



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

23
Zej

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS IZTACALA**

**" ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA USO RECREATIVO
UTILIZANDO COMO INDICADORES DE CONTAMINACION A LAS
BACTERIAS COLIFORMES TOTALES Y FECALIS
EN LA PLAYA LA VENTOSA DE SALINA CRUZ, OAX. "**

T E S I S

ELABORADA PARA OBTENER EL GRADO DE:

B I O L O G O

PRESENTADA POR:

DAVID ALFONSO GONZALEZ BRENA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, EDO. DE MEXICO

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

D e d i c a t o r i a

A David y Julián:

Por la magia que dan a mi vida.

A Aidé

Por su fortaleza.

A mis Padres:

Alfonso González A.

Ana Brena de G.

A él por su nobleza, a ella por su carácter, a ambos por la oportunidad a la vida.

A mis hermanos:

Sara

Eva

Mario †

Raúl

Beto

Por su solidaridad, por lo especial que es cada uno de ellos.

A Mario

porque disfrutaría o disfruta como yo este logro.

A todos mis sobrinos.

A g r a d e c i m i e n t o s

A mi directora:

M. en C. Patricia Bonilla Lemus, por todo el apoyo que me brindó para la conclusión de este trabajo.

A la M. en C. Elizabeth Ramirez, M. en C. Elvia Gallegos, Biol. M^a. Graciela Molina y a la G. F. B. Esperanza Robles por sus observaciones y sugerencias, pero sobre todo por su tiempo en la revisión del presente trabajo.

Al M. en C. Ramón Moreno por las facilidades dadas en los trámites administrativos.

Al cuerpo de investigadores del Centro Regional de Investigación Pesquera (C.R.I.P.) de Selina Cruz, Oax.

A la Directora del C.R.I.P. M. en C. Gilda Velázquez por su solidaridad y altruismo.

A mis amigos del Instituto de Oceanografía de la SEDENA; Daniel, Donato y Hugo, por todo el apoyo brindado.

A Chely por su paciencia en el tipeado de este trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN	1
1.- INTRODUCCION	1
2.- ANTECEDENTES	3
2.1.- Calidad del Agua	5
2.1.1.- Calidad Microbiológica del Agua	5
2.1.2.- Calidad Fisicoquímica del Agua	8
3.- JUSTIFICACION	11
4.- OBJETIVOS	11
5.- AREA DE ESTUDIO	12
5.1.- Geología	12
5.2.- Clima	12
5.3.- Hidrología	13
5.4.- Corrientes	13
6.- MATERIAL Y METODOS	16
6.1.- Metodología de Campo	16
6.1.1.- Muestreo	16
6.1.2.- Análisis Fisicoquímico	16
6.1.3.- Análisis Bacteriológico	16
6.1.4.- Parámetros Meteorológicos y Mareas	16
6.2.- Metodología de Laboratorio	18
6.2.1.- Análisis Fisicoquímico	18
6.2.2.- Análisis Bacteriológico	18
6.3.- Análisis Estadístico	19
7.- RESULTADOS	22
7.1.- Datos Fisicoquímicos	22
7.1.1.- Temperatura	22
7.1.2.- Salinidad	24
7.1.3.- Color	26
7.1.4.- Oxígeno Disuelto	28
7.1.5.- pH	30
7.2.- Datos Bacteriológicos	32

7.2.1.- Coliformes Totales	32
7.2.2.- Coliformes Fecales	34
7.3.- Parámetros Meteorológicos y de Mareas	36
7.3.1.- Precipitación Pluvial	36
7.3.2.- Mareas	38
7.4.- Análisis Estadístico	40
7.4.1.- Correlación.	40
8.- DISCUSION	41
9.- CONCLUSIONES	46
10.- RECOMENDACIONES	47
11.- BIBLIOGRAFIA	48
12.- APENDICE	52

RESUMEN.

Como parte del programa anual de trabajo en el Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) de la Secretaría de Pesca en Salina Cruz, Oax., se realizó el presente estudio en la playa de la bahía "La Ventosa", con la finalidad de diagnosticar las condiciones bacteriológicas mediante el análisis del número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales, además de los parámetros físicoquímicos temperatura, salinidad, color, oxígeno disuelto y pH, durante el periodo de Mayo de 1992 a Abril de 1993.

Se llevaron a cabo monitoreos mensuales de cinco estaciones de muestreo distribuidas en la zona de recreo desde las primeras "enramadas" en la parte sur, hasta unos 20 m antes del emisor submarino de aguas residuales tratadas de Pemex. Las concentraciones más altas de bacterias coliformes se detectaron en los meses de Julio y Agosto, debido al desbordamiento del río Tehuantepec el cual recibe importantes aportes de aguas municipales de varios poblados de la región sin tratamiento alguno. El incremento de coliformes coincidió también con el periodo vacacional de Julio y Agosto y con el aumento de la temperatura.

Las estaciones 3 y 4 presentaron el registro más alto de microorganismos como consecuencia de la ruptura de la barra (por las lluvias) que divide el estero "La Ventosa" con la bahía ya que están ubicadas enfrente y a favor de la corriente respectivamente de la bocabarre.

Finalmente se concluye que la calidad bacteriológica (coliformes totales y fecales) en la playa "La Ventosa", se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos por la legislación mexicana para aguas de uso recreativo y contacto primario (SARH, 1975) y el reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas (SEDUE, 1988) a excepción de los meses de Julio y Agosto que quedaron por arriba de las especificaciones, constituyendo un riesgo importante para la salud pública.

1. INTRODUCCION.

Como consecuencia de la Revolución Industrial, los países occidentales centralizaron su capacidad de producción en fábricas las cuales se establecieron principalmente cerca de los lugares donde existían ríos y lagunas. Estas aguas continentales han sido contaminadas a un paso demasiado acelerado, produciendo una concentración excesiva de materiales de desecho de tipo urbano, industrial y agrícola, afectando por lo general las zonas costeras y las marismas, manifestándose en la pérdida de cualidades estéticas y bióticas del medio (Campbell, 1987).

En México es común la descarga de aguas residuales negras o industriales sin depuración alguna, conteniendo entre otros materiales gran cantidad de microorganismos, algunos de ellos patógenos, los cuales además de alterar el equilibrio del ecosistema representan un riesgo para el hombre ya que pueden ocasionar enfermedades tales como: tifoidea, paratifoidea, disentería bacilar y amibiana, poliometritis y hepatitis. (William y Richard, 1972).

A mediados de la década de los 70's se desarrolló la tecnología de la explotación petrolera en la plataforma continental del Golfo de México, desde entonces se ha intensificado la extracción de crudo y la producción de sus derivados, siendo en la actualidad cerca de 3 millones de barriles por día. Este acelerado desarrollo industrial de la región costera del Golfo de México y la creciente demanda de productos, genera la necesidad de ampliar el mercado industrial hacia la costa del Pacífico donde a partir de 1979 la actividad petrolera del país se ve incrementada con la inauguración de la refinería "Antonio Dovalí Jaima" en Salina Cruz, Oax. Este complejo de procesamiento y distribución de crudo, cuenta con un emisor submarino que expulsa aguas de desecho, previamente tratadas, directamente en el mar. Asimismo, los barcos nacionales y extranjeros que se encargan de la transportación de los productos crudos y refinados, generalmente desechan sus aguas negras tratadas mar adentro antes de arribar a puerto.

Las playas de "La Ventosa" ubicadas en la bahía del mismo nombre en Salina Cruz, Oax., ha venido siendo desde hace mucho tiempo la principal playa de recreo en la zona, la presencia de la refinería ha modificado de alguna manera su estructura básica; el incremento de la población que se ha establecido en sitios aledaños en busca de fuentes de trabajo probablemente ha contribuido a contaminar aún más el río Tehuantepec ya que en él, los poblados de Huilotepec, Boce del Río y Santo Domingo Tehuantepec vierten sus desechos sin tratamiento alguno, teniendo como destino final las aguas de la playa "La Ventosa".

Dadas las características de las corrientes y fuertes vientos de la zona, se podría esperar que los contaminantes fueran constantemente dispersados y diluidos en el océano. En el supuesto caso que así fuera, es de esperarse un efecto crónico local en las proximidades de los puntos de emisión.

Con base en lo anterior, el presente trabajo está dirigido a conocer la calidad bacteriológica del agua de la playa "La Ventosa", utilizando como indicadores de contaminación a las bacterias coliformes, totales y fecales.

2. ANTECEDENTES.

Por su posición entre dos océanos, México cuenta con numerosas playas de recreo, como consecuencia se generan fuentes de trabajo por esta actividad, aunque también se corre el riesgo de alterar su equilibrio ecológico. Dadas las circunstancias, en México se han incrementado los estudios bacteriológicos referentes a la calidad del ambiente marino, en zonas costeras para uso recreativo, utilizando bacterias del grupo de las coliformes totales y fecales como indicadores de contaminación. Esto ha sido con el propósito de generar información básica que sirva de referencia para diagnosticar los problemas ocasionados por la contaminación y al mismo tiempo evitar problemas para la salud pública. Se mencionan a continuación trabajos realizados acerca del tema.

Castillo y Cordano en 1975, determinaron en base a sus resultados que la carga bacteriana de coliformes fecales en un río de Santiago de Chile a pasar de existir un solo sitio de descarga de aguas municipales, se incrementa de 10^2 hasta 10^6 , siendo los conteos de NMP más frecuentes en 10^4 ; también Faust en 1976, al hacer una evaluación de la influencia del acarreo de coliformes fecales y coliformes totales del Río Rhode, un sub-estuario de la Bahía de Chesapeake, en E.U.A. concluye que es el principal contribuyente de bacterias entéricas al estuario, aunque considera que esa contribución se debe a los siguientes elementos: Los arrastres por corrientes de origen pluvial sobre el suelo, las descargas fecales directas sobre el río que hacen los animales silvestres, las descargas domésticas de origen rural y la reproducción bacteriana que se lleva a cabo durante su transporte al estuario.

En 1974 la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (S.A.R.H.), realizó un estudio acerca de la contaminación bacteriológica en la playa de "Miramar" en Cd. Madero, Tamaulipas utilizando como indicadores de contaminación fecal a las coliformes totales y fecales, encontrando valores de NMP ligeramente superiores a 1000/100ml. siendo esto más marcado en la escollera norte.

La bahía de Acapulco ha sido estudiada tanto por la S.A.R.H en 1977, como por la Secretaría de Marina en 1980; estos trabajos indican que la bahía de Acapulco, se ve fuertemente afectada por los escurrimientos pluviales y durante los meses vacacionales, encontrándose altas concentraciones de bacterias coliformes las cuales sobrepasan muy por encima las normas de calidad requeridas para aguas de contacto primario o de uso recreativo de 1000/100 ml. de organismos coliformes totales (S.A.R.H., 1975).

En 1979 la S.A.R.H. estudió la bahía "Banderas" en Puerto Vallarta, Jalisco en donde hasta esta fecha no había problemas de contaminación, pero existían núcleos

muy marcados de los cuales se tenía invariablemente un abatimiento en su calidad, sin embargo no excedían los límites permisibles para aguas de recreación con contacto primario.

En 1984, Sañudo y Orozco, realizaron un estudio a lo largo de la costa de Baja California en la que establecen que el principal origen de la contaminación son las aguas de desecho de las ciudades de Tijuana y Ensenada, las cuales son descargadas al océano sin tratamiento alguno. Los valores máximos de coliformes en agua y moluscos se presentaron en verano debido al incremento de la temperatura, turismo y precipitación pluvial, en invierno los registros obtenidos rebasan los límites permisibles como resultado de una gran afluencia turística.

En 1985, Sañudo y Rivera, estudiaron los problemas relacionados con la contaminación del medio ambiente marino en la bahía Todos Santos, B.C., la cual se ha agravado en los últimos años. Las partes norte y sur de la bahía están fuertemente contaminadas por materia orgánica y bacterias coliformes. Los valores máximos se presentaron durante el verano y los mínimos en invierno en estrecha relación con la producción pesquera y el flujo turístico.

En 1985, Vilchis llevó a cabo un estudio bacteriológico del agua en el puerto de Salina Cruz, Oax., en el que se encontraron concentraciones altas de bacterias coliformes totales y fecales por encima de los límites establecidos por la "Ley General del Equilibrio Ecológico", (1993) de la PROFEPA y S.A.R.H. (1975) para aguas de uso recreativo y navegación. Estas altas concentraciones se encuentran relacionadas con actividades como la pesca y la recreación con contacto primario en algunas áreas del antepuerto, en la parte oriente de la dársena, se tuvieron los valores más altos, ya que en este sitio se encuentra ubicada una de las descargas más importantes de aguas municipales.

Durante el periodo de 1990 -1991, Pica-Granados, Botello y Villanueva realizaron un estudio microbiológico en la dársena, antepuerto y bahías adyacentes de Salina Cruz, Oax., donde encontraron que las zonas estudiadas reflejan una grave contaminación ocasionada por descargas de aguas residuales urbanas con conteos que exceden las normas sanitarias indicadas para aguas de contacto primario y de productos pesqueros. También se identificaron colonias tipo de Salmonella sp., S. typhi y S. paratyphi, los que son considerados como microorganismos patógenos específicos (Walker et al., 1982).

Los estudios realizados hasta el momento en la bahía "La Ventosa" se reducen a los estudios hidrológicos efectuados por Alvarez en 1985 y Rivero et al., en el mismo año. Hasta la fecha no existen antecedentes acerca de la microbiología de la zona únicamente los realizados por Pica-Granados et al., en 1991 llevado a cabo mar adentro alejados del área de recreo.

2.1. Calidad del Agua.

2.1.1 Calidad Microbiológica del Agua.

Las enfermedades tales como: tifoidea, paratifoidea, disentería bacilar y amibiana entre otras, han sido asociadas a la contaminación de playas de recreo por descargas de aguas residuales negras o industriales sin tratamiento alguno representando un riesgo para la salud pública (William, op.cit.). Existen indicadores bacteriológicos utilizados para demostrar la contaminación del agua por microorganismos procedentes de los desechos de animales de sangre caliente, incluyendo al hombre, animales domésticos y silvestres (Greenberg et al., 1985).

Los géneros más comunes de bacterias patógenas en los desechos humanos son: Escherichia, Salmonella, Shigella, Proteus, Alcaligenes, Arizona, Erwinia, Streptococcus, Pasteurella, Leptospira, Vibrio, etc. (Vidal, 1982; San Martín, 1975).

Los virus presentes en aguas contaminadas generan enfermedades tales como la poliomeilitis, hepatitis infecciosa y algunas enfermedades respiratorias. Los protozoarios (Balantidium coli y Entamoeba histolytica) y helmintos (Teenia solium y Ascaris lumbricoides), constituyen una tercera fuente de enfermedades entéricas que producen generalmente infecciones gastrointestinales (SARH, 1980).

La presencia de uno u otro indicador bacteriológico ofrece indicios acerca de la procedencia de la contaminación, por ejemplo, de aguas residuales domésticas e industriales y de aguas residuales agrícola-ganaderas (SEDUE, 1988).

Para que un microorganismo sea considerado indicador bacteriológico de la calidad del agua debe presentar las siguientes características (SARH, 1980):

- Debe ser aplicable a todo tipo de agua, ya sea natural o tratada y debe reaccionar respecto al medio natural y a los procesos de tratamiento, incluyendo la desinfección.
- Debe estar siempre presente cuando existan bacterias patógenas de origen fecal.
- Su densidad debe estar asociada con el grado de contaminación fecal.

- Debe desaparecer del agua con cierta rapidez después de la desaparición de los patógenos.
- No debe multiplicarse en el agua.
- Debe estar ausente de aguas bacteriológicamente seguras y potables.
- No debe ser patógeno para el hombre y animales domésticos.
- Las técnicas para su análisis deben ser sencillas y rápidas (para obtener los resultados en poco tiempo), aplicables a cualquier tipo de agua y no deba presentar interferencias con otras bacterias.

GRUPOS INDICADORES:

Los coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales son los grupos indicadores que cumplen con un mayor número de los requisitos mencionados, por lo tanto, son los que se usan en pruebas de rutina para determinar la calidad bacteriológica del agua (SARH, 1984 y Greenberg *et al.*, 1985).

Coliforme:

Dentro de este grupo quedan comprendidos los géneros Escherichia, Klebsiella y Enterobacter, que se diferencian del resto de las enterobacterias por fermentar la lactosa rápidamente a 35°C, ya que se supone son habitantes exclusivos del tracto intestinal. Sin embargo, investigaciones posteriores han encontrado que algunas especies de estos géneros también son saprófitos de vida libre por lo que se han reubicado y reclasificado, de manera que en la actualidad el género Escherichia tiene una sola especie, E. coli, que presenta más de 130 subespecies o serotipos diferentes, y que se distinguen de Klebsiella y Enterobacter por su propiedad de fermentar la lactosa también a 44.5°C y por tener como hábitat único el tracto intestinal; no obstante, ya se han aislado algunas cepas de Klebsiella spp. que son positivas a la prueba de temperatura elevada (SARH, 1984).

Por lo tanto el grupo coliforme se divide en coliformes totales y coliformes fecales, que se defina como sigue (SARH, 1984):

Coliformes Totales.-

Comprenden todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas. Son bacilos cortos, gram negativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de acidez y gas a 35°C en 24 a 48 hrs. (Escherichia, Klebsiella y Enterobacter).

Coliformes Fecales.-

Bacilos cortos, gram negativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con

producción de acidez y gas a 35°C y 44.5°C en 24 a 48 hrs. (Escherichia y algunas cepas de Klebsiella).

Por otro lado algunos estudios han demostrado que los coliformes pueden reproducirse en agua clorada. Esto indica que no se debe confiar en la cloración como único tratamiento para proteger la salud pública contra la ingestión de microorganismos patógenos (CIECCA, 1987).

Evaluación de los coliformes totales como indicadores (SARH, 1980):

Ventajas.

- La ausencia de coliformes es una evidencia de la potabilidad bacteriológica del agua.
- La densidad de coliformes es una medida proporcional aproximada de la contaminación por desechos fecales.
- Si están presentes las bacterias patógenas de origen intestinal, las bacterias coliformes deben existir en mayor número, ya que están siempre presentes en el intestino humano y animales de sangre caliente, y se eliminan en gran número por las heces.
- Las coliformes persisten más en el medio acuático que las bacterias patógenas de origen intestinal.
- Las coliformes son generalmente menos dañinas para el hombre y pueden determinarse por los procedimientos rutinarios del laboratorio.

Desventajas.

- Algunos miembros del grupo coliforme tienen una amplia distribución en el ambiente en comparación con su ocurrencia en los intestinos de animales de sangre caliente.
- Algunas cepas del grupo coliforme pueden crecer en aguas contaminadas y, por consiguiente, esto dificulta la evaluación de su ocurrencia o grado de contaminación.
- Otras bacterias pueden interferir con la prueba de las coliformes, dando resultados falsos positivos o falsos negativos, por ejemplo; A. aerogenes o Pseudomonas sp.

Evaluación de los coliformes fecales como indicadores (SARH, 1980):

Ventajas.

- El 95% de los coliformes de origen fecal da positiva la prueba de la temperatura.

- Estos organismos están ausentes si la contaminación no es de origen fecal.
- El tiempo de supervivencia del grupo coliforme fecal en agua es más corto que el de los coliformes no fecales. Por consiguiente, una densidad alta de coliformes fecales indica una contaminación reciente.
- Las coliformes fecales generalmente no se multiplican fuera de los intestinos de los animales de sangre caliente.

Desventajas.

- El 5% de coliformes fecales de negativa e la prueba de la temperatura.
- Actualmente se conoce poco acerca de la supervivencia de los coliformes fecales y de las bacterias entéricas patógenas en aguas contaminadas.

2.1.2 Calidad Fisicoquímica del Agua.

La utilización del agua dentro y fuera de su ambiente natural le da un carácter de agua residual como resultado de los usos municipales, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación o alteración en su calidad original (IMP, 1991).

Existe un intervalo adecuado de factores abióticos que son necesarios para la sobrevivencia de las comunidades acuáticas ya sean estas de agua dulce o marinas, libres o en condiciones de cultivo. Dentro de las más importantes podemos citar: temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto entre otros (Boyd, 1980).

El uso del agua dentro de los procesos industriales, el empleo doméstico y la recreación dependen en gran medida de la temperatura. Así mismo, la estructura de las comunidades acuáticas, la dominancia de algunos grupos en esta estructura, la distribución y migración, el metabolismo, el comportamiento, crecimiento y reproducción de los organismos son regulados por la temperatura (EPA, 1986).

La salinidad se define como el contenido total de material sólido, expresado en gramos, contenidos en un kilogramo de agua de mar cuando todo el carbonato ha sido convertido en óxido, los bromuros y yoduros reemplazados por cloruros y toda la materia orgánica completamente oxidada.

La determinación de sólidos disueltos en el agua de mar no se puede efectuar por el método convencional de secado y pesado, debido a que se presentan cambios químicos por el calentamiento. Por esta razón los oceanógrafos adoptan el término arbitrario de salinidad, un valor que es "ligeramente menor" que el contenido real de sólidos. El símbolo utilizado es S ‰ (gramos de sólido/kilogramo de agua).

Hasta hace poco tiempo la salinidad se calculaba usualmente midiendo la clorinidad, aprovechando la relación lineal que existe entre la salinidad y el contenido de halógenos en el agua de mar, usando la fórmula de Knudsen:

$$S \text{ ‰} = 0.03 + 1.805 \text{ Cl ‰}$$

El uso de la clorinidad para la determinación de la salinidad ha sido en los últimos años sustituido por métodos basados en mediciones físicas, principalmente la conductividad eléctrica, método que tiene la ventaja de ser más preciso, rápido y de uso más apropiado en barcos oceanográficos. En este método se usa un salinómetro que se calibra con agua de mar estándar (agua de Copenhague) la cual se valora usando el método tradicional de titulación de Knudsen. La relación entre la salinidad determinada por métodos conductimétricos y la clorinidad está dada por la siguiente ecuación:

$$S \text{ ‰} = 1.80655 \text{ Cl ‰}$$

Otra propiedad física que se ha usado para medir la salinidad es el índice de refracción, sin embargo la precisión de este método es mucho menor. La exactitud de la determinación de salinidad dependerá del tipo de estudio que se realice. En las regiones oceánicas, los gradientes de salinidad horizontal y vertical son muy pequeños, por lo que es esencial determinar la salinidad con una exactitud mayor de $\pm 0.01 \text{ ‰}$ en casos extremos de $\pm 0.002 \text{ ‰}$. En estuarios o aguas costeras las variaciones en la salinidad son mucho mayores por lo que se requiere una menor exactitud (Rosales, 1984.).

El pH es el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno en una solución acuosa o el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno (IMP, 1991).

El pH es un factor importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales, ya que cambios de pH afectan el grado de disociación de ácidos y bases débiles, lo que a su vez afecta la toxicidad de muchos compuestos (EPA, op. cit.).

Para el cultivo de pecas, la mayoría de las aguas continentales, tienen un valor de pH que fluctúa entre 6.5 y 9.0, aunque pueden haber otros factores que afectan el pH de un estanque. La reproducción disminuye en valores inferiores de 6.5 o mayor de 9.5 por debajo de 4.0, se presenta la muerte ácida, por encima de 11.0, la muerte alcalina (Boyd, op. cit.).

En el océano abierto, el pH del agua de mar raramente cae fuera de los límites de 7.8 - 8.2, pero en localidades restringidas tales como estanques rocosos y bahías se registran valores más extremos que van desde 7.4 a 9.9 unidades de pH. Para aguas de uso recreativo con contacto primario la tabla 12 marca ± 0.3 en condiciones

naturales (7.5 - 8.5 u. de pH), valores fuera de este ámbito obedecen a causas tales como la contaminación (Riley, 1989).

El oxígeno disuelto en el agua tiene un papel muy importante ya que es básico para la vida de los microorganismos y organismos. Los gases atmosféricos se disuelven en cierto grado en el agua. Sin embargo el oxígeno tiene baja solubilidad y no reacciona con el agua y su solubilidad es directamente proporcional a su presión parcial (Fernández, 1986).

El oxígeno es uno de los principales componentes del aire y representa al 20.95%. La solubilidad del oxígeno en agua pura son mayores a 0° C y decrecen al aumentar la temperatura; este mismo fenómeno ocurre al incrementarse la salinidad, esto es, por cada 9000 mg/L de salinidad, se reduce la solubilidad del oxígeno en un 5% aproximadamente, con respecto al agua pura (Rosales, op. cit.).

La presencia de aguas residuales en cuerpos receptores tales como playas costeras origina una concentración excesiva de materia orgánica la cual para su degradación consume el oxígeno presente (Rivero et al., 1985), pudiendo ocasionar un desequilibrio en el ecosistema.

3. JUSTIFICACION.

Debido a que los países occidentales centralizan su capacidad industrial en fábricas las cuales se establecen principalmente cerca de lagunas y ríos, los que llegan al mar o a lagunas costeras, las aguas continentales han sido contaminadas en un lapso de tiempo relativamente corto. En México existe el interés por llevar a cabo estudios en los cuales se ponga de manifiesto, cuando sea el caso, el deterioro de los ecosistemas y de esta manera se cimenten las bases para darle solución a este grave problema. Por tal motivo, se plantearon los siguientes objetivos.

4. OBJETIVOS.

Objetivo General.

- Conocer la calidad bacteriológica que actualmente prevalece en la playa "La Ventosa", de Salina Cruz, Oax., utilizando como indicadores de contaminación fecal a las coliformes totales y fecales con respecto al máximo nivel permisible.

Objetivos Particulares.

- Estimar la correlación de coliformes totales y fecales con parámetros fisicoquímicos como son: temperatura, salinidad, color, oxígeno disuelto, pH así como con la precipitación pluvial y con las mareas.
- Determinar el o los sitios y la temporada durante el período de muestreo que se encuentra más afectado por ese tipo de contaminación.

5. AREA DE ESTUDIO.

La bahía de "Le Ventosa" se localiza en la costa de Salina Cruz, Oax., situada en el margen noroeste del Golfo de Tehuantepec, (figure 1) abarca aproximadamente 4km, y está ubicada entre los 16° 10' 10" y los 16° 11' 00" de latitud norte y los 95° 10' 30" y los 95° 09' 00" de longitud oeste. (Secretaría de Marine, 1973).

La refinera de Salina Cruz se encuentra ubicada en la costa de la bahía hacia el norte a 2 km de distancia. Sus aguas residuales previamente tratadas son arrojadas por un emisor submarino que recorre 2 km. en dirección sureste y desemboca a mitad de la bahía a 15 m de profundidad. Esta área ha sido tradicionalmente una zona pesquera (Alvarez, 1985).

Las cinco estaciones de muestreo se ubicaron en los puntos donde comúnmente se reúne la mayor cantidad de gente, esto es, a partir de las primeras "enramadas" (especie de cabañas con techo y paredes de palmeras) por el lado sur hasta unos 20 m antes de llegar al tubo emisor de aguas residuales de Pemex. (Figure 2).

5.1 Geología.

El pleistoceno reciente está representado por suelos y depósitos de aluvión y lacustre, cubriendo una gran extensión de la llanura costera (López-Remos, 1976 y Carranza - Edwards, 1980).

5.2 Clima.

De acuerdo a la clasificación general de climas de Köppen modificada por García (1981). La región de Salina Cruz presenta un clima de tipo (AW(w)ig) cálido - subhúmedo con lluvias predominantes en verano.

La temperatura media anual varía muy poco, siendo el promedio de 27.6°C. La precipitación media anual es de 1,087 mm. predominando en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre. (Secretaría de Marina, 1978).

El rasgo meteorológico más distintivo es el de la presencia de los vientos denominados "nortes", que afectan en general a toda el área del Golfo de Tehuantepec en el periodo de Noviembre a Febrero son vientos provenientes del Golfo de México que al atravesar el Istmo de Tehuantepec entran en contacto con masas de aire cálido aumentando su velocidad. Estos vientos tienen su origen en la invasión de anticiclones

provenientes de las llanuras estadounidenses. El resto del año los vientos son variables y débiles, viniendo de diversas direcciones. (Alvarez, 1983).

5.3 Hidrología.

En esta bahía vierte sus aguas el río Tehuantepec, éste es considerado uno de los caudales más importantes que desemboca en la costa de Salina Cruz, nace en el occidente entre la Sierra Madre de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur (Secretaría de Marina, 1974).

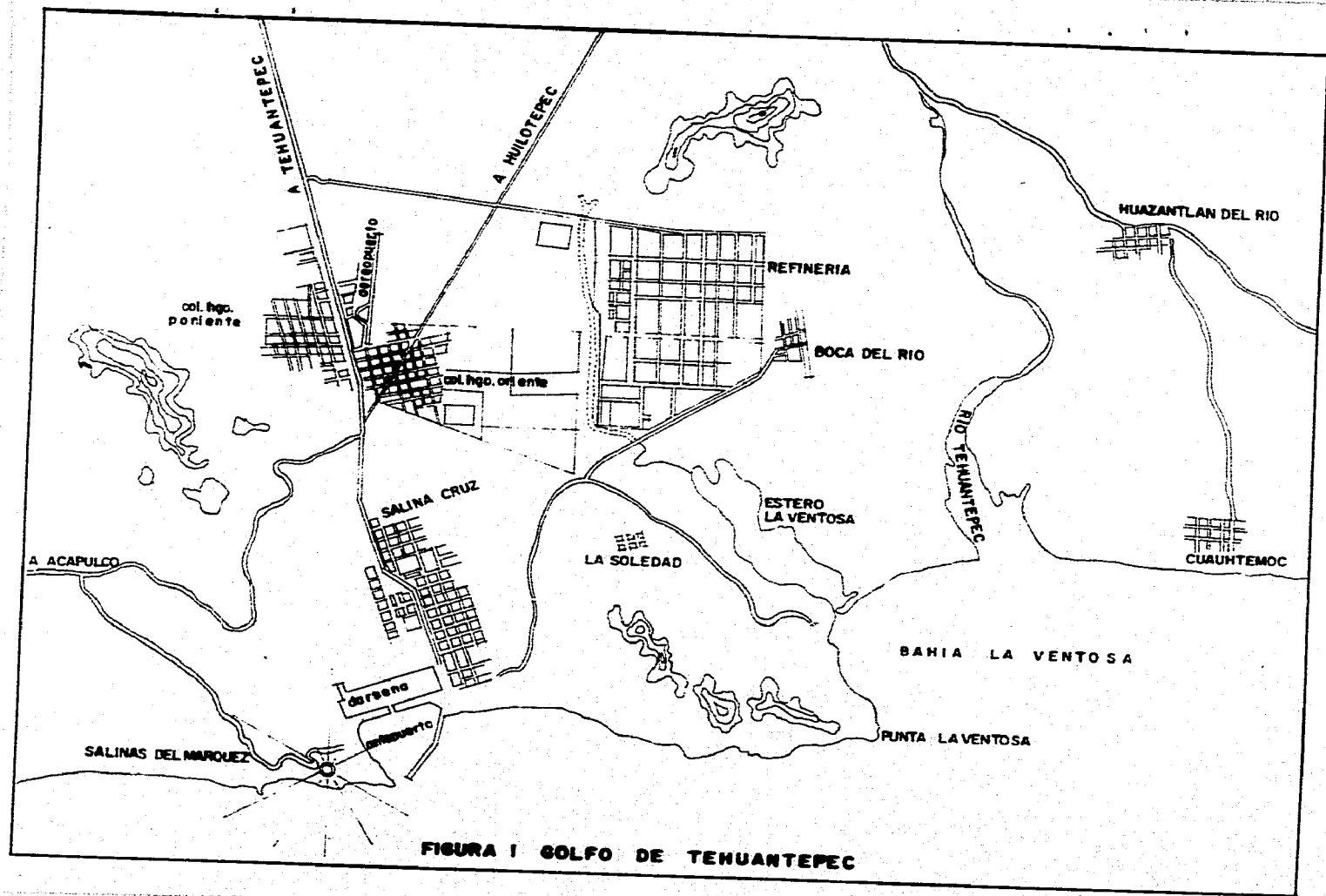
En su parte noroeste se localiza el estero "La Ventosa", en donde tradicionalmente se desarrollan actividades de pesquería artesanal siendo la principal la captura de camarón con atarraya. En temporada de lluvias la barra del estero se abre hacia la bahía.

La influencia del material transportado por el río Tehuantepec en esta bahía, se ve reducida por el hecho de que sus escurrimientos son controlados por la presa "Benito Juárez", pero cuando se presentan, la tendencia general del acarreo de sedimentos es hacia el este de la bahía, a partir de la desembocadura del río.

5.4 Corrientes.

Salina Cruz, situado en la parte occidental del Golfo, presenta corrientes frente a su costa con una dirección general hacia el este desde Junio hasta Febrero, alcanzando velocidades de 100 cm/seg, el resto del año, la dirección de las corrientes es variable (Alvarez, 1983).

En la propia bahía hay corrientes locales hacia el oeste, pero su intensidad es baja, en cuanto a su pendiente, es suave, alcanzando los 20 m de profundidad a 4 km de la costa. Para el caso particular del área de Salina Cruz incluida la bahía "La Ventosa", no hay estratificación vertical de la masa de agua, debido a la escasa profundidad, menor de 20 m (Alvarez, 1985).



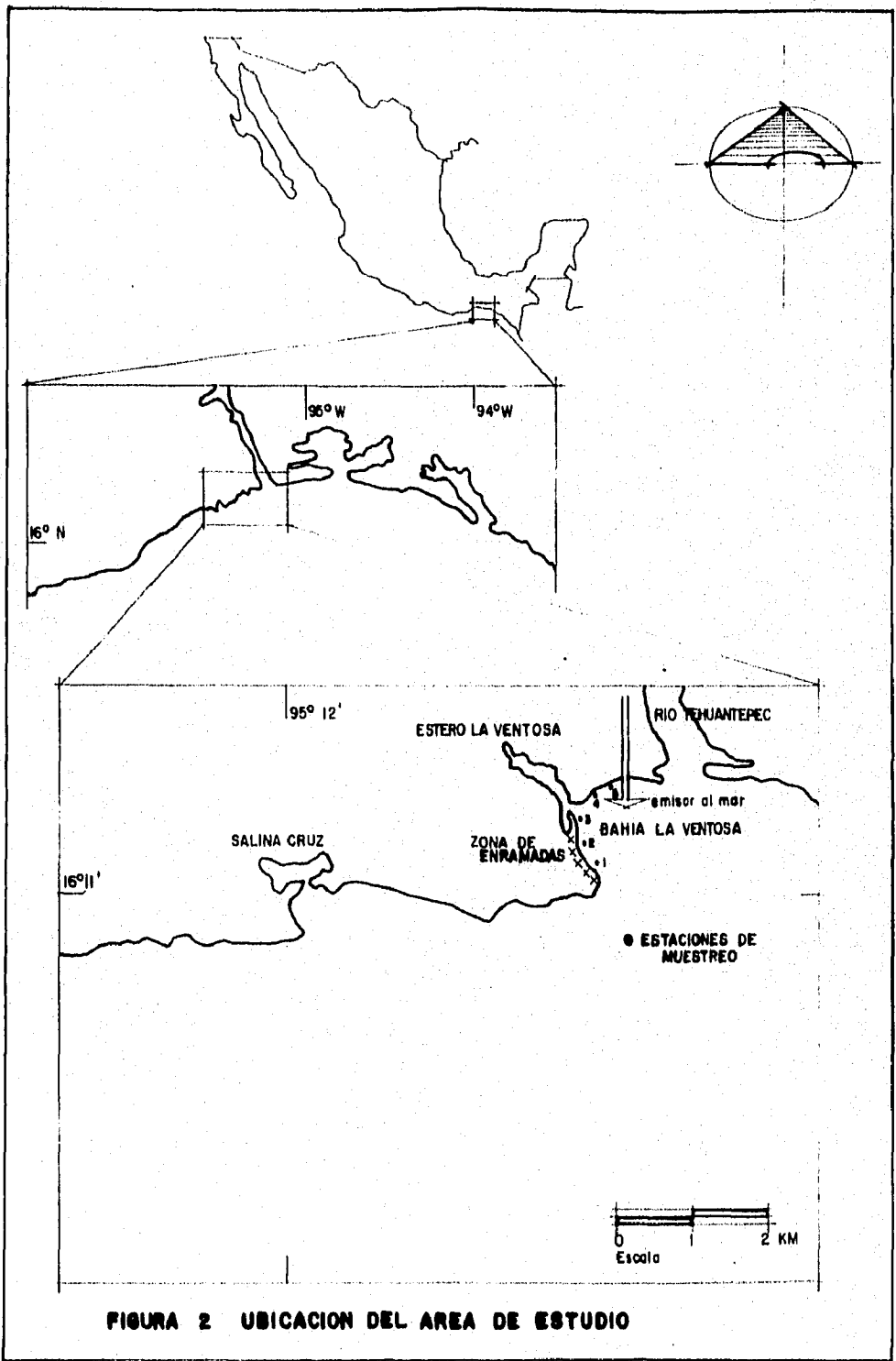


FIGURA 2 UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

6. MATERIAL Y METODOS.

6.1 Metodología de Campo.

6.1.1 Muestreo.

Se tomaron muestras mensuales a partir de Mayo de 1992 a Abril de 1993; fueron un total de cinco estaciones distribuidas cada 170 m. a lo largo de la zona de estudio y a 10 m. de la costa, cubriendo los principales puntos de recreo. (Figura 3); el horario de muestreo fue entre 8:00 y 10:00 A.M., el primer lunes de cada mes.

6.1.2 Análisis fisicoquímico.

Las técnicas utilizadas para los análisis fueron las establecidas por el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (Greenberg, 1985), determinándose los siguientes parámetros fisicoquímicos: temperatura del agua in situ, para lo cual se utilizó un termómetro marca Taylor; fijación del oxígeno disuelto in situ, donde las muestras para este análisis fueron colectadas en botellas Winkler para Demanda Bioquímica de Oxígeno de 300 ml de capacidad y pH in situ con un potenciómetro portátil marca Horibe. Las muestras para los parámetros salinidad y color fueron colectadas en botellas de plástico de boca ancha con capacidad de un litro a nivel de superficie y llevadas al laboratorio.

6.1.3 Análisis bacteriológico.

Las muestras se colectaron en frascos de vidrio de boca ancha con tapón esmerilado color ámbar de 125 ml. de capacidad, previamente esterilizados. Estas muestras se tomaron a una profundidad de 30 cm., con la boca del recipiente en sentido contrario al flujo de la corriente, ocupando un volumen de 2/3 partes de la botella, con la finalidad de dejar espacio con oxígeno para los microorganismos y poder homogeneizar la muestra. Los frascos se taparon antes de sacarlos del agua y se colocaron en una hielera para su transporte. (Greenberg, op. cit.).

6.1.4 Parámetros Meteorológicos y Mareas.

La precipitación pluvial se tomó de los registros del observatorio meteorológico de Selina Cruz perteneciente a la Comisión Nacional del Agua del Gobierno Federal del Edo. de Oaxaca. Los datos de este parámetro se tomaron el día del muestreo y tres días antes, tomando en cuenta la supervivencia de las bacterias que son arrastradas por las lluvias.

En cuanto a los registros de mareas, los datos se obtuvieron del calendario gráfico de predicción de mareas de 1992 y 1993 para el océano Pacífico editado por

el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.

6.2 Metodología de Laboratorio.

6.2.1 Análisis fisicoquímico.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio, donde se les determinó el color aparente y salinidad.

El análisis de salinidad se realizó con un refractómetro marca Reichert.

Para el oxígeno disuelto se utilizó el método de Winkler modificado de Alsterberg (Strickland and Parson, 1986), el cual abarca desde la fijación del oxígeno en el momento del muestreo hasta la determinación de éste por titulación en el laboratorio.

El color se determinó por el método visual, comparando el color de la muestra con soluciones patrón de platino cobalto (Co-Pt) de concentraciones conocidas.

6.2.2 Análisis bacteriológico.

El análisis bacteriológico utilizado para las muestras fue la técnica de tubos de fermentación múltiple o número más probable (NMP), con una serie de tres tubos con diluciones de 0.1, 1 y 10 ml. figura 4 (Greenberg, op.cit.).

A). Prueba presuntiva para coliformes fecales y totales.

Se inoculan una serie de tubos de fermentación con caldo lactosado con las diluciones correspondientes a una temperatura de $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ misma que se mantiene constante durante la prueba presuntiva.

Se examina cada tubo a las 24 ± 2 horas. Los tubos que presentan formación de gas se consideran positivos. Los tubos que no presentan formación de gas se incuban otras 24 ± 2 horas.

La formación de gas dentro de las 48 ± 3 horas, constituye una prueba presuntiva positiva y da un indicio de la presencia de coliformes.

B). Prueba confirmativa para coliformes totales.

Los tubos positivos de la prueba presuntiva se resiembran en el medio de cultivo caldo bilis verde brillante y se incuban a una temperatura de $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ manteniéndose constante durante toda la prueba confirmativa.

Se examinan todos los tubos a las 24 ± 2 horas. Los tubos que presentan formación de gas se consideran positivos.

Los tubos que no presentan formación de gas se incuban otras 24 ± 2 horas.

La formación de gas dentro de las 48 ± 3 horas, nos indica la presencia del grupo

coliforme.

C). Prueba confirmativa para coliformes fecales.

De los tubos positivos (formación de gas), en la prueba presuntiva para coliformes totales se toma una asada y se siembra en tubos de fermentación con medio EC. se incuban a $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$ en baño de agua por 24 ± 2 horas.

La formación de gas constituye una prueba confirmativa de la presencia de coliformes fecales.

Los resultados obtenidos en las pruebas confirmativas se leen en la tabla 11 del NMP/100 ml. (Ver apéndice) y si la combinación de las diluciones empleadas no aparece en la tabla se usa la fórmula de Thomas (IMP, 1991; Greenberg, 1985).

$$\text{NMP/100 ml.} = \frac{\text{tubos positivos} \times 100}{\frac{\text{ml. de muestra en tubos negativos}}{\text{ml. de muestra en todos los tubos}} \times \text{X}}$$

6.3 ANALISIS ESTADISTICO.

Para el tratamiento estadístico de los resultados se utilizó el coeficiente de correlación. Ya que uno de los objetivos del presente trabajo fue estimar la correlación de coliformes totales y fecales con los parámetros fisicoquímicos del agua, precipitación pluvial y mareas y, dado que no se tiene control sobre una u otra variable puesto que los valores de las coliformes y los parámetros fisicoquímicos encontrados en cada muestra son "Las que la naturaleza provee" se deduce que coliformes y fisicoquímicos son variables aleatorias y el coeficiente de correlación es, por lo tanto, el procedimiento estadístico adecuado (Marques, 1988).

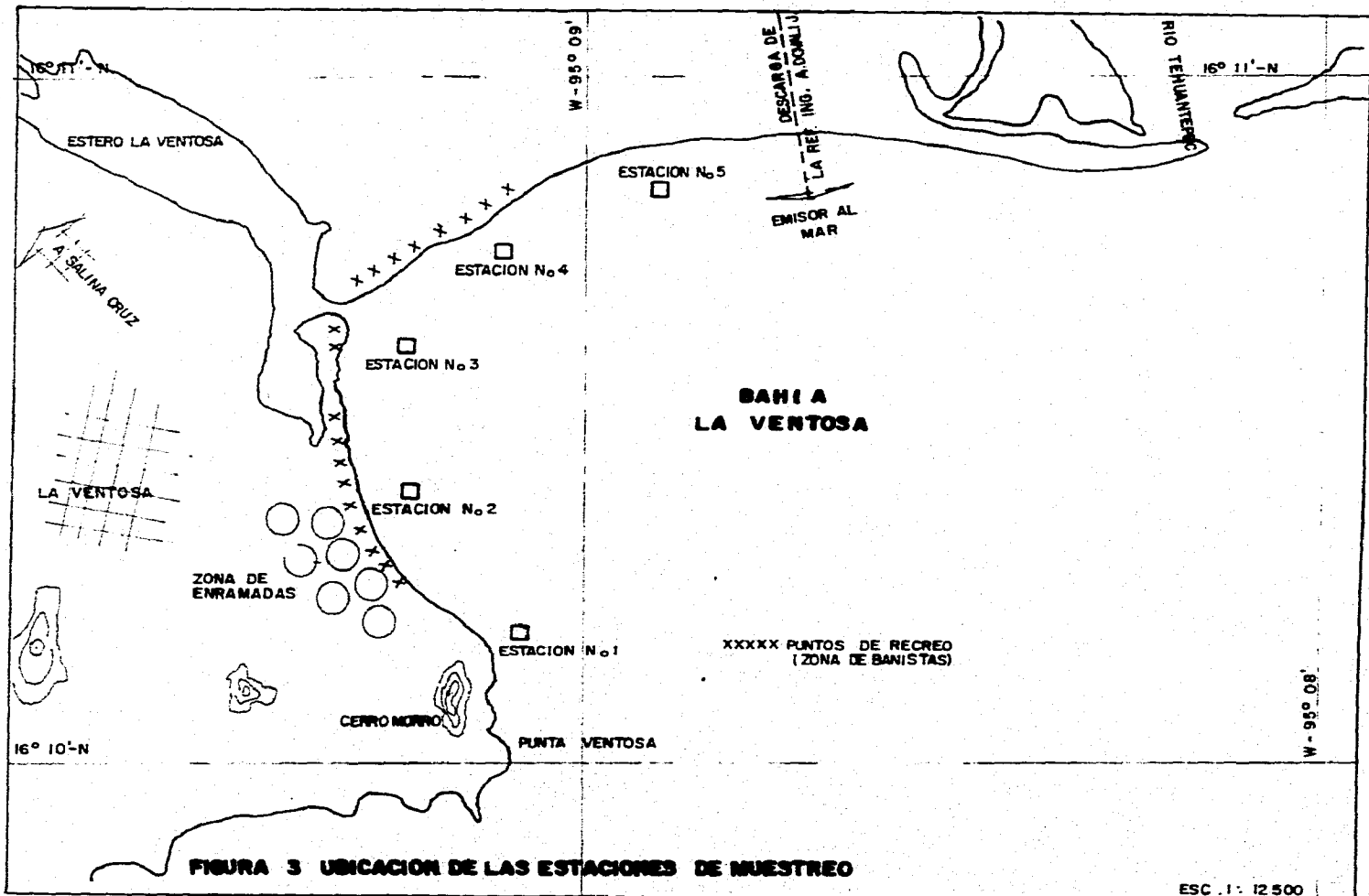
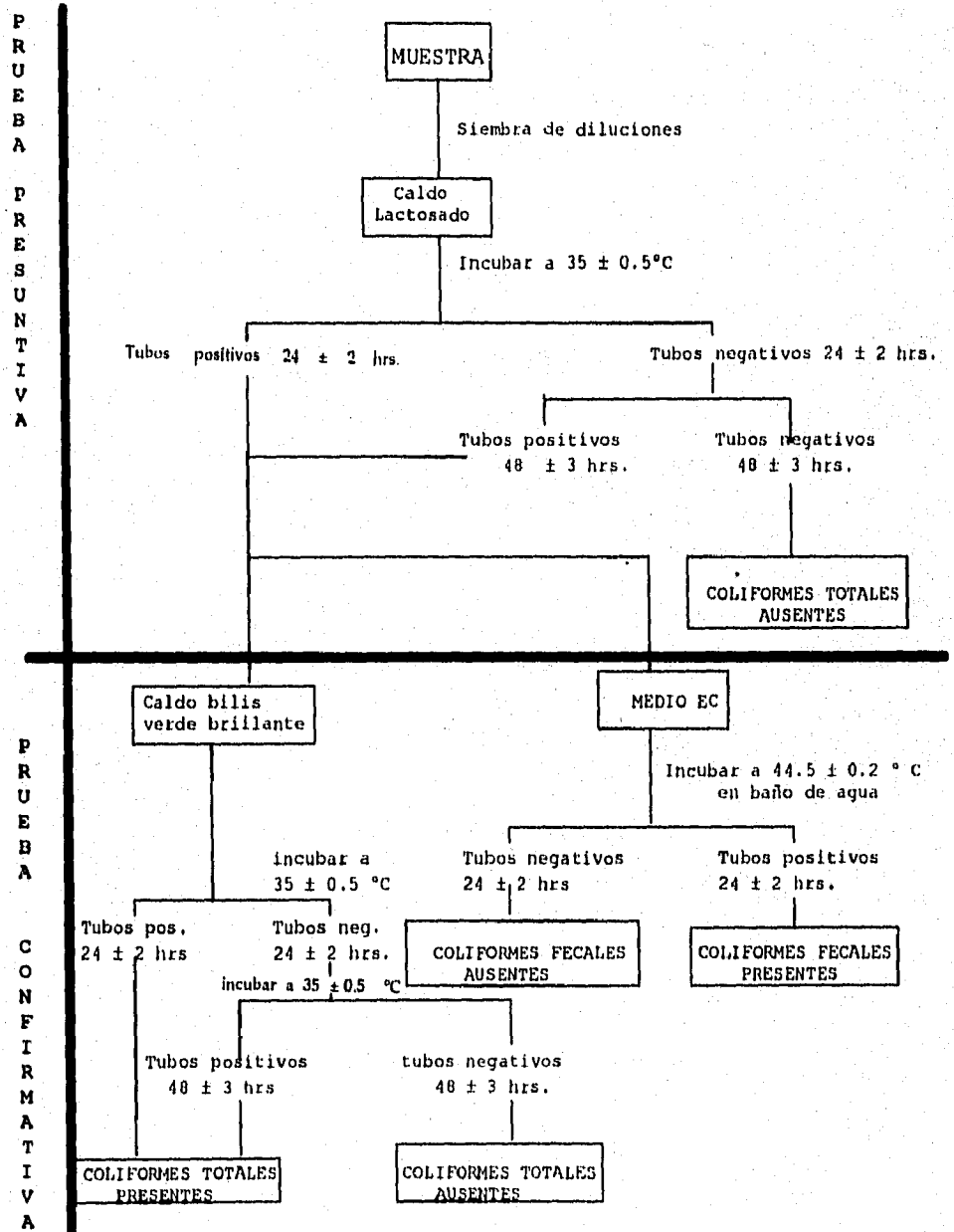


Figura 4. ESQUEMA DEL MÉTODO DE N.M.P. PARA DETECTAR COLIFORMES TOTALES Y FECALES.



FUENTE: SARH. 1984; Manual de Microbiología del Agua.

7. RESULTADOS.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos correspondientes a los cinco puntos de muestreo analizados durante el período de Mayo de 1992 a Abril de 1993; se muestran a continuación.

7.1 Datos fisicoquímicos.

7.1.1 Temperatura.

La temperatura máxima del agua durante el período de muestreo fue de 31.5 °C en el mes de Agosto y un valor mínimo de 24.6 °C para el mes de Enero, teniendo una temperatura promedio de 28.5 °C (Tabla 1, Gráfica 1).

TABLA 1 REGISTRO MENSUAL DE TEMPERATURA DEL AGUA (°C)

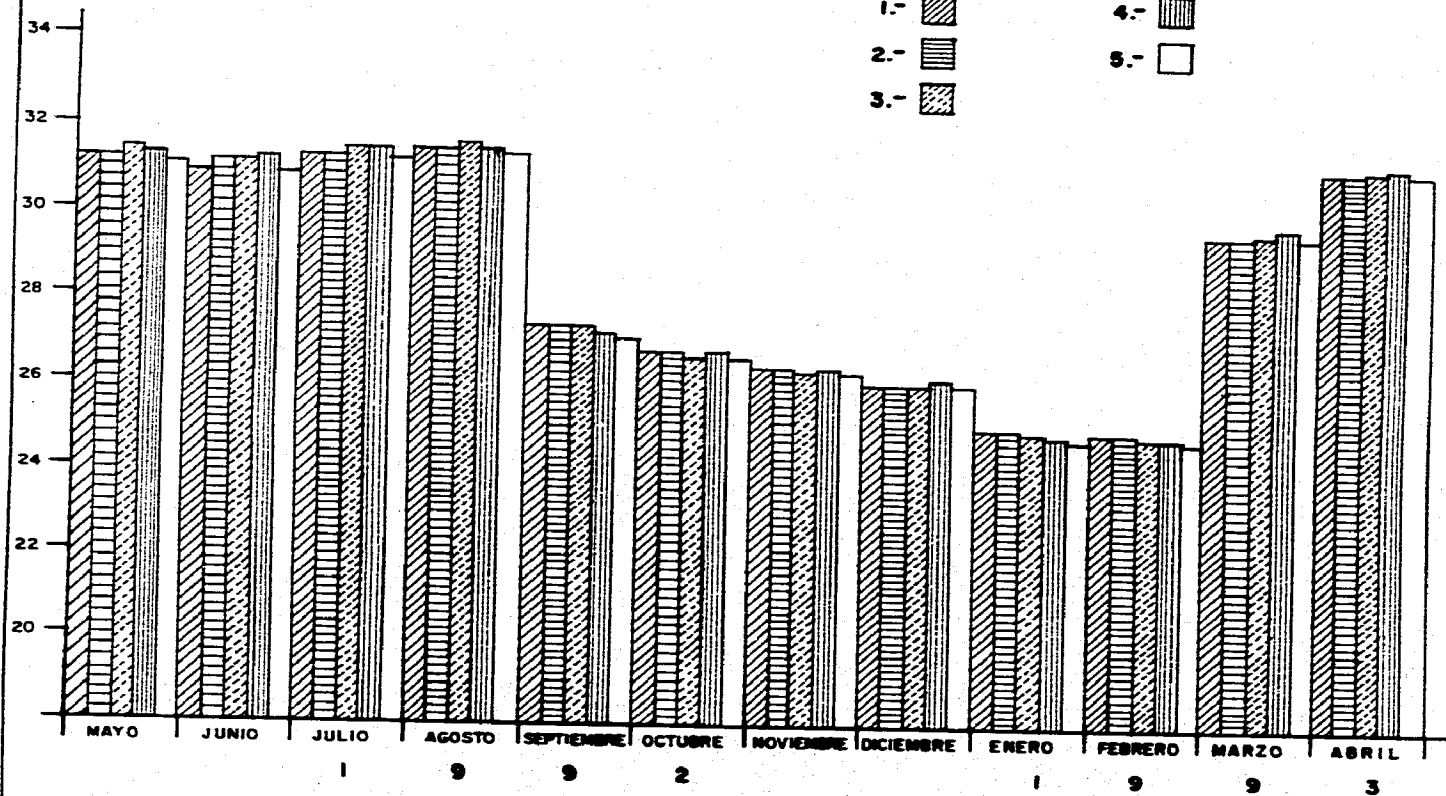
MES	EST.1	EST.2	EST.3	EST.4	EST.5
Mayo /92	31.2	31.2	31.3	31.2	31.1
Junio "	30.8	30.9	30.9	31.0	30.8
Julio "	31.2	31.2	31.3	31.3	31.2
Agosto "	31.4	31.4	31.5	31.4	31.3
Sep. "	27.8	27.8	27.8	27.6	27.4
Oct. "	26.8	26.8	27.0	26.9	26.7
Nov. "	26.4	26.4	26.3	26.4	26.3
Dic. "	26.0	26.0	26.0	26.1	25.9
Enero /93	25.1	25.1	25.0	24.8	24.6
Feb. "	25.0	25.0	24.9	24.9	24.8
Marzo "	29.8	29.8	29.9	30.0	29.8
Abril "	30.8	30.8	30.9	31.0	30.8

NOTA: Las estaciones corresponden a las figuras 2 y 3.

TEMPERATURA DEL
AGUA °C

ESTACION DE MUESTREO

- | | | | |
|-----|--|-----|--|
| 1.- | | 4.- | |
| 2.- | | 5.- | |
| 3.- | | | |



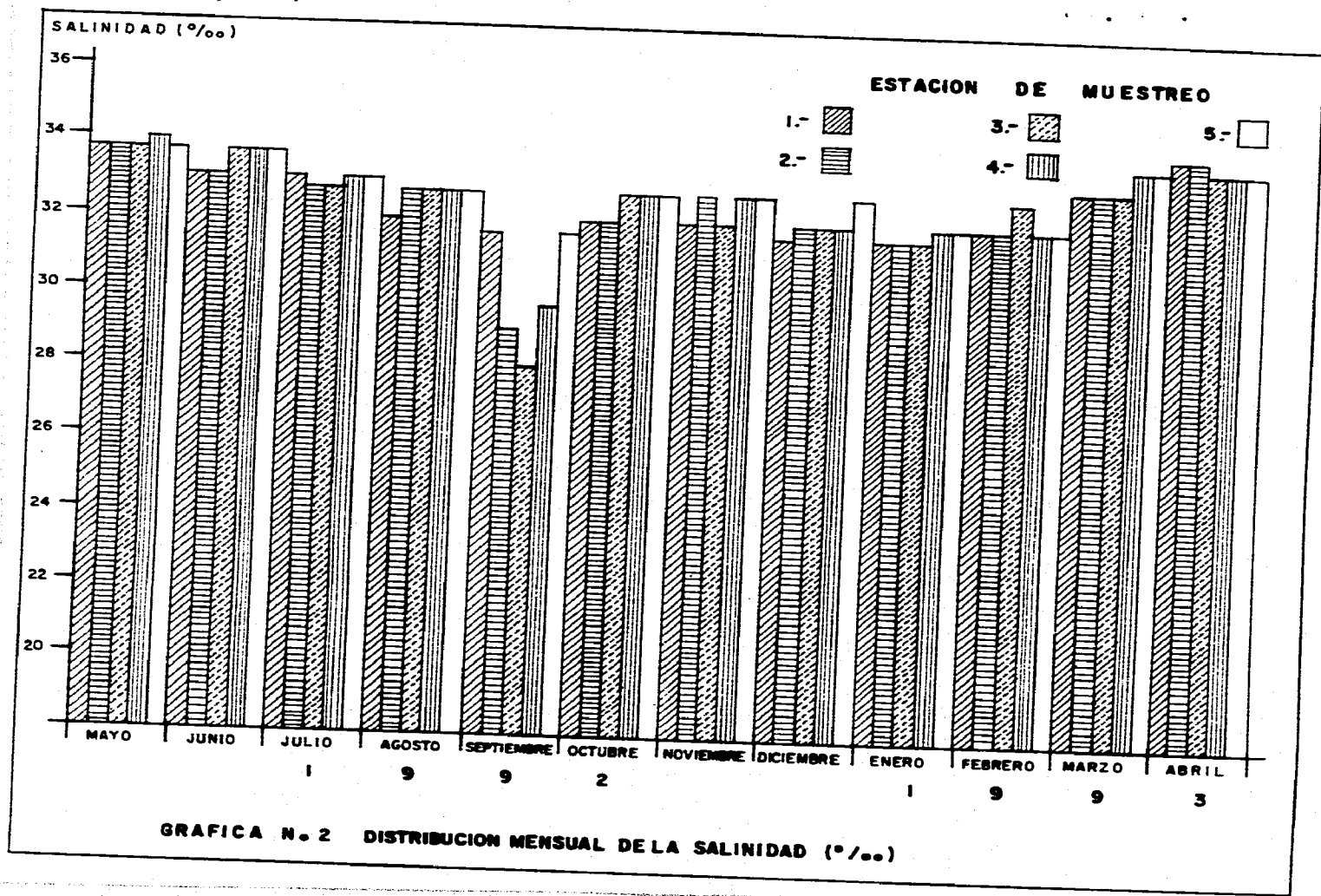
GRAFICA N.º 1 DISTRIBUCION MENSUAL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA (°C)

7.1.2 Salinidad.

Los valores de la salinidad obtenidos durante el muestreo fluctuaron de 34.0‰ (g. de sólido/Kg. de agua) como máximo valor para los meses de Abril y Mayo y de 28.0‰ como mínimo en el mes de Septiembre; con un promedio de 32.0‰. (Tabla 2, Gráfica 2).

Tabla 2 REGISTRO MENSUAL DE SALINIDAD (‰).

MES	EST. 1	EST. 2	EST. 3	EST. 4	EST. 5
Mayo /92	33.5	33.5	33.5	34.0	33.5
Junio "	33.0	33.0	33.5	33.5	33.5
Julio "	33.0	32.5	32.5	33.0	33.0
Agosto "	32.0	32.5	32.5	32.5	32.5
Sep. "	31.5	29.0	28.0	29.5	31.5
Oct. "	32.0	32.0	32.5	32.5	32.5
Nov. "	32.0	32.5	32.0	32.5	32.5
Dic. "	31.5	32.0	32.0	32.0	32.5
Enero /93	31.5	31.5	31.5	32.0	32.0
Feb. "	32.0	32.0	32.5	32.0	32.0
Marzo "	33.0	33.0	33.0	33.5	33.5
Abril "	34.0	34.0	33.5	33.5	33.5



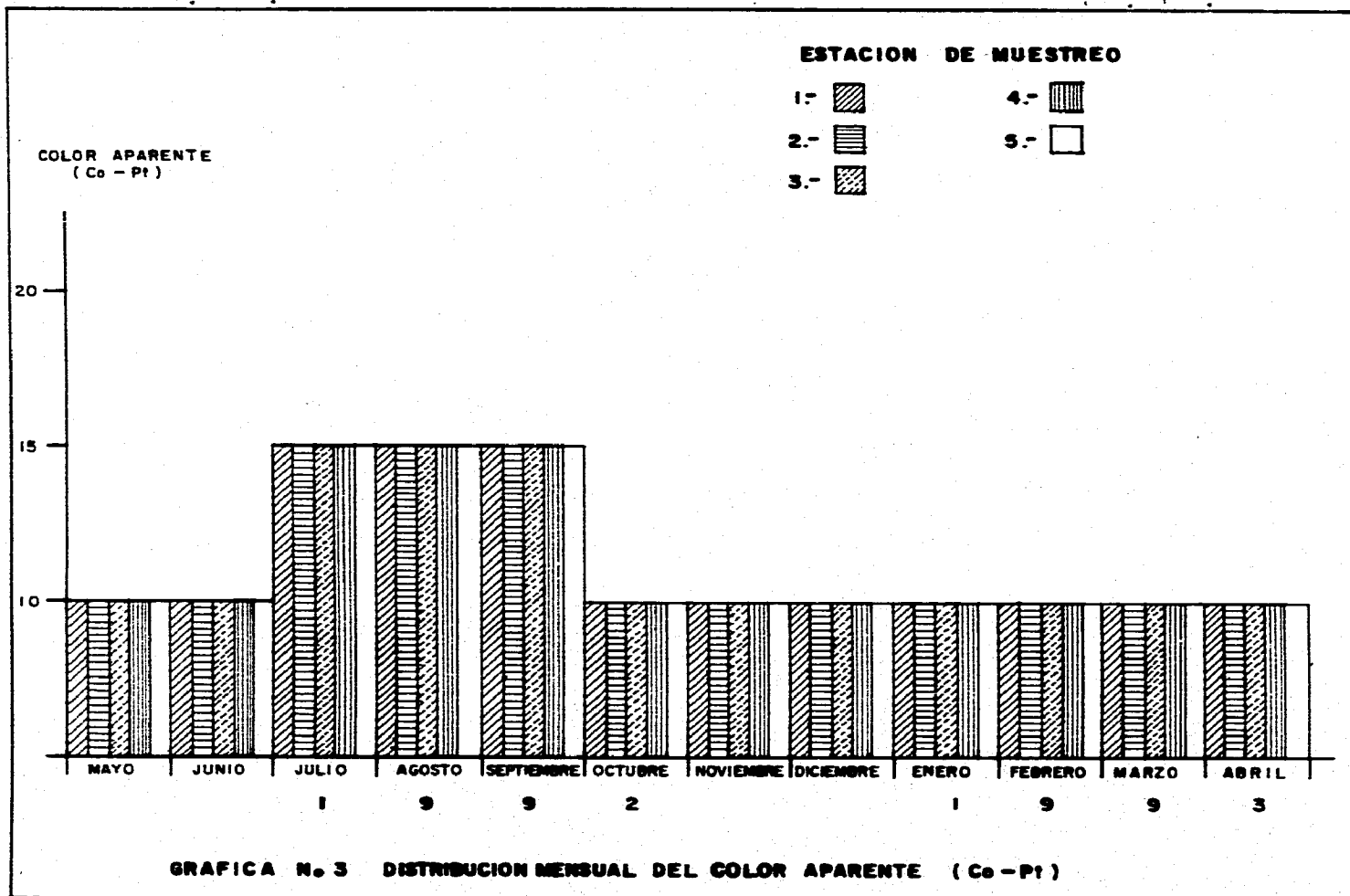
GRAFICA N. 2 DISTRIBUCION MENSUAL DE LA SALINIDAD (‰)

7.1.3 Color.

No hubo diferencia notable en cuanto al color aparente del agua, encontrándose un valor máximo de 15 unidades de Co-Pt en los meses de Julio, Agosto y Septiembre y un mínimo de 10 unidades de Co-Pt durante todo el periodo de muestreo. (Tabla 3, Gráfica 3).

Tabla 3 REGISTRO MENSUAL DE COLOR (Unidades de Co-Pt).

MES	EST. 1	EST. 2	EST. 3	EST. 4	EST. 5
Mayo /92	10	10	10	10	10
Junio "	10	10	10	10	10
Julio "	15	15	15	15	15
Agosto "	15	15	15	15	15
Sep. "	15	15	15	15	15
Oct. "	10	10	10	10	10
Nov. "	10	10	10	10	10
Dic. "	10	10	10	10	10
Enero /93	10	10	10	10	10
Feb. "	10	10	10	10	10
Merzo "	10	10	10	10	10
Abril "	10	10	10	10	10

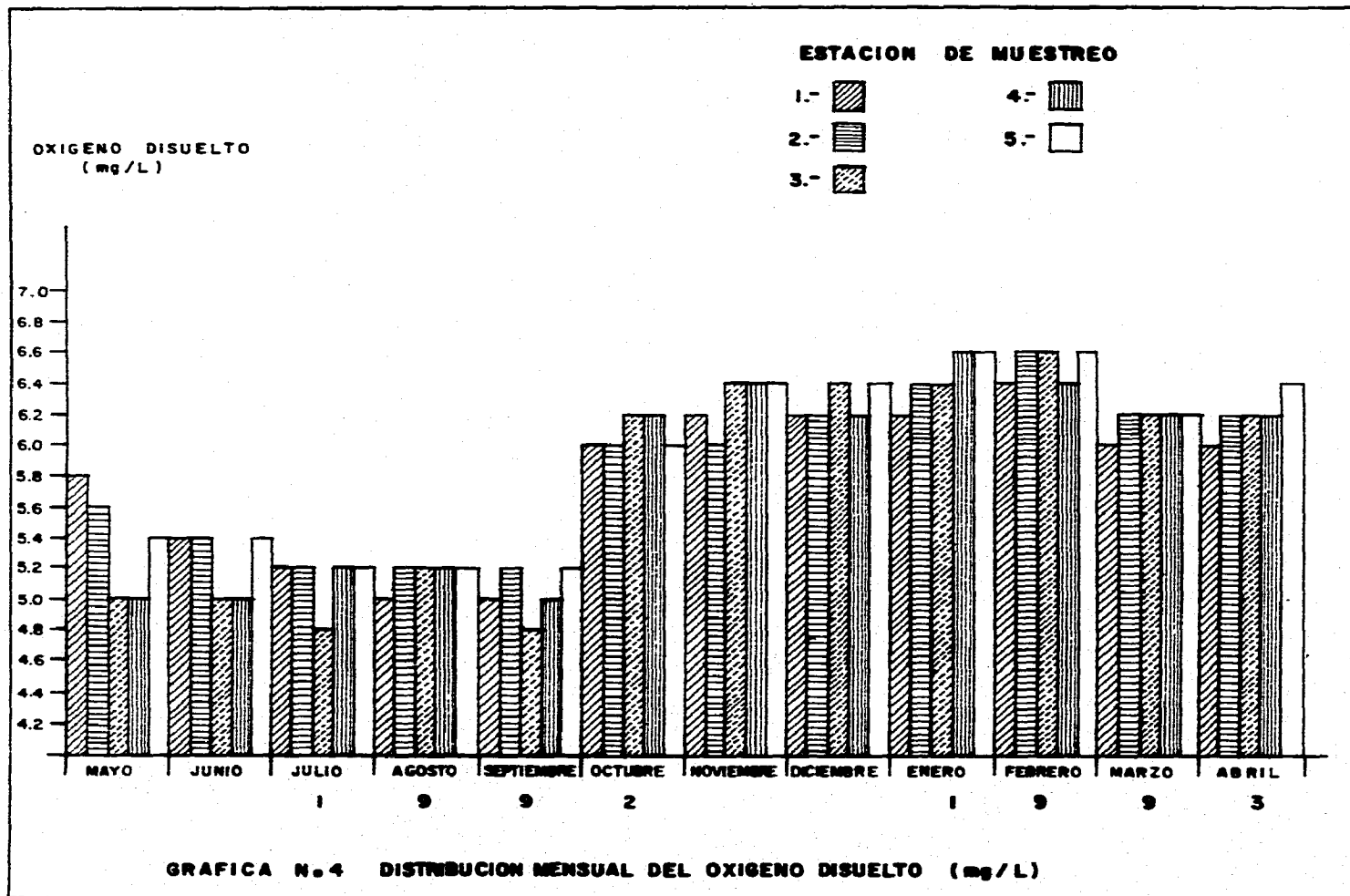


7.1.4 Oxígeno Disuelto.

El registro más alto se obtuvo en los meses de Enero y Febrero, siendo éste de 6.6 mg/L y como mínimo de 4.8 mg/L para los meses de Julio y Septiembre. El promedio para este parámetro fue de 5.8 mg/L (Tabla 4, Gráfica 4).

Tabla 4 REGISTRO MENSUAL DE OXIGENO DISUELTO (mg/L).

MES		EST.1	EST.2	EST.3	EST.4	EST.5
Mayo	/92	5.8	5.6	5.0	5.0	5.4
Junio	"	5.4	5.4	5.0	5.0	5.4
Julio	"	5.2	5.2	4.8	5.2	5.2
Agosto	"	5.0	5.2	5.2	5.2	5.2
Sep.	"	5.0	5.2	4.8	5.0	5.2
Oct.	"	6.0	6.0	6.2	6.2	6.0
Nov.	"	6.2	6.0	6.4	6.4	6.4
Dic.	"	6.2	6.2	6.4	6.2	6.4
Enero	/93	6.2	6.4	6.4	6.6	6.6
Feb.	"	6.4	6.6	6.6	6.4	6.6
Marzo	"	6.0	6.2	6.2	6.2	6.2
Abril	"	6.0	6.2	6.2	6.2	6.4

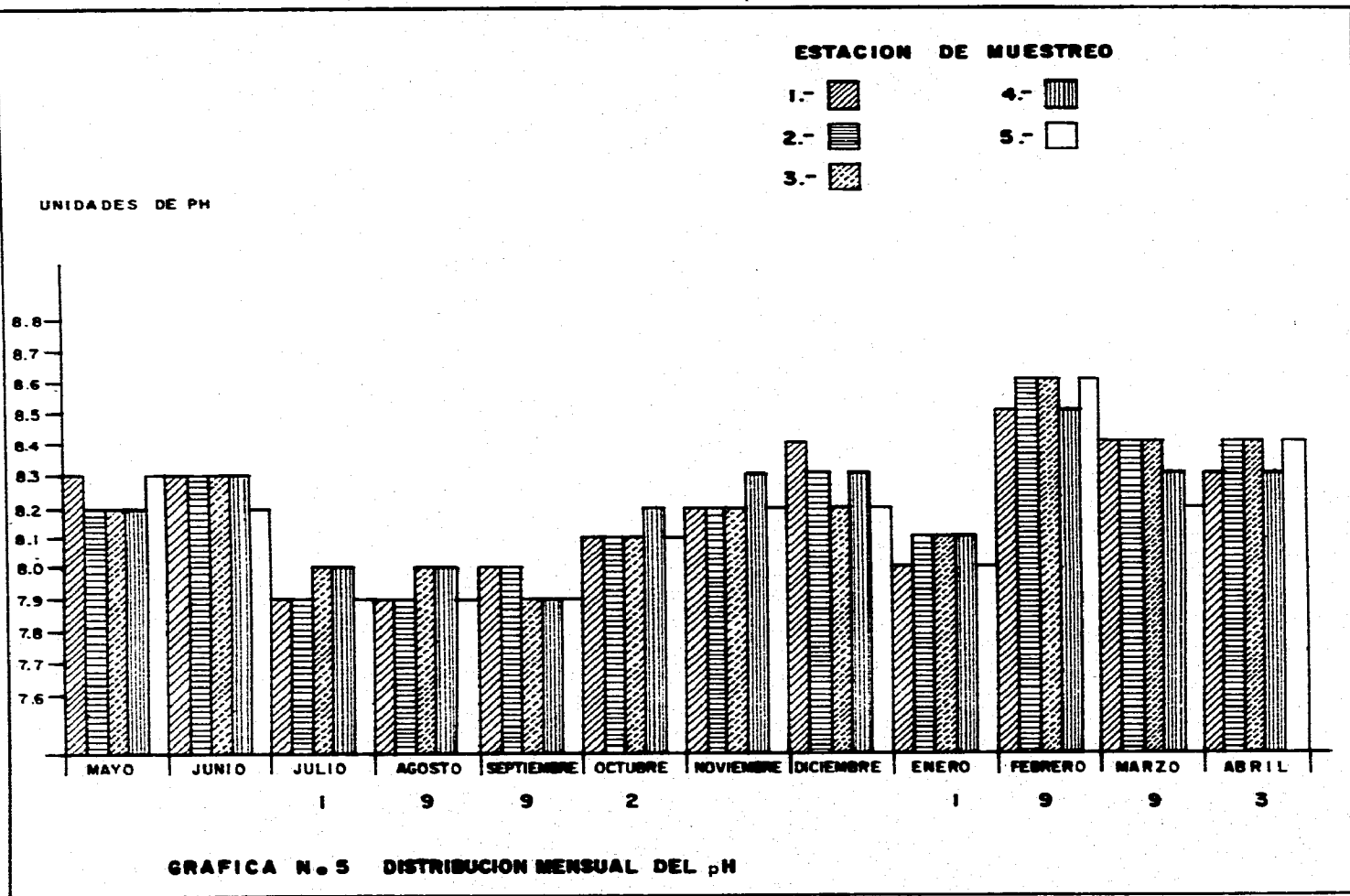


7.1.5 pH.

El intervalo observado en este parámetro fue de 7.9 a 8.6, dándose el valor más alto en el mes de Febrero y el más bajo durante los meses de Julio y Agosto; se detectaron en todos los registros una tendencia alcalina siendo el promedio de 8.2 (Tabla 5, Gráfica 5).

Tabla 5 REGISTRO MENSUAL DE pH.

MES	EST.1	EST.2	EST.3	EST.4	EST.5
Mayo /92	8.3	8.2	8.2	8.2	8.3
Junio "	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2
Julio "	7.9	7.9	8.0	8.0	7.9
Agosto "	7.9	7.9	8.0	8.0	7.9
Sep. "	8.0	8.0	7.9	7.9	7.9
Oct. "	8.1	8.1	8.1	8.2	8.1
Nov. "	8.2	8.2	8.2	8.3	8.2
Dic. "	8.4	8.3	8.2	8.3	8.2
Enero /93	8.0	8.1	8.1	8.1	8.0
Feb. "	8.5	8.6	8.6	8.5	8.6
Marzo "	8.4	8.4	8.4	8.3	8.2
Abril "	8.3	8.4	8.4	8.3	8.4



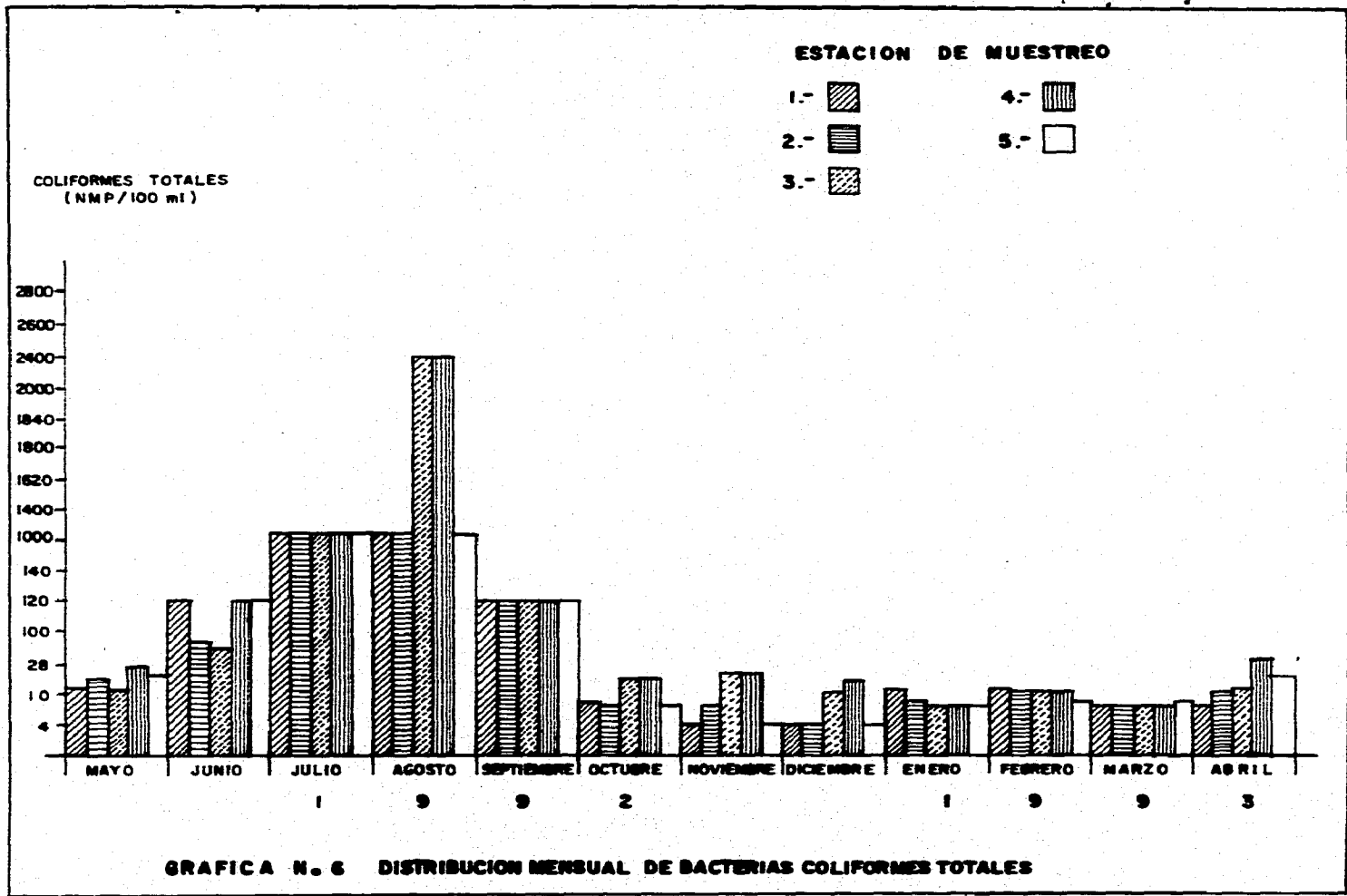
7.2 Datos Bacteriológicos.

7.2.1 Coliformes totales.

Las coliformes totales (CT) presentaron su nivel máximo durante los meses de Julio y Agosto siendo más marcado en este último mes con valores hasta de 2400 NMP/100 ml; el valor mínimo fue de 4 NMP/100 ml. en los meses de Noviembre y Diciembre. Se obtuvo un promedio de 252 NMP/100 ml. (Tabla 6, Gráfica 6).

Tabla 6 REGISTRO MENSUAL DE COLIFORMES TOTALES (NMP/100ml).

MES		EST. 1	EST. 2	EST. 3	EST. 4	EST. 5
Mayo	/92	12	14	11	19	16
Junio	"	120	75	64	120	120
Julio	"	1100	1100	1100	1100	1100
Agosto	"	1100	1100	2400	2400	1100
Sep.	"	120	120	120	120	120
Oct.	"	7	6	14	14	6
Nov.	"	4	6	16	16	4
Dic.	"	4	4	16	14	4
Enero	/93	12	7	6	6	6
Feb.	"	12	11	11	11	7
Marzo	"	6	6	6	6	7
Abril	"	6	11	12	29	20

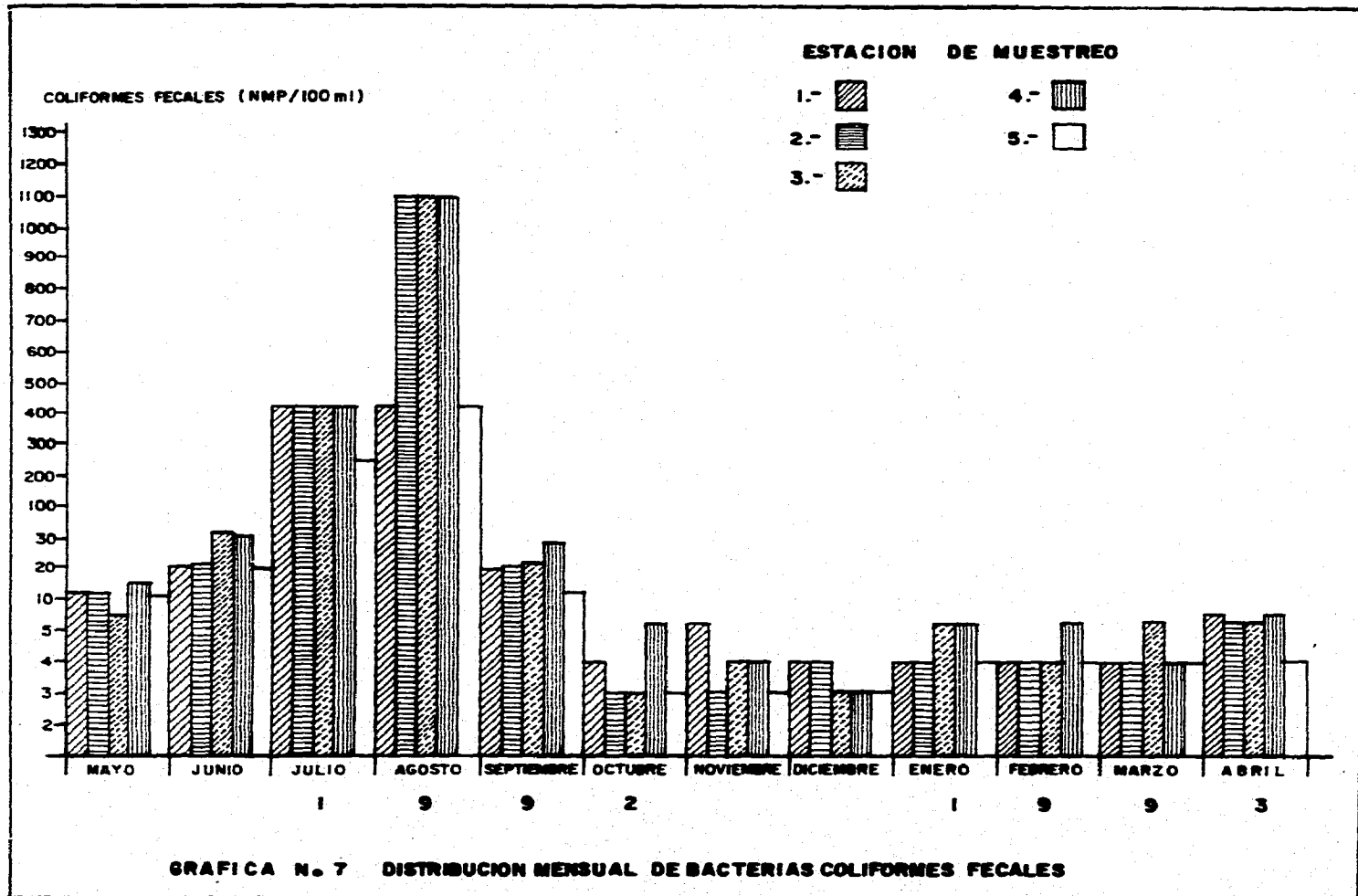


7.2.2 Coliformes fecales.

Los registros más altos de coliformes fecales se dieron en el mes de Agosto dando como valor máximo 1100 NMP/100 ml; en los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre se observaron los resultados más bajos siendo éstos de 3 NMP/100 ml, seguido de los meses de Enero, Febrero y Marzo donde se encontraron valores de 4 NMP/100 ml, el promedio fue de 112 NMP/100 ml. (Tabla 7, Gráfica 7).

Tabla 7 REGISTRO MENSUAL DE COLIFORMES FECALES (NMP/100ml).

MES		EST. 1	EST. 2	EST. 3	EST. 4	EST. 5
Mayo	/92	12	12	7	14	11
Junio	"	20	21	36	35	19
Julio	"	460	460	460	460	240
Agosto	"	460	1100	1100	1100	460
Sep.	"	19	20	21	28	12
Oct.	"	4	3	3	6	3
Nov.	"	6	3	4	4	3
Dic.	"	4	4	3	3	3
Enero	/93	4	4	6	6	4
Feb.	"	4	4	4	6	4
Marzo	"	4	4	6	4	4
Abril	"	7	6	6	7	4



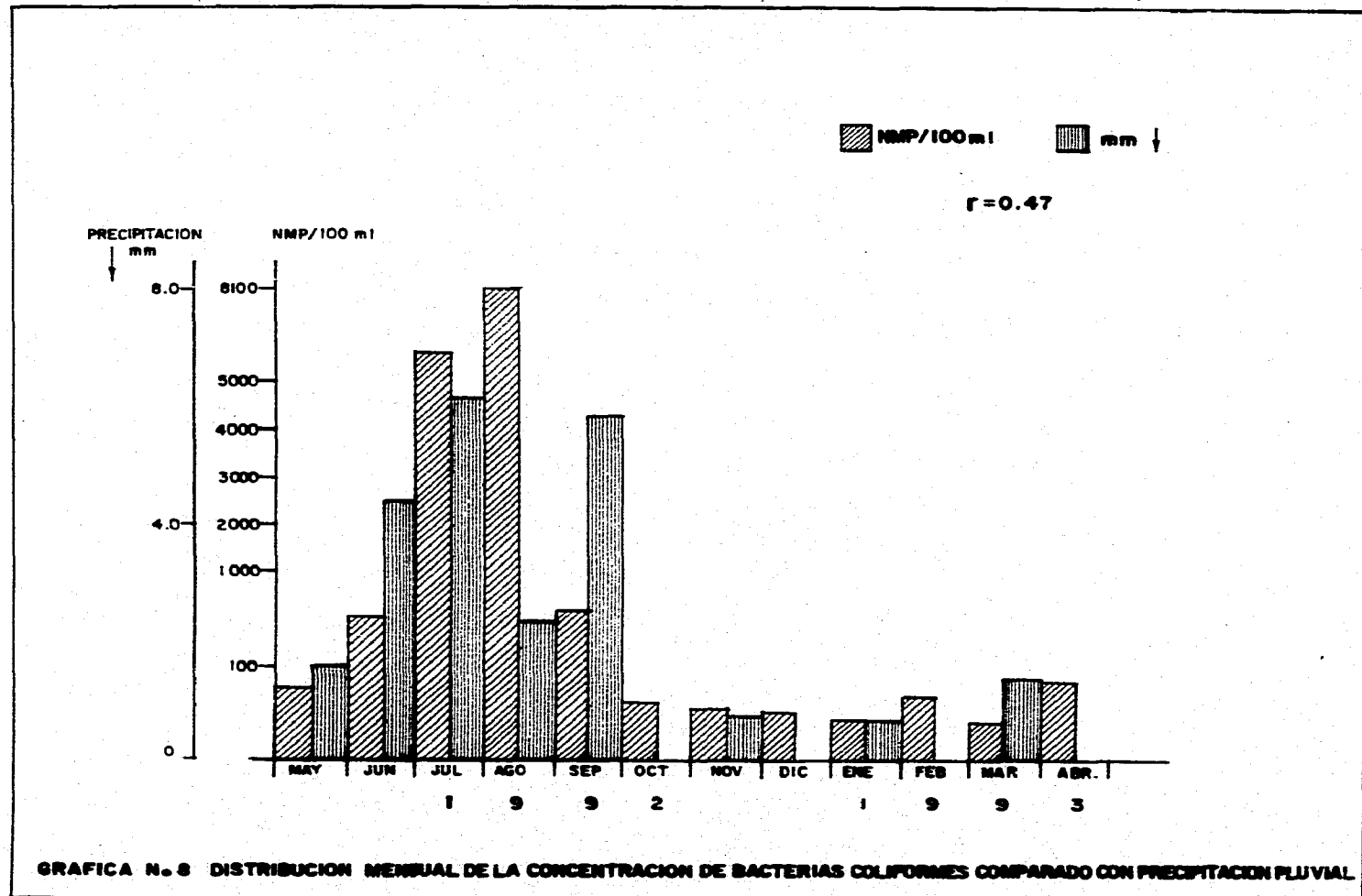
7.3 Parámetros Meteorológicos y de Mareas.

7.3.1 Precipitación pluvial.

Fue durante el muestreo correspondiente el mes de Julio donde se registró el mayor volumen de lluvia con 7.1 mm, seguido de Septiembre con 5.9 mm. Durante los meses de Octubre, Diciembre y Febrero no hubo precipitación pluvial y en Abril ésta fue inapreciable. (Tabla 8).

Tabla 8 REGISTROS DE LA PRECIPITACION PLUVIAL

MES		PRECIPITACION PLUVIAL (mm)
Mayo	/92	1.5
Junio	"	4.5
Julio	"	7.1
Agosto	"	2.4
Septiembre	"	5.9
Octubre	"	0.0
Noviembre	"	0.8
Diciembre	"	0.0
Enero	/93	0.7
Febrero	"	0.0
Merzo	"	1.4
Abril	"	Inapreciable



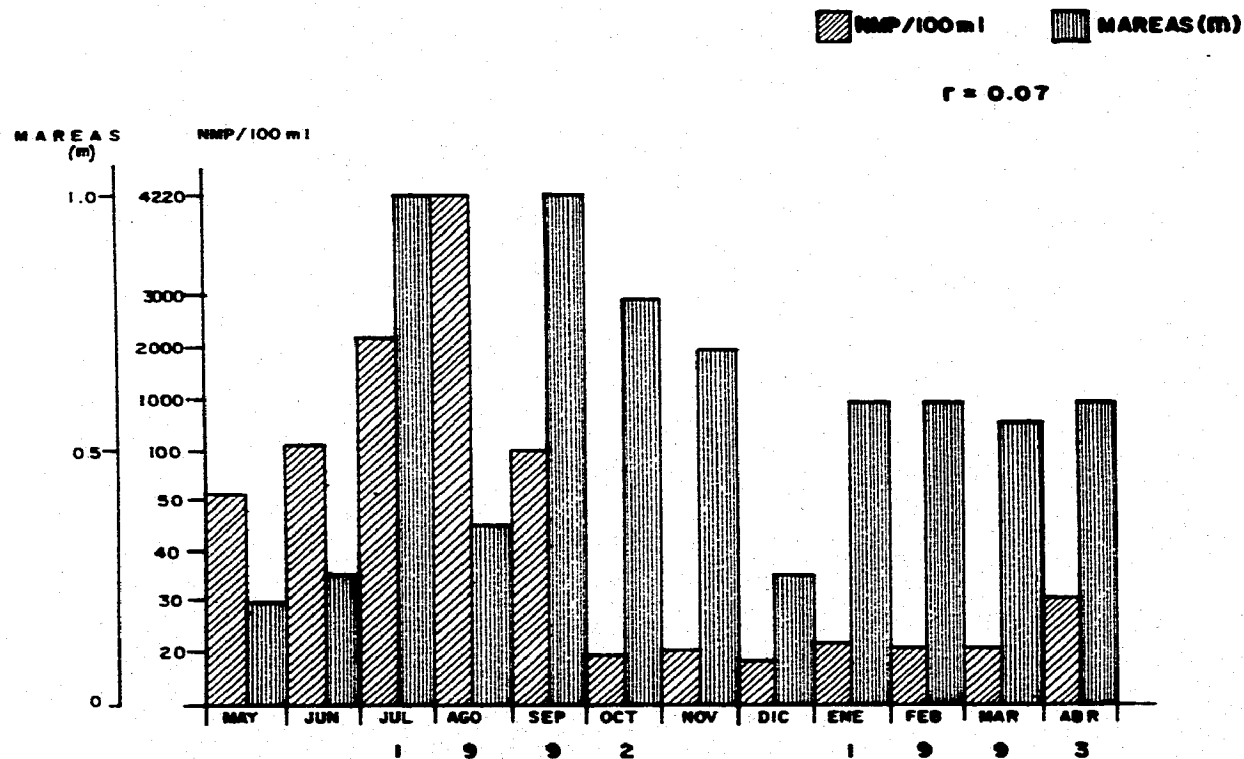
GRAFICA N.º 8 DISTRIBUCION MENSUAL DE LA CONCENTRACION DE BACTERIAS COLIFORMES COMPARADO CON PRECIPITACION PLUVIAL

7.3.2 Mareas.

Los registros de mareas se tomaron los días del muestreo a las 10:00 A.M., de acuerdo al calendario gráfico de predicción de mareas de la UNAM. Los meses de Julio y Septiembre alcanzaron el nivel más alto con 1.0 m. y el mes de Mayo presentó el registro más bajo siendo éste de 0.20 m (Tabla 9).

Tabla 9 REGISTROS DE MAREAS

MES	MAREAS	(m)
Mayo	/92	0.20
Junio	"	0.25
Julio	"	1.00
Agosto	"	0.35
Septiembre	"	1.00
Octubre	"	0.80
Noviembre	"	0.70
Diciembre	"	0.25
Enero	/93	0.60
Febrero	"	0.60
Marzo	"	0.55
Abril	"	0.60



GRAFICA N.º 9 DISTRIBUCION MENSUAL DELA CONCENTRACION DE BACTERIAS COLIFORMES COMPARADO CON EL NIVEL DE MAREAS

7.4 Análisis Estadístico.

7.4.1 Correlación.

En la Tabla 10, se muestran los coeficientes de correlación de los parámetros que fueron registrados mensualmente, estos son: temperatura, salinidad, color, oxígeno disuelto y potencial de hidrógeno. Todos ellos fueron correlacionados con el número de bacterias coliformes totales y fecales.

Tabla 10 CORRELACION MENSUAL DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS CON EL NUMERO TOTAL DE BACTERIAS COLIFORMES

MES	°C.	So/oo	Color	O.D.(mg/L)	pH	
Mayo	/92	-0.55	0.80	0.0	-0.33	-0.11
Junio	"	-0.21	0.07	0.0	0.25	-0.40
Julio	"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agosto	"	0.64	0.41	0.0	0.41	1.0
Sep.	"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Oct.	"	0.89	0.08	0.0	0.99	0.61
Nov.	"	-0.12	-0.11	0.0	0.52	0.61
Dic.	"	0.58	0.0	0.0	0.24	-0.37
Enero	/93	0.55	-0.49	0.0	-0.84	-0.56
Feb.	"	0.85	0.17	0.0	-0.51	-0.51
Marzo	"	-0.37	0.61	0.0	0.25	-0.87
Abril	"	0.72	-0.71	0.0	0.55	-0.19

RANGO DE SIGNIFICANCIA

Si $r_{xy} < 0.30$ Correlación insignificante.

0.30 > $r_{xy} < 0.70$ Correlación moderada.

0.70 > $r_{xy} < 0.90$ Correlación estrecha.

0.90 > $r_{xy} < 1.0$ Correlación muy estrecha.

(Orta, R.Y. 1989).

8. DISCUSION.

Las coliformes totales, durante todos los muestreos, mostraron valores de NMP significativamente más altos que las coliformes fecales.

La tabla 1 muestra los registros de temperatura en la que se observa poca variación entre cada una de las estaciones a lo largo de toda la temporada de estudio; durante los meses de Septiembre a Febrero se denota un descenso en la temperatura ocasionado por la presencia de los "nortes" característicos de la región. De Marzo a Agosto la temperatura fluctúa entre los 30 y 31.5 °C siendo ésta homogénea para las cinco estaciones de muestreo desde el punto de vista de este parámetro.

En la tabla 2 se observa que los valores obtenidos del parámetro salinidad son en general valores altos con fluctuaciones mínimas durante la temporada de estudio. Se podría esperar un descenso marcado en la salinidad durante la temporada de lluvias por dilución debido al aporte del río Tehuantepec aunque también esto coincide con la ruptura de la barra que divide el estero "La Ventosa" con la bahía del mismo nombre, la cual contiene aguas salobres como lo demuestre algunas lecturas de salinidad tomadas en seis puntos diferentes de su porción sur (32-34‰). En el supuesto caso que el volumen aportado por el estero "La Ventosa" se diluyera con el aportado por el río Tehuantepec, esto no afecta notablemente los resultados del parámetro salinidad en las estaciones de muestreo ya que de acuerdo a lo reportado por Alvarez (1983), la tendencia general del desplazamiento del agua y acarreo de sedimentos es hacia el este de la bahía, a partir de la desembocadura del río y los puntos de muestreo se ubican al oeste tomando la misma referencia.

El parámetro color aparente fue el más constante ya que se mantuvo con lecturas de 10 unidades de Co-Pt durante la temporada de estudio a excepción de los meses de Julio, Agosto y Septiembre, donde se obtuvieron registros de 15 u. de Co-Pt para cada una de las cinco estaciones (tabla 3); estos resultados coinciden con los meses de mayor precipitación pluvial como se observa en la tabla 8, si bien es cierto que para el mes de Agosto el registro de lluvias es de 2.4 mm, se debe considerar que este mes éstas son continuas en la Sierra Madre de Oaxaca y Sierra Madre del Sur (Secretaría de Marina, 1974), aportando importantes volúmenes de agua al río Tehuantepec contribuyendo al acarreo de sedimentos (aunque este sea hacia el este de la bahía) manifestándose en la pérdida de su transparencia en las aguas de la bahía.

Los registros del oxígeno disuelto observados en la tabla 4 presentan un mínimo de 4.8 mg/L y un máximo de 6.6 mg/L, dichos resultados caen dentro del ámbito de normalidad (3-10 mg/L), para aguas costeras de acuerdo a lo citado por Riley (1989) así como a lo establecido por la S. A. R. H. en 1975 (tabla 12) aguas para uso recreativo

con contacto primario. Estadísticamente no hubieron diferencias significativas para este parámetro y como se puede apreciar biológicamente no fue un factor determinante, ya que las oscilaciones en la bahía se encuentran relacionadas con la presencia de "nortes", lluvias y el constante oleaje pudiendo ser este último factor importante aunque no es el único factor que determina la presencia de oxígeno en el agua, otro y también muy importante es la presencia de los microorganismos autótrofos y los fotoautótrofos (Guerrero, 1984). Se podría esperar entonces una relación estrecha entre la presencia de "nortes", mareas, lluvias y microorganismos fotosintéticos, con el oxígeno disuelto, pero como se observa en los resultados dicha relación no es muy evidente, ya que más bien se puede hablar de registros homogéneos para este parámetro durante toda la temporada de estudio. La pequeña variación (4.8-6.6 mg/L) fue directamente afectada por la temperatura, ya que de acuerdo a lo que reporta Boyd (1980), a una presión de 760 mm. de mercurio (una atmósfera de presión), la solubilidad del oxígeno se da de la siguiente manera:

$$0^{\circ}\text{C} = 14.16 \text{ mg/L}$$

$$35^{\circ}\text{C} = 7.04 \text{ mg/L}$$

Lo anterior coincide con el comportamiento de los resultados obtenidos para este parámetro donde se puede apreciar que en los meses donde se registraron las temperaturas más bajas (Diciembre, Enero y Febrero) se dieron así mismo los valores más altos de oxígeno disuelto.

Según Riley (1989), en el océano abierto el pH del agua de mar raramente cae fuera de los límites de 7.8 - 8.2, aunque valores más extremos pueden encontrarse en localidades restringidas como estanques rocosos, o donde ocurra la contaminación. Las variaciones de este parámetro en la zona que ocupa este estudio van desde 7.9 - 8.6 (tabla 5). Riley (*op. cit.*) menciona que las variaciones del pH son más extremas en cuerpos de agua aislados o en áreas restringidas como las bahías donde a menudo se observa que el pH pueda estar arriba del intervalo de 0.7 unidades de su valor máximo. En la tabla 5 se pueden observar que para los meses de Julio, Agosto y Septiembre se encuentren valores de hasta 7.9 unidades de pH, mientras que para el mes de Febrero se observan valores de 8.6 unidades de pH. Consideraciones de trabajos anteriores en sitios similares mencionan que el pH se ve determinado por los siguientes factores: 1).- El tipo y concentración de sales que se encuentran disueltas y en suspensión en el agua de la bahía., 2).- El tipo de nutrientes que se encuentra presente en el agua, ya que si lo que abunda es la materia orgánica en descomposición, entonces los productos liberados son moléculas nitrogenadas, lo que provoca que el pH circundante sea alcalino., 3).- El tipo de microorganismo presente en el agua y que esté predominando, ya sea si son organismos fermentadores desdoblarán los

carbohidratos hasta la producción de moléculas ácidas, como el CO₂, el microorganismo puede producir un solo tipo o varios a la vez de ácidos orgánicos (Ruiz, 1991).

Dicho lo anterior se podría pensar que los registros más bajos de pH se debe a la temporada de lluvias donde existe la presencia de microorganismos fotosintéticos que dan como resultado producción de CO₂ y que al descomponerse produce gas carbónico; para los registros de 8.6 u. de pH en el mes de Febrero, la presencia de los "nortes" podría ser la causa de un pH alcalino ya que estos vientos arrastran mucha materia orgánica y dadas las bajas temperaturas no hay suficientes microorganismos para degradarla rápidamente lo que genera moléculas nitrogenadas dando como resultado un pH alcalino.

La correlación del pH y el oxígeno disuelto con respecto al número de bacterias en los meses de Agosto (1.0) y Octubre (0.99) respectivamente, fueron los más altos en relación a otros parámetros. La significancia del oxígeno disuelto con el número de bacterias fue muy estrecha de acuerdo a García, (1988) y para el caso del pH hubo una covarianza perfecta ya que tanto el crecimiento de éstas y el pH variaron en la misma dirección (Marques, 1988).

En los meses de Octubre, Febrero y Abril el valor de la temperatura obtuvo una significancia estrecha (0.72, 0.85 y 0.89), de la misma manera que la salinidad en Mayo (0.80).

Otros parámetros que reflejaron significancia estrecha fueron la salinidad en el mes de Abril (-0.71); oxígeno disuelto en Enero (-0.84) y el pH en Marzo (-0.87), sin embargo éstos valores mostraron una tendencia inversamente proporcional en lo que se refiere al crecimiento bacteriano por su valor negativo, lo cual significa que mientras el número de bacterias aumentaba el valor del parámetro disminuía o viceversa (Marques, op. cit.).

La temperatura mostró una correlación moderada en los meses de Agosto (0.64), Diciembre (0.58) y Enero (0.55). Para este mismo parámetro en Mayo (-0.55) y Marzo (-0.37) hubo también una correlación moderada pero con tendencia inversamente proporcional.

La salinidad y el crecimiento bacteriano tuvieron correlación moderada en Agosto (0.41) y Marzo (0.61), en Enero (-0.49), también ésta fue moderada pero inversamente proporcional.

Para el caso del oxígeno disuelto presentó correlación moderada en Agosto (0.41), Noviembre (0.52) y Abril (0.55). En los meses de Mayo (-0.33) y Febrero (-0.51)

la correlación moderada fue en sentido opuesto al crecimiento bacteriano.

Durante los meses de Junio (-0.40), Octubre (0.61), Noviembre (0.61), Diciembre (-0.37), Enero (-0.56) y Febrero (-0.51), el pH tuvo una correlación moderada, siendo ésta inversamente proporcional al crecimiento bacteriano cuando los valores fueron negativos.

En cuanto al parámetro color aparente el resultado fue de cero para todo el período de estudio significando esto que no existió relación entre las variables (color y número de bacterias) como lo establece Marques, (op. cit.).

En la gráfica 8, se presenta la distribución mensual de bacterias coliformes contra la precipitación pluvial, dando una $r = 0.47$, lo cual nos dice que existió una correlación moderada entre precipitación pluvial y crecimiento bacteriano siendo los meses de Junio (4.5 mm), Julio (7.1 mm) y Septiembre (5.9 mm) en los cuales hubo mayor precipitación.

Por último se observa en la gráfica 9, la distribución mensual de coliformes contra el nivel de mareas, indicando una correlación insignificante (0.07), es decir que la presencia de mareas no influyeron con la presencia de coliformes.

Las concentraciones más altas de bacterias coliformes coincidieron con la temporada vacacional de Julio y Agosto. Además, por estos meses se observa un incremento en el nivel de las aguas del río Tehuantepec (aunque no llueva en Salina Cruz) debido a la captación de los escurrimientos aportados por la Sierra Madre de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur (Secretaría de Marina, 1974), teniendo como resultado el desbordamiento del río hacia la bahía, ya que en este río vierten sus aguas negras sin tratamiento alguno los poblados de Huilotepec, Boca del Río y Santo Domingo Tehuantepec. Por otro lado la ruptura de la barra que divide el estero "La Ventosa" y la bahía del mismo nombre contribuyen aún más al incremento de los microorganismos, coincidiendo con lo reportado por Sañudo y Orozco (1984), en el estudio hecho en las costas de Baja California.

Existen otros factores tales como: ubicación de descargas municipales, tráfico marítimo, corrientes y mareas que influyen en forma directa en la distribución de bacterias coliformes (Vilchis, 1985). Para el área de la bahía "La Ventosa" las condiciones se dan en similares circunstancias ya que aún siendo pequeñas embarcaciones pesqueras el tráfico existe, no así de manera directa descargas municipales ya que no existe en la zona sistema de drenaje utilizándose únicamente letrinas en el mejor de los casos. El estero "La Ventosa", en su porción norte es receptora de aguas negras tratadas proveniente de la colonia Petrolera "Carlos G. Flores" por lo que no se descarta la posibilidad de que dicho tratamiento no sea efectivo y este aporte de aguas negras

sea una de las principales fuentes de bacterias coliformes al cuerpo receptor manifestándose en el área de estudio cuando la bocanarra se abre hacia la bahía. En cuanto a corrientes y mareas las cinco estaciones de muestreo están constantemente expuestas a oleajes lo que en un momento dado puede contribuir a liberar bacterias del sedimento hacia la superficie, aunque no solamente del tipo coliforme.

Las estaciones que registraron los números más altos de bacterias coliformes tanto totales como fecales fueron la 3 y 4, las cuales corresponden a las estaciones que se encuentran ubicadas enfrente a la bocanarra lo que demuestra que el aporte bacteriano del estero es muy importante. Además estos valores se incrementaron de manera notable en los meses de Julio y Agosto, lo que coincide con la época del año en que el turismo aumenta considerablemente.

Los resultados observados en la correlación estadística de los parámetros de: temperatura, salinidad, color, oxígeno disuelto y pH en el agua con el número de bacterias en el periodo de estudio, no indica una relación marcada entre alguno de ellos a excepción de Agosto cuando el pH marca una $r = 1.0$ y al siguiente mes es igual a cero. Sin embargo, Weihaupt en 1984 (citado por Orta, 1989) indica que la temperatura fluctúa de acuerdo a la época del año, influyendo en la sobrevivencia y la distribución de las bacterias en las zonas costeras, de igual forma como se nota en el presente estudio.

Sañudo y Orozco (op. cit.), mencionan en su trabajo hecho en la costa de Baja California que los factores que influyeron directamente en el incremento bacteriano se debe a los desechos de aguas negras presentando valores máximos en verano debido al incremento de la temperatura, turismo y precipitación pluvial. De igual forma en el área de estudio que ocupa este trabajo los valores más altos de bacterias se dan en Agosto de 1992 cuando se obtuvo el registro máximo de temperatura, afluencia turística y lluvias en las sierras que circundan Salina Cruz.

Por último, tenemos que al comparar los resultados con los límites establecidos por la PROFEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico, 1993) y SEDEMAR (1992), para aguas de uso recreativo con contacto primario (col. fecales máximo 200 NMP/100 ml. de agua y col. totales máximo 1000 NMP/100 ml. de agua) ya que se encuentra durante el periodo de estudio temporadas en las que el número de coliformes rebasa lo establecido por las normas, representan un peligro para la salud pública.

9. CONCLUSIONES.

En general, podemos hablar de que la calidad bacteriológica en lo que se refiere a coliformes no exceden los límites establecidos por la legislación mexicana para aguas de uso recreativo y de contacto primario. La excepción fueron los meses de Julio y Agosto correspondientes al período de estudio (Mayo de 1992 a Abril de 1993) donde hay recuentos de hasta 2400 NMP/100 ml. representando un riesgo para la salud pública.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, los factores más importantes que influyeron en el aumento de bacterias coliformes en la bahía "La Ventosa" de Salina Cruz, Oax., fueron los siguientes:

- El desbordamiento del río Tehuantepec a cause de las lluvias.
- La ruptura de la berra del estero "La Ventosa" debido a las lluvias de Julio y Agosto de 1992.
- La mayor efluencia de turismo en la temporada vacacional de Julio y Agosto de 1992.

Desde el punto de vista estadístico, no existió ninguna correlación marcada entre los parámetros analizados con respecto al número de bacterias. El mismo caso se dio entre la presencia de coliformes comparada con la precipitación pluvial y las mareas.

La mejor concentración de bacterias se dio en las estaciones 3 y 4, ya que éstas quedan enfrente y al lado (a favor de la corriente) respectivamente de la bocanara del estero "La Ventosa". El valor más alto de coliformes se registró en el mes de Agosto coincidiendo con el registro más alto de temperatura para la estación 3 y con la afluencia de vacacionistas al sitio de recreo.

Dado el número de muestras, ubicación de estaciones de muestreo y técnica de análisis en el aspecto bacteriológico, no es posible generalizar un diagnóstico para la zona de estudio; sin embargo, los resultados sirven como guía de las tendencias de la calidad del agua y, además demuestran la necesidad de estudios más exhaustivos y periódicos en este cuerpo de agua y de sus principales aportes que permitan eliminar la fuente o fuentes de contaminación y de esa manera mantener la calidad del agua de la zona.

10. RECOMENDACIONES.

Para una evaluación más completa del grado de afectación en la bahía se deben implantar monitoreos sistemáticos en toda el área con análisis que incluyan la determinación de sólidos suspendidos, grasas y aceites, sustancias tóxicas, metales pesados y detergentes entre otros tomando en cuenta que la bahía recibe aportes residuales de una refinería.

En el caso de presentarse desbordamiento del río Tehuantepec, de acuerdo a resultados de los análisis, enterar a los bañistas y pescadores de la situación que prevalece en la zona, para establecer temporadas de veda de pesca y cierre como área de recreo. Recomendar no consumir ostiones, almejas y productos crudos tales como ceviche; consumir sólo alimentos bien cocidos y en cuanto a los bañistas evitar al máximo se metan en las aguas.

En cuanto al estero "La Ventosa", deberán hacerse estudios que pongan de manifiesto el estado bacteriológico del lugar, ya que siendo este cuerpo de agua salobre, sitio de pasca con atarraya por tradición en la que para la captura del producto los pescadores se sumergen en el agua llegándole hasta el tórax, lo cual representa un riesgo para su salud.

Dado que el análisis de NMP refleja la probable densidad de bacterias coliformes totales o fecales, se deben establecer análisis bacteriológicos que incluyan la identificación de microorganismos patógenos como Salmonella sp. y Shigella sp. en el agua y sedimentos.

Es necesario llevar a cabo trabajos de investigación que tengan continuidad para obtener alternativas de solución a los problemas que resulten, esto es; 1) Un tratamiento adecuado de aguas residuales proporcionaría volúmenes del recurso que bien podrían utilizarse en la agricultura tomando en cuenta que la mayoría de los campos de cultivo de la zona son de temporal. 2) Proporcionaría mejores bases a la población de tratar agua pura integrada sin ningún riesgo a cuerpos receptores de agua.

Por último concientizar a la población para el uso de letrinas y fosas sépticas en donde no haya drenajes efectuándolo a través de campañas continuas y serias.

11. BIBLIOGRAFIA.

- Alvarez, L. 1985. Evaluación del Impacto Ambiental en la Bahía "La Ventosa" Debido a las Descargas al Mar de Aguas Residuales Procedentes de la Refinería de Salina Cruz, Oax. Informe IMP. México pp. 4-10.
- Alvarez, S.G. 1983. Estudio de Circulación Superficial Frente a Salina Cruz, Octubre de 1982. Informe final de CICESE a l IMP. Baja California, México. 34p.
- Boyd, C.E. 1980. Water Quality in Wermwater Fish Ponds. Alabama Agricultural Experiments Station. University Auburn Alabama, USA. 359 p.
- Campbell, R. 1987 Ecología Microbiana. 1a. Ed. Limusa. México D.F. pp. 38-60.
- Carranza-Edwards, 1980. Ambientes sedimentarios recientes de la llanura costera sur del istmo de Tehuantepec. An. Inst. Ciencias del Mar y Limnología, U.N.A.M. México, 7(2): 13-66.
- Castillo, G. y Cordano, A. 1975. Enterobactereaceae en una corriente fluvial. Rev. Lat-amer. Microbiol., 7(1): 213-218.
- Castro, B. y Gaytán, M. 1992. Medidas de Calidad de Agua Potable en la Ciudad de México, en un Período de 9 meses. (Tesis) UNAM ENEP-Iztacala. 72 p.
- C.I.E.C.C.A. 1987. Diagnóstico de la Calidad del Agua para Consumo Humano. S.A.R.H. México. pp. 1-30.
- Cortés, V.J. y Campos, C.J. 1986. Distribución Sedimentaria de la Plataforma Continental Interna Cercana al Puerto de Salina Cruz, Oax. Est. Inv. Ocean. SRIA DE MARINA. pp. 54-69.
- Environmental Protection Agency (EPA), 1986. Quality Criteria For Water. Office of Water Regulation and Standard. Washington. 300 p. Apéndices A y B.
- Faust, A.M. 1976. Coliform Bacteria From Diffuse Sources as a factor in Estuarine pollution. Water Res., 10: 619-627.
- Fernández, V.G. 1986. Apuntes de Química Ambiental. Dirección de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M. México, D.F. 217 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 3a. Ed. 252 p.
- García, E. 1988. Comunicación personal. En Orta, R.Y. 1989 Estudio de la

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Calidad del Agua Mediante Coliformes en la Playa "Miramar" Tampico, Madero
(Tesis) México. 50 p.

- Greenberg, A.F. 1985. Standard Methods For Examination of Water and Wastewater. 16th. Ed. APHA, AWWA, WPCF. Washington, D.C. USA 1268p.
- Guerrero, R., Roda, F. and Aballa, C. 1984. Optimal Growth Temperatures and Media Parameters of Bacterial Communities From Lake of Different Trophic States. Internat. Verein Limnol., 6: 2620-2626.
- Instituto de Geofísica. 1993. Tablas de Predicción de Mareas, 1992 y 1993. Puertos del Océano Pacífico. Servicio Mareográfico Nacional. U.N.A.M. 64p.
- Instituto Mexicano del Petróleo. 1991. Manual de Procedimientos con Apego a las Normas Oficiales Mexicanas para Análisis Bacteriológicos en Aguas Residuales. Curso para Análisis Microbiológico en Aguas Residuales Impartido en la Terminal Marítima de Salina Cruz, Oax. 120 p.
- López-Ramos, E. 1976. Carta Geológica de la República Mexicana escala 1: 2,000 000. 1a. Edición.(S. P. P.) México.
- Marques, C.M. 1988. Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico-Biológicas. ENEP-Zaragoza, UNAM. 1a. ed. México, D.F. pp. 425-451.
- Orta, R.Y. 1989. Estudio de la Calidad del Agua Mediante Coliformes en la Playa "Miramar" Tampico, Madero. (Tesis) México. 50 p.
- Pica-Granados, Y., Botello, A.V. y Villanueva, F. S. 1991. Estudio de la Contaminación por Actividades Petroleras en el Puerto de Salina Cruz, Oax., Informe (1990-1991). Laboratorio de Contaminación Marina, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, 27 p.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, 1993. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Medio Ambiente. Ed. Porrúa. México, D.F. 15 p.
- Riley, J.P. 1989. Introducción a la Química Marina. Ed. A.G.T. Editor, S.A. Academic Press London and New York. 459 p.
- Rivero, B.C., Herrera, F. A. y Banitez, J. A. 1985. Determinación de Parámetros Hidrológicos y Biológicos en el Puerto de Salina Cruz, Oax., y Zonas Adyacentes. Est. de Inv. Océan. 1984-1985 SRIA. DE MARINA, México, pp 86-190.(Inédito).
- Rosales, H.L. 1984. Manual de Procedimientos Químicos. Centro de Ciencias

del Mar y Limnología de la U.N.A.M. 88 p.

- Ruiz, C.A. 1991. Bacteriología de Moluscos Bentónicos y sus bancos de extracción en la Laguna de Temiahua, Ver. Tesis UNAM. 135 p.
- San Martín, H. 1975. Salud y Enfermedad. La Prensa Médica Mexicana. 819 p.
- Sañudo, W. y Orozco, R. 1984. Estudio Bacteriológico en Aguas Costeras de Baja California. Instituto de Investigaciones. U.A.B.C. México. 376 p.
- Sañudo, W. y Rivera, D. 1985. Estado Actual de la Contaminación Marina de la Bahía de Todos Santos, B.C.; Diagnóstico y Alternativa para su Reducción y Control. Reporte Técnico 85-01. Instituto de Investigaciones Oceanográficas de la U.A.B.C. México, D.F. 12 (1): 7-21.
- S.A.R.H. 1974. Estudio de la Contaminación Bacteriológica de la Playa de "Miramar" Cd. Madero, Tamp. SARH. México D.F. pp. 22-35.
- S.A.R.H. 1975. Reglamento para la Prevención de la Contaminación del Agua. SARH. México, D.F. pp. 45-55 y 202-204.
- S.A.R.H. 1977. Informe Final del Monitoreo. Departamento de Protección Ecológica. Laboratorio de Control de Calidad de la Bahía de Acapulco, Gro. SARH. México, D.F. pp. 1-40.
- S.A.R.H. 1979. Estudio de la Calidad del Agua para su Red Nacional de Monitoreo de Agua, Puerto Vallarta, Jal. SARH. México, D.F. pp. 1-30.
- S.A.R.H. 1980. Curso de Microbiología del Agua. DGPE, 2a. Ed. Vol. I, México. 237 p.
- S.A.R.H. 1984. Manual de Microbiología del Agua. CIECCA, México, 286 p.
- SECRETARÍA DE MARINA, 1973. Salina Cruz, y sus Proximidades. (Carta 62B). Levantamiento efectuado por el Depto. de Hidrografía de la O.G.O.S.M. México.
- SECRETARÍA DE MARINA, 1974. Estudio Geográfico de la Región de Salina Cruz, Oax. Direc. Gral. Ocean. Secretaría de Marina. México. 120 p.
- SECRETARÍA DE MARINA, 1978. Temperatura y Salinidad de los Puertos de México en el Océano Pacífico. Dirección General de Oceanografía. México. 160 p.
- SECRETARÍA DE MARINA, 1980. Análisis Bacteriológico en Aguas y Organismos de la Bahía de Acapulco Gro. Direc. Gral. Ocean. SMN. México, D.F. 85 p.

- SEDEMAR, 1992. Criterios de la Calidad del Agua de Acuerdo al Uso del Cuerpo Receptor. Comisión Nacional de Agua. México, D.F. 17 p.
- S.E.D.U.E. 1988. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas. Serie Normativa Ecológica, N^o. 4. México. 48 p.
- Strickland, J.D. and Parson, T.R. 1986. Manual of Sea Water Analysis Fish Res. Bull. of Canadá. Ministry of Fish. Ottawa, Canadá. 309 p.
- Vidal, C. E. 1982. La Contaminación Bacteriológica de las Corrientes Subterráneas que abastecen a Cd. Juárez, Chihuahua; sus Implicaciones Sanitarias y Solución. (Tesis) E.N.E.P. Iztacala, U.N.A.M., México. 93 p.
- Vilchis, R.D. 1985. Estudio Bacteriológico y Demanda Bioquímica de Oxígeno en la Dársena del Puerto de Salina Cruz, Oax., Informe a la Est. de Inv. Ocean. 1984-1985. Sria de Marina. México, pp. 1-15.
- Walker, W. R., Chan, W. K. and Litsky, W. 1982 Coprostanol as an Indicator of fecal Pollution Cit. Rev. In: Enu. Cont.5(2): 81-112.
- Wayne, W.D. 1979. Bioestadística, Bases para el Análisis de la Ciencia de la Salud. Ed. Limusa. México, D.F. pp. 193-237.
- William, G. y Richard, H. 1972. Microbiología General. 2a. ed. Ed. C.E.C.S.A. México, D.F. 1310 p.

12. APENDICE

Tabla 11

Indice de NMP y limite confiable de 95% para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usen: 3 tubos con proporciones de 10 ml., 3 tubos con porciones de 1 ml., 3 tubos con porciones de 0.1 ml. (Greenberg, 1985).

No. de tubos con reacciones positivas			Indice del N.M.P. por ml.	Límite confiable de 95%	
3 tubos con 10ml	3 tubos con 1ml.	3 tubos con 0.1ml		Inferior	Superior
0	0	0	3		
0	0	1	3	0.5	9
0	1	0	3	0.5	13
1	0	0	4	0.5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	150
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	380
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800
3	3	3	2400		

Tabla 12

CLASIFICACION DE LAS AGUAS COSTERAS EN FUNCION DE SUS USOS Y CARACTERISTICAS DE CALIDAD

	(1) pH	(2) Temperatura (° C)	(3) O.D. mg/L límite mínimo	(4) Bacterias Coliformes NMP Organismos/100 ml.	(5) Color
USOS					
RECREACION CON CONTACTO PRIMA RIO Y TODOS LOS DEMAS USOS	CN±0.3	CN±10%	90% de CN	Manor qua 1000 totales (g) 200 Fecales (m) (h)	

(b) Nunca podrá exceder de 32°C.

(d) Nunca deberá ser menor que 3.0 mg/L.

(g) No más del 20% del total de las muestras mes (5 muestras por lo menos) deberá exceder de 1000/100 ml. ni ninguna muestra simple tomada durante un periodo verificativo de 48 hrs., debe exceder de 10'000/100 ml.

(h) No más del 10% del total de las muestras mensuales (5 mínimo) podrá exceder de 200 coliformes fecales.

(m) No deberá descargarse ningún efluente con estas características a menos que se haya demostrado que no es perjudicial para el desarrollo de la vida acuática, la apariencia física o el uso óptimo del cuerpo receptor.
Legislación Relativa al Agua y su Contaminación (S.A.R.H.- 1975).

GRUPOS DE CALIDAD BACTERIOLOGICA FORMADOS DE ACUERDO A LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS PARA DIFERENTES USOS.

GRUPO	CRITERIO	VALORES MAXIMOS PERMITIDOS (No. de colonias/100 ml)		
		Col. Tot.	Col. Fec.	Estr. Fec.
1	Potable	2 ¹	0 ¹	
1	Sólo rebasa ligeramente el límite de agua potable.			
2	Uso recreativo con contacto directo.		200 ^{3 2}	61 ²
3	Uso agrícola para irrigar vegetales cuyas partes se hayan cerca del suelo y son comestibles.	< 1000 ³		
4	Uso industrial con necesidad de aguas cercana a la potable que requiere de algún tratamiento.		< 1000 ³	
5	Uso recreativo sin contacto directo, conservación de flora y fauna.	< 10000 ³	< 2000 ³	

1. Diario Oficial de la Federación; 1988; Reglamento de la Ley General de Salud en materia de control sanitario.

2. Environmental Protection Agency; 1986; Quality Criteria.

3. SEDUE; 1988; Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas. Serie Normatividad Ecológica No. 4.