitz, S., Ferrara M. y Romero, J. 1986. "Distribución Cuantitativa de Bacterias y Levaduras Heterótrofas en las Costas de Sinaloa y Nayarit, México". Ann. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., UNAM, México. 13 (3): 87-106.

39.- Sartí, E., Parrilla, M., Saldade, O. y Rodríguez, M. 1980. "Calidad Sanitaria del Jamón que se Consume en la Ciudad de México". Salud Pública Mex., 31 (1): 326-333.

40.- Sartí, E., Parrilla, M., Vázquez, S., Kawashira, L., Fariás, J. y A. García, C. 1989. "Control Sanitario de Alimentos en la Ciudad de México". Salud Pública Mex., 31 (1): 82-90.

41.- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología., Diario Oficial de la Federación. Acuerdo por el que se Establecen los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA - 001/89. Miércoles 13 de Diciembre de 1989, México.

42.- Tobin, R. y Ward, W. 1984. "Guidelines for Canadian Recreational Water Quality". Can. J. of P. Health., 75, (1): 15-18.

43.- Volk, W., Benjamin, D., Kadner, R. y Parsons, J. "Microbiología Médica". 3a. ed, Ed. Interamericana/McGraw-Hill, México. 1988. pp 404-426.

44.- Wood, E. "Marine Microbial Ecology ". Chapman and Hill Editors, LTD. Great Britain, UK. 1975. pp 83-99.

45.- Yagal, H., Koteswara, R. y Alexander, M. 1989. "Factors Involved in Multiplication and Survival of *Escherichia coli* in Lake Water". Microbial Ecol., 17 (1): 171-180.