

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

" ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CONTAMINACION DE LA COSTA DEL PUERTO
DE ACAJUTLA Y SU COMPLEJO INDUSTRIAL "

TRABAJO DE GRADUACION
PRESENTADO POR

MEYBEL SIGRITH PARADA
MARIA EVELIN SANCHEZ CASTILLO
MARTHA MAGDALENA GUILLEN INGLES

PREVIA OPCION AL TITULO DE LICENCIATURA EN
QUIMICA Y FARMACIA

JUNIO DE 1984
SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA



T
574.52636
p222e

85-005203

UES BIBLIOTECA CENTRAL



INVENTARIO: 10120707

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

DR. MIGUEL ANGEL PARADA

SECRETARIA

DRA. ANA GLORIA DE MONTOYA

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

DRA. AMELIA RODRIGUEZ DE CORTES

SECRETARIA

DRA. AMINTA ACEITUNO DE KAFIE

ASESORES

LIC. NELSON MARTINEZ

LIC. GONZALO GUILLERMO SANCHEZ ARIAS

JURADO DE TESIS

LIC. RAFAEL MARTINEZ GUEVARA

DRA. AMINTA ACEITUNO DE KAFIE

DRA. MERCEDES RAMOS VELASQUEZ

AGRADECIMIENTOS

- A nuestros Asesores: Por su orientación y ayuda en la realización de este trabajo
- A nuestro Jurado: Por su revisión y coordinación
- A la Dra. Aminta Aceituno de Kafie: Por su comprensión y constante animación
- A la Dra. Mercedes Ramos: Por su sabia colaboración
- Al Ing. César Wilfredo Cabezas: Por su valiosa colaboración en la recolección de las muestras
- A la Lic. Cristela de Salinas: Por su orientación en los análisis bacteriológicos
- A la Profesora Dolores García: Por su desinteresada colaboración en la redacción de este trabajo
- Al Br. Héctor Regalado: Por su eficaz información sobre el tema investigado
- Al Sr. Oscar Gerardo Coreas: Por su colaboración en el Laboratorio de Microbiología
- Lo mismo que a todas aquéllas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización del mismo.

Gracias Señor:

Por haber iluminado nuestras mentes, guiándonos por el sendero a seguir y no desistir de la meta propuesta.

Marta, Evelin y Meybel.

ACTO QUE DEDICO

A mi querida Madre: Doña Francisca Elba Parada
Con profundo amor y agradecimientos in
finitos, al guiar acertadamente mi vida

A mi Abuelita: Doña Carmen Parada
Con especial Cariño

A mis Hermanos: Nereyda Suyin
Xiomara Zurline
Idalia Elizabeth
Otto Wilman
Karen Iveth
Con gratitud y amor fraternal

A mi Tío: Dr. Miguel Angel Parada, con eterno
reconocimiento, por su abnegada labor
hasta la coronación de mis estudios

A mis otros Tíos: Con cariño y gratitud

A mis Sobrinos: Albin Estenio
Ronald Estenio
Francis Hamilton

Rafael Humberto

Adonay Humberto

Silvia Roxana

Yesenia Abigail

Con adoración.

A mis Primos:

Con profundo afecto

A mis Amigas:

Lic. Deysi Vielman de Ruíz y

Lic. Feliciano Palacios

Con afecto especial

A mis Familiares y Amigos:

Como un recuerdo

Meybel.

ACTO QUE DEDICO

A la memoria de mi Padre: Como una ofrenda

a mi abnegada Madre: Concepción Castillo de Sánchez, con
profundo cariño y agradecimiento por
su ayuda efectiva, espiritual y dedi
cación en mi preparación intelectual.

A mi Esposo: Jorge Ramos, con amor por su apoyo y
comprensión, que siempre me brindó.

A mis Hijos: Jorge Armando
Gustavo Adolfo
Jennifer Fabiola, con profundo amor,
que fueron mi inspiracion para lograr
la meta propuesta.

Y a todos mis familiares, amigos y compañeros, con agradecimiento.

Evelin.

ACTO QUE DEDICO

- A mi querida Madrecita: Doña Carmen Guillén Morales
Con profundo amor, eterna gratitud y reconocimiento especial, por sus sacrificios al guiar acertadamente mi vida.
- A mi Padre: Juan Pablo Inglés
Por haberme animado a seguir adelante.
- A mi Esposo: Ing. César Wilfredo Cabezas
Por el amor y el apoyo constante recibidos durante mi carrera.
- A mis adorados hijos: César Wilfredo y Carmen Elena
Por ser la fuente de inspiración que me llevó a concluir mi carrera.
- A mis Hermanos: Ana Maribel, Sonnia Estela, Yanethe del Carmen, Patricia Ivonne, Roxanita y Ronald Hamilton.
Por el cariño y apoyo moral que en ellos siempre encontré.

A mis queridos Sobrinos: Karlita, Marito, Claudita, Milito y
Said Aliven
Con mucho amor.

A mis familiares y amigos: Con todo respeto.

Marta.

LUGARES DE PRACTICAS

- Las Determinaciones Físico - Químicas y Biológicas de las muestras se llevaron a cabo en los Laboratorios de Agua y Sedimentos de Hidrología Meteorológica; Centro de Recursos Naturales (CENREN).
- Los Análisis Bacteriológicos se efectuaron en los Laboratorios de Microbiología de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

I N D I C E

INTRODUCCION	i
OBJETIVOS	iii
IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	v
<u>CAPITULO I</u>	
ASPECTOS TEORICOS	1
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Trabajos Nacionales	1
1.2. Trabajos Extranjeros	2
2. GENERALIDADES	5
2.1. Aguas Marinas	5
2.2. Aguas Negras	6
2.3. Aguas Industriales	7
<u>CAPITULO II</u>	
CONSIDERACIONES SOBRE LA ZONA DE ESTUDIO	8
1. UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO	8
2. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	11
2.1. Playa Acajutla	11
2.2. Playa Las Flores	11
2.3. Río Sensunapán	12
2.4. Río La Ranfla	13
2.5. Bocana Sensunapán	14
2.6. Bocana La Ranfla	14

INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS

1. Mapa de Ubicación de Estaciones de Muestreo	10
2. Tabla de Conversión a Unidades Micromhos/cm.	26
3. Tabla de Mililitros de muestra y sus diluciones	40
4. Tabla para Interpretacion de Resultados en Análisis Bacteriológicos	43
5. Tabla de Resultados Análisis Físico - Químico y Bio <u>l</u> ógicos (Río Sensunapán y su desembocadura)	45
6. Tabla de Resultados Análisis Físico - Químico y Bio <u>l</u> ógicos (Playa Acajutla)	49
7. Tabla de Resultados Análisis Físico - Químico y Bio <u>l</u> ógico (Río La Ranfla y su desembocadura)	51
8. Tabla de Resultados Análisis Físico - Químico y Bio <u>l</u> ógico (Playa Las Flores)	55
9. Tabla de Resultados Análisis Bacteriológicos	57

INTRODUCCION

La realización del presente estudio titulado "Estudio Preliminar de la contaminación de la costa del Puerto de Acajutla y su complejo Industrial", se debió a que siendo uno de los puertos principales del país, se le ha prestado muy poca atención a la contaminación de sus aguas; aunque el desarrollo industrial, la población y la afluencia turística ha aumentado en los últimos años.

El hombre ha ido aumentando directa o indirectamente la cantidad de sustancias contaminantes de diferente naturaleza a los océanos, añadiendo productos de su invención tales como: plástico, detergente, productos derivados del petróleo, etc.

También ha alterado la naturaleza de las aguas costeras descargando aguas calientes procedentes de centrales eléctricas y de instalaciones industriales, causando la contaminación térmica, lo mismo ha contribuido a cambiar la fauna y flora natural de los ríos vertiendo aguas no depuradas, que éstos arrastran al mar, tales como el río Sensunapán que arrastra las aguas de desechos provenientes de la ciudad de Sonsonate y del municipio de Acajutla, lo mismo el río La Ranfla que lleva los desechos del complejo industrial de Acajutla.

Otras causas de la contaminación son: los desperdicios que arrojan los veraneantes y las construcciones que se efectúan en las riberas.

Todo lo anterior ha traído a esta zona un aumento de la contaminación y ésta, trae efectos negativos tales como: enfermedades gastroentéricas, epidérmicas, una disminución de la calidad alimenticia, de las especies acuáticas y alteraciones del medio ambiente.

Debido a que en nuestro país, no existen criterios sanitarios a nivel gubernamental, para el control de la calidad de las aguas de mar; ya que éstos son usados para fines: sanitarios, recreativos, de pesca y de conservación del medio ambiente. Debe tratarse de que reúna ciertas condiciones mínimas, ejemplo de éstas son: bajo contenido de bacterias del grupo coliforme, libre de sustancias tóxicas, etc.

En este trabajo se hicieron análisis físico-químico, biológico y bacteriológico, para determinar la calidad actual de las aguas de la costa del Puerto de Acajutla y su Complejo Industrial.

El análisis Bacteriológico, es uno de los parámetros más importantes, debido a que indican una de las formas de contaminación más dañina y más común como es el caso de las descargas de cloaca, la cual afecta directamente la salud del hombre, siendo la causa de enfermedades gastrointestinales.

OBJETIVOS

1. Observar y determinar la contaminación que presenta el Puerto de Acajutla y su Complejo Industrial.
2. Dar información preliminar que sirva de base para establecer medidas de control Físico - Químico y Sanitario de las aguas que desembocan al mar.
3. Evaluar la capacidad de dilución del agua de mar.
4. Proporcionar información preliminar de la situación Físico - Química y del grado de contaminación Bacteriológica de la Zona Costera y sus efectos en el campo de la Salud, Turismo y Pesca.
5. Establecer una comparación entre la estación seca y lluviosa para poder determinar en que estación se presenta la mayor - contaminación.
6. Ofrecer al Estado, información de los parámetros estudiados para que sean usados cuando se establezcan medidas de control sanitario para las aguas marinas.

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

La importancia que para nuestro país representa estudiar la calidad de sus aguas de uso recreativo, se puede enfocar desde tres puntos de vista: Salud, Turismo y Pesca.

Salud:

Este es el punto de mayor importancia, debido a que las diversas enfermedades pueden ser propagadas por medio del agua, ya que el tiempo que las bacterias permanecen en ellas, es suficiente para provocar enfermedades en el ser humano. Estas enfermedades pueden atacar por diferentes vías como son: la digestión o a través de la piel, etc. Se pudo comprobar que las enfermedades que predominan en la zona estudiada son: las gastrointestinales y de la piel, sobre todo en la población infantil.

Turismo:

Por ser uno de los Puertos de mayor importancia comercial y turistica del país, se considera necesario proporcionar a los turistas y comerciantes; además, de carreteras accesibles y hoteles cómodos, playas de aspecto agradable y que sus aguas cumplan con normas sanitarias de calidad para uso recreativo, garantizando así, la salud de los bañistas; todo lo cual contribuirá a darle un mayor desarrollo turístico y comercial a dicha zona.

Pesca:

Siendo una de las fuentes principales de alimentación; es importante determinar el estado actual de la calidad de las aguas; para evitar que provoquen una disminución o eliminación de las diferentes especies acuáticas. Por lo tanto, se deben establecer medidas para controlar la cantidad de desechos que se vierten a los mares y ríos, o darles un tratamiento previo, logrando con ello mantener uno de los recursos económicos del país y poder evaluar así, la necesidad de establecer una vigilancia continua, que detecte el problema en sus primeras etapas y tomar medidas necesarias para corregirlas.

CAPITULO I
ASPECTOS TEORICOS

1. ANTECEDENTES

Al momento de realizar el presente estudio, se comprobó que en El Salvador, se han realizado pocos estudios, que revelen la calidad Físico - Química, Biológica y Bacteriológica de las Aguas Marinas.

1.1. Trabajos Nacionales

" Estudio de la contaminación de las aguas marinas del Puerto de La Libertad ", tesis presentada por los Señores Dario Ríos Pacheco y Rolando Torres, 1981, el cual consiste en la determinación del grado de contaminación y calidad físico - química de las aguas marinas costeras de las playas del Puerto de La Libertad.

" Anuarios del Servicio Hidrológico, Dependencia de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura y - Ganadería, 1979 - 1983 ".

Estos anuarios comprenden una recopilación de estudios físico - químicos y bacteriológicos efectuados mensualmente a ríos y playas principales de El Salvador

" Estudio Preliminar de la Contaminación de las Aguas Costeras de El Salvador ", presentado por el Ing. Carlos Roberto Ochoa, 1980.

En el cual se determinó la contaminación bacteriológica y físico-química de zonas costeras y ríos principales de El Salvador, para informar acerca del estado actual de la calidad de sus aguas.

1.2. Trabajos Extranjeros

Entre la Información Internacional revisada, se encontró, que - existen diferentes estudios sobre la calidad de las aguas marinas, de los cuales podemos mencionar:

- " Un enfoque de Investigación Oceánica "; Comisión Oceanográfica Intergubernamental; Historia, funciones y realizaciones; Informe Técnico No. 20, por el Dr. Hans Ulrich Roll; Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (U.N.E.S.C.O.), 1979.

El cual trata de la investigación Mundial de la Contaminación en el Medio Marino; de la vigilancia de la contaminación del mar y el por qué y cómo se estudian los océanos.

- " Investigación Global de la Polución Marina "; Informe Técnico No. 18 por Michael Waldichuck; Instituto del Medio Ambiente del Pacífico; Vancouver, Canadá. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (U.N.E.S.C.O.), 1979.

Que estudia los efectos de la Contaminación Marina en los humanos y el impacto ecológico. Lo mismo que las poluciones críticas (metales, químicos sintéticos, petróleo, etc.), y del Control Internacional de la Polución Marina.

- Informe Técnico No. 11, "Contribuciones enviadas por Conferenciantes y Autores Invitados a la reunión Internacional de Trabajo, de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (C.O.I.); Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (F.A.O.); Proyecto de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (P.N.U.M.A.). Sobre la Contaminación Marina"; en el Caribe y Regiones adyacentes; Puerto España, Trinidad Tobago; 13 - 17 de Diciembre 1977. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (U.N.E.S.C.O.). El cual trata de la investigación y vigilancia de la contaminación por los metales pesados (Enrique Medellén); Investigación y Vigilancia de Hidrocarburos (Alfonso Vásquez); Investigación y Vigilancia de la Contaminación de los Hidrocarburos Halogenados y de los Plaguicidas (Eugene Corcorán); Transferencia y Transporte de los Contaminantes en el mar (Gunnar Kulleberg); Aspectos Sanitarios de la Contaminación de las Aguas Costeras (Eric W. Mood).

- Manual sobre el Intercambio Internacional de Datos Oceanográficos, Comisión Oceanográfica Intergubernamental (C.O.I.); Guía No. 9; 4a. Edición; Organización de las Naciones Unidas para la Educación, La Ciencia y La Cultura (U.N.E.S.C.O.), 1976.

El objetivo de este manual es reunir en forma conveniente, los diferentes procedimientos, resoluciones, recomendaciones y documentos relacionados con el intercambio de datos Oceanográficos.

2. GENERALIDADES

La contaminación es un problema que se está convirtiendo en motivo de inquietud de carácter global, debido a que existen diversas fuentes de contaminación, que en nuestro medio se clasifican en:

- Descargas deliberadas y operacionales de contaminantes
- Eliminación de aguas de alcantarillas
- Descargas de residuos agrícolas e industriales.

Estos contaminantes pueden ser naturales o artificiales. Entre los naturales están: componentes no refinados del petróleo, metales pesados y sustancias derivadas del nitrógeno y del fósforo.

Entre los contaminantes artificiales están: ciertos productos refinados del petróleo, hidrocarburos halogenados, los difenilos policlorinados, plásticos, detergentes y elementos radiactivos.

2.1. Aguas Marinas (*)

El agua del mar está formada por una disolución de sales en agua pura. Estas sales están disociadas en sus iones correspondientes, -

(*) Fraga, Fernando; "Ecología Marina"; Fundación de Salle de C.C.N.N.; Editorial Dossat, S.A.; Caracas, Venezuela Capítulo III; 1972.

siendo los principales: cloruros, sodio, magnesio, sulfatos, calcio, potasio, bromuros, fluoruro, nitrógeno, nitratos, litio, silicio, rubidio, fosfato, bario, yoduro, arsenitos, hierro, aluminio.

Goldschmidt (1933), supone que el origen geológico de estos iones proviene de la destrucción de las rocas eruptivas por la intemperie y que las sales solubles originadas fueron transportadas hasta el océano por las aguas continentales; así mismo, calculó la cantidad de cada elemento que pueden aportar las rocas, suponiendo que todo el ión sodio perdido por las rocas eruptivas durante su descomposición, se encuentran en el océano y encontró que las cantidades de cloro, bromo, azufre, y boro que hay en el agua del mar, son superiores a las que pudieron ceder las rocas alteradas, por lo cual se cree que estos elementos provienen de la atmósfera, en la que se encontrarían formando compuestos gaseosos.

2.3. Aguas Negras

Se consideran aguas negras, el agua ya usada del abastecimiento de una población y como tal es una dilución de materia fecal y otros desperdicios.

El eliminar las aguas negras tiene los siguientes objetivos:

- Liberar a una población de un volumen de desperdicios constantes.
- Disponer de ellos; en tal forma que no sean perjudiciales para otras poblaciones.

2.4. Aguas Industriales.

Las actividades industriales, especialmente la producción de pulpa y papel, la elaboración de alimentos y manufactura química, engendran una gran variedad de productos de desecho, que son descargados a las corrientes de agua. Se sabe que estos desechos son nocivos para el hombre.

Otros tipos de desechos van apareciendo a medida que se desarrolla la Tecnología Industrial. Muchos de éstos, son compuestos orgánicos que pueden ser degradados por las bacterias; pero sólo muy lentamente, de modo que podrán llevar olores y sabores desagradables hasta distancias considerables a lo largo de una vía acuática.

CAPITULO II

CONSIDERACIONES SOBRE LA ZONA DE ESTUDIO

1. UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza a lo largo de la Linea Costera, comprendida entre: el río Grande de Sonsonate o Sensunapán, hasta la Playa Las Flores (Ver mapa en página No. 10).

El total de las estaciones muestreadas es de 6:

Estaciones de Playa	...	2
Estaciones de Ríos	...	2
Estaciones de Bocanas	...	2

De cada playa, río y bocana se tomaron sub-estaciones representativas.

Incluyéndose la clave que se les asignó, para su identificación en el mapa.

Estaciones de Playas:

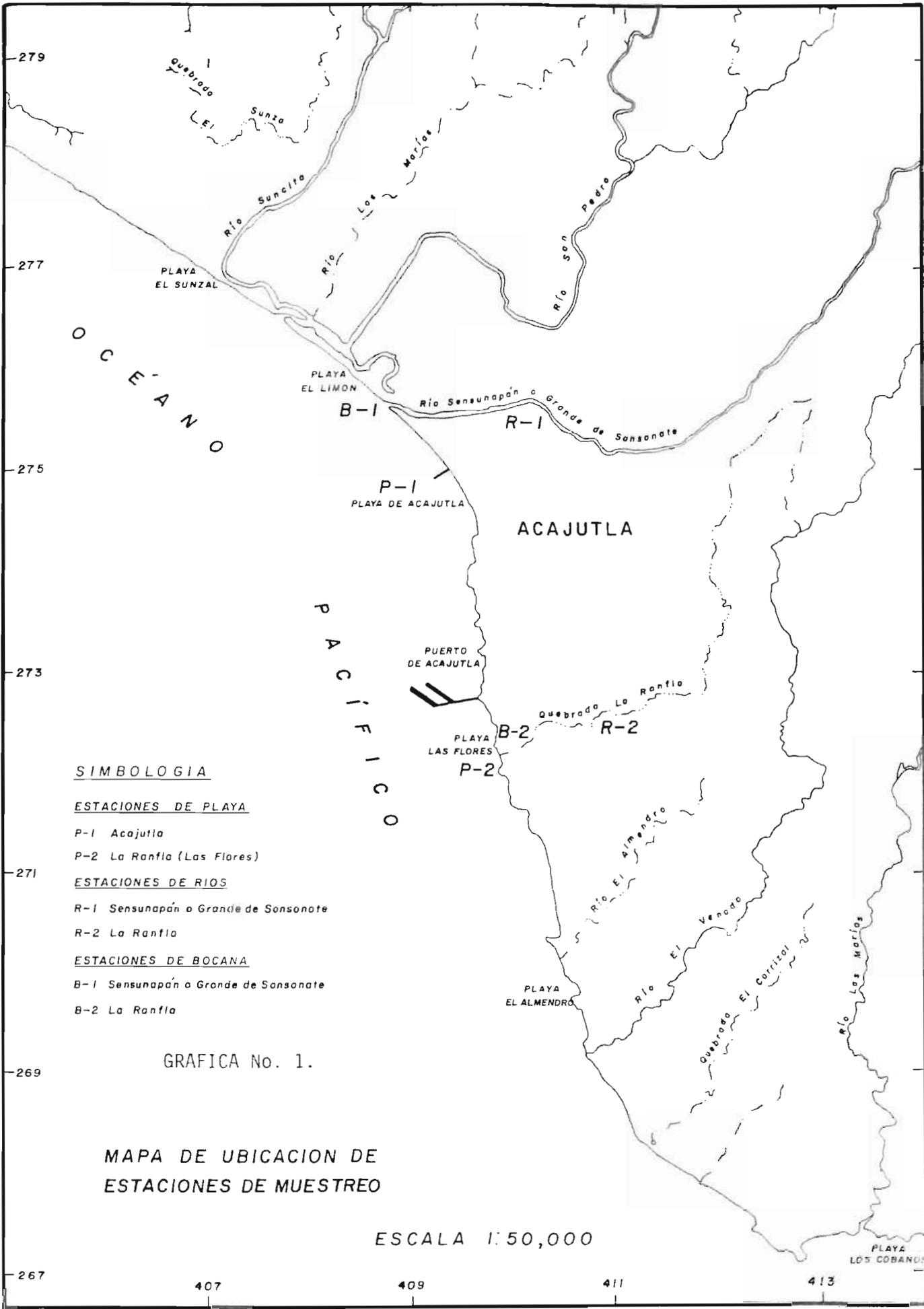
P - 1	.....	Acajutla
P - 2	.....	Las Flores (La Ranfla)

Estaciones de Ríos:

R - 1	.....	Sensunapán o Grande de Sonsonate
R - 2	.....	Río La Ranfla

Estaciones de Bocanas:

B - 1	.....	Bocana Sensunapán
B - 2	.....	Bocana La Ranfla



SIMBOLOGIA

ESTACIONES DE PLAYA

- P-1 Acajutla
- P-2 La Ranfla (Las Flores)

ESTACIONES DE RIOS

- R-1 Sensunapán o Grande de Sonsonate
- R-2 La Ranfla

ESTACIONES DE BOCANA

- B-1 Sensunapán o Grande de Sonsonate
- B-2 La Ranfla

GRAFICA No. 1.

MAPA DE UBICACION DE ESTACIONES DE MUESTREO

ESCALA 1:50,000

2. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1. * Playa Acajutla.

Playa del Municipio del mismo nombre, dista. 20 Kms. de la ciudad de Sonsonate y 85 Kms. de la ciudad capital por carretera pavimentada; de gran acceso turístico durante todo el año. Frente a ella se encuentra la ciudad portuaria, la cual drena directamente sus aguas servidas hacia el mar; presenta una creciente zona de escasos recursos ubicados frente al mar, que se extiende hasta la bocana del río Sensunapán o Grande de Sonsonate. Se observaron grandes cantidades de basura, las cuales durante las mareas altas, son arrastradas al mar. Entre los desechos se pudo observar: desperdicios alimenticios, estopas de coco, plásticos, latas, papel, heces humanas y de animal, etc.

2.2. Playa Las Flores (La Ranfla)

Playa contiguo al muelle de Acajutla, operado por la Comisión Ejecutiva Portuaria de Acajutla (C.E.P.A.); es además, el punto de descarga del río La Ranfla, portador de los desechos del Complejo Industrial del Puerto de Acajutla, el cual comprende las siguientes industrias:

(*) Diccionario Geográfico de El Salvador; Ministerio de Obras Públicas; Instituto Geográfico Nacional. Tomo I; San Salvador, El Salvador, C.A. 1970.

- Refinería de Petróleo, S.A. (R.A.S.A.)
- Fertilizantes de Centro América, S.A. (FERTICA)
- Metales y Estructuras, S.A. (METASA)
- Compañía Texana, Texas Co. (TEXACO)
- Concretera Salvadoreña
- Almacenadora Centroamericana, S.A. (ALCASA)
- Plantas Térmicas de la Comisión Ejecutiva
Hidroeléctrica del río Lempa (CEL).

Esta playa presenta rocas ásperas, su arena es de color café claro, observándose un oleaje tranquilo; debido a su ubicación, es inaccesible su uso recreacional.

2.3. Río Sensunapán o Grande de Sonsonate.

Río caudaloso que riega los municipios de: Juayúa, Nahuizalco, Sonzacate, Sonsonate, San Antonio del Monte y Acajutla.

Se originan en el nacimiento de agua denominada Los Chorros o Las Caleras, situado a 2 Km. al este de la ciudad de Juayúa, en este mismo sitio recibe como afluencia el río Santos.

Corre la mitad de su curso de norte a sur; después de pasar por la ciudad de Sonsonate, cambia hacia el sur - oeste hasta desembocar en el Océano Pacífico, 1.5 Km. al nor - oeste de la ciudad de Acajutla. Recibe la afluencia de los ríos: Texiste, Los Trozos o Ceniza,

Los Milagros, Tepechapa y Santo Domingo o San Pedro; así como las quebradas de Agua Santa, Las Hojas, La Quebradona y Piedra de Sal.

En sus riberas se observan viviendas de escasos recursos, cuyos habitantes ocupan sus aguas para uso casero; también, se observa la pesca en dicho río.

El color de sus aguas adquiere una tonalidad café oscura, debido a la cantidad de desechos de alcantarillado que en él desemboca.

También, se observa en su ribera: heces humanas y de animal, cáscaras, plásticos, latas, papel, etc.

2.4. Río La Ranfla.

Quebrada del municipio de Acajutla, departamento de Sonsonate, nace 2 km. al este de la ciudad de Acajutla, con una elevación de 32 metros sobre el nivel del mar, la mitad de su curso corre de norte a sur, luego se dirige hacia el sur oeste y desemboca en el Océano Pacífico, con una longitud de 4 km. Lleva las aguas del Complejo Industrial de Acajutla; por lo cual, aumenta su caudal; sus aguas son de color verde oscuro, se observa abundante acumulación de algas en su superficie.

2.5. Bocana Sensunapán.

Situada al occidente del antiguo Muelle recibiendo las descargas que incluyen los desechos municipales de la ciudad de Acajutla, observándose gran cantidad de desechos fecales, los cuales desembocan directamente al mar.

2.6. Bocana La Ranfla.

Situada al sur - oeste de la ciudad de Acajutla, recibe directamente las descargas del sector industrial de Acajutla.

CAPITULO III

1. PARTE EXPERIMENTAL Y CALCULOS

1.1. Material y Equipo

- Material de Vidrio
- Equipo:

Balanza Analítica

Estufa

Termómetro de Mercurio

Turbidímetro

Medidor de PH

Conductivímetro HACH

Microscopio

Agitador Magnético

Autoclave

Refrigeradora

Incubadora

Asa Metálica

Mechero

1.2. * Reactivos

- Solución de Tiosulfato de Sodio 0.025 N
- Solución de Sulfato Manganoso
- Solución de Lugol
- Solución de Safranina
- Solución de Ringer
- Solución de Almidón
- Solución de Oxalato de Amonio-Cristal Violeta
- Reactivo Alkali-Yoduro de Potasio
- Acido Sulfúrico Concentrado
- Mezcla Alcohol-Acetona
- Caldo Lactosado
- Agar Nutritivo
- Agar con Eosina y Azul de Metileno (E.M.B.)
- Aceite de Inmersión

(*) Métodos Estandar para el Análisis de Agua y Aguas de Desecho; Editorial Interamericana, S.A.; Undécima Edición; México, 1963. P.P. 309 - 310, 485-487.

1.3. Periodicidad del Muestreo

La toma de muestras se efectuó en los meses de Abril, Mayo, Junio Julio, Noviembre, Diciembre de 1983 y Enero de 1984, con una periodicidad de más o menos 20 días de muestreo a muestreo.

1.4. Parámetros a Determinar

- Análisis Físico - Químico:

Temperatura del Ambiente

Temperatura del Agua

Potencial de Hidrógeno (PH)

Turbidez

Conductividad Eléctrica

Sólidos: Totales, Disueltos y
Suspendidos.

- Análisis Biológico:

Oxígeno Disuelto (OD)

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

- Análisis Bacteriológico:

Determinación de Bacterias del grupo
Coliformes.

1.5. Trabajo de Campo

Se efectuó un reconocimiento general del tramo costero estudiado, cuyo objetivo fue reconocer las estaciones y subestaciones donde se tomaron las muestras de análisis.

Para que las muestras de análisis sean representativas se seleccionaron cuidadosamente los puntos de muestreo y se tomaron todas las precauciones posibles, para que éstas, no lleven desperdicios flotantes, lodos y materiales extraños.

La recolección de las muestras para análisis Físico - Químico y Biológico, se hicieron en frascos plásticos de 1 litro de capacidad sumergiéndolo destapado de 30 - 40 cm. bajo el nivel del agua, después del oleaje, luego invertirlo y taparlo inmediatamente.

Para el análisis Bacteriológico, las muestras se recolectaron en frascos de vidrio, de 8 onzas de capacidad, color ámbar, previamente esterilizados, conservándolos en refrigeración, hasta que se examinó la muestra.

1.6. Métodos de Análisis

1.6.1. Análisis Físico - Químico.

- Temperatura del Ambiente

Para tomar la Temperatura del Ambiente, se hizo por simple exposición del termómetro de mercurio en el lugar del muestreo.

- Temperatura del Agua

En todos los puntos de muestreo, se tomó la medida de la temperatura del agua, usando un termómetro de mercurio, sumergido en ella y en movimiento.

- Potencial de Hidrógeno

Las lecturas se hicieron directamente a las muestras con el medidor de PH., chequeando la temperatura y ajustando el equipo, con soluciones reguladoras o buffer, usándose el Método Potenciométrico.

- Turbidez

Para determinar la turbidez, se empleó el método visual por lecturas directas de las muestras a analizar, el cual da lecturas en unidades J.T.U., (Jackson Turbidity Units). Es importante agitar las muestras antes de efectuar las medidas.

- Conductividad Eléctrica

Se determinó la conductividad eléctrica, utilizando el Conducti-
vímetro HACH (de la Hach Chemical Company); dando las unidades
en mg/lit. de cloruro de sodio, las cuales se convierten en Micro-
mhos utilizando la tabla de conversión (Ver en la página No. 26)

En las estaciones de playas se prepararon diluciones de las mues-
tras y luego se les determinó la Conductividad Real, utilizando la si-
guiente fórmula:

$$C_r = \frac{(V_d \times C_1) - (V_t - V_a) \cdot C_{H_2O}}{V_a}$$

Donde:

- C_r = Conductividad Real
 V_d = Volumen de dilución
 C_1 = Conductividad leída en el aparato y
convertida en micromhos
 V_t = Volúmen Total
 V_a = Alícuota Tomada
 C_{H_2O} = Conductividad del agua utilizada para
la dilución

- Cálculo para determinar la Conductividad Eléctrica.

El conductivímetro HACH consta de 5 escalas, en las cuales se lee de 0 mg/lt. de NaCl. hasta 10,000. Las aguas de mar poseen una conductividad eléctrica mayor que la que lee el aparato; por lo cual se prepararon diluciones.

Ejemplo: Estación: Playa Acajutla

Fecha: 27 de Noviembre de 1983

(Primer dato) Tabla No. 50.

La dilución preparada fue 25 : 250, donde se midió volumetricamente 25.0 ml. de muestra y aforar a 250 ml. con agua destilada.

Resultados.

Conductividad Eléctrica del agua destilada = 80 mg/lt.

Conductividad Eléctrica de la muestra = 3,400 mg/lt.

que convertidos en micromhos, aproximadamente es = 6,400 (Ver tabla de conversión pag. 26)

para el agua destilada, aproximadamente es = 170 umhos (Ver tabla de conversión pag. 26)

C_r = ?

V_d = 250 ml.

C_1 = 6,400 micromhos (umhos)

V_t = 250 ml.

V_a = 25 ml.

C_{H_2O} = 170 umhos

$$C_r = \frac{(V_d \times C_1) - (V_t - V_a) \cdot C_{H_2O}}{V_a}$$

$$C_r = \frac{(250 \text{ ml.} \times 6400 \text{ } \mu\text{mhos}) - (250 \text{ ml.} - 25 \text{ ml.}) \cdot 170 \text{ } \mu\text{mhos}}{25 \text{ ml.}}$$

$$C_r = \frac{(1,600,000 \text{ ml. } \mu\text{mhos}) - (225 \text{ ml}) \cdot 170 \text{ } \mu\text{mhos}}{25 \text{ ml.}}$$

$$C_r = \frac{1,600,000 - 38,250}{25} \text{ } \mu\text{mhos}$$

$$C_r = \frac{1,561,750}{25} = 62,470 \text{ } \mu\text{mhos.}$$

- * Sólidos.Totales

La determinación de los sólidos totales se hizo gravimétricamente, de la muestra colectada y agitada vigorosamente, se mide volumetricamente 25.0 ml. se transfiere a una cápsula de porcelana previamente pesada y se deseca en una estufa de 103 - 105°C. el incremento en peso de la cápsula vacía, presenta el valor de los Sólidos Totales.

$$ST_{p.p.m.} = (C_m - C_v) \text{ FD}$$

Donde:

ST = Sólidos Totales

C_m = Peso de la cápsula con muestra

C_v = Peso de la cápsula vacía

FD = Factor dilución

* Método Estandar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho; Editorial Interamericana, S.A.; Undécima Edición, México 1963, P. 218.

- * Sólidos Disueltos

El método usado para esta determinación fue el Gravimétrico. La muestra colectada se agita y se filtran 100 ml. se mide volumétricamente 25 ml. que se transfiere a una cápsula previamente pesada luego, se deseca la muestra en una estufa a una temperatura de 103 - 105°C; llevar a peso constante y la diferencia de peso con la cápsula vacía representan los Sólidos Disueltos.

- Sólidos Suspendidos

Se determinaron los Sólidos Suspendidos, por la diferencia que resulta al restar los Sólidos Totales menos los Sólidos Disueltos, - que se determinaron Gravimetricamente.

- Cálculos para Sólidos Totales, Disueltos y Suspendidos

Estación: Desembocadura La Ranfla

Fecha: 8 de Enero de 1984 (Primer dato) Ver Tabla No. 54.

Para calcular los S.T., S.D., y S.S. se seleccionó la misma estación y fecha.

a) Totales

Datos:

Pesa de Cápsula Vacía (C_v) = 500,925 mg.

(*) Métodos Estandar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho; Editorial Interamericana, S.A.; Undécima Edición, México 1963. P. 219.

Peso de Cápsula con Muestra (C_m) = 502,541 mg.

Factor Dilución (F.D.) = 4. Debido a que los resultados de muestra se expresan en base a 100 ml. y la alicuota tomada fue de 25 ml.

$$\begin{aligned} ST_{p.p.m.} &= (C_m - C_v) \cdot FD \\ &= (502,541 \text{ mg.} - 500,925 \text{ mg.}) \cdot 4 \\ &= 1,616 \times 4 \end{aligned}$$

$$R/ST_{p.p.m.} = 6,464.$$

b) Disueltos:

Peso de Cápsula Vacía = 542,127 mg.

Peso de Cápsula con muestra = 543,733 mg.

$$\begin{aligned} C_m - C_v \\ (543,733 \text{ mg.} - 542,127 \text{ mg.}) \times 4 \\ 1,606 \times 4. \end{aligned}$$

$$R/SD_{p.p.m.} = 6,424.$$

c) Suspendidos:

Sólidos Totales = 6,464 p.p.m.

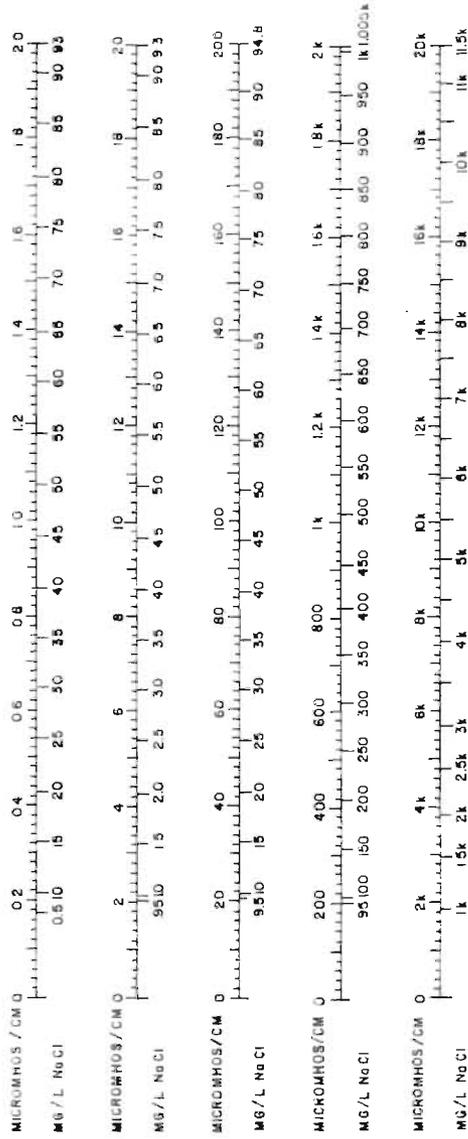
Sólidos Disueltos = 6,424 p.p.m.

Sólidos Suspendidos = ST - SD
= 6,464 p.p.m. - 6,424 p.p.m.

$$R/SS_{p.p.m.} = 40.$$

ESCALA DE CONVERSION

MICROMHOS/CM ↔ CLORURO DE SODIO



1.6.2. Análisis Biológicos

a) Preparación de Reactivos.

- Solución de Tiosulfato de Sodio 0.025 N.
Se prepara por disolución de 6.205 g. de $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ en agua destilada, recién hervida y enfriada y se diluye a 1,000 ml. Se preserva esta disolución por adición de 5 ml. de cloroformo o de 0.4 g. de Na OH por litro. La solución de tiosulfato de sodio exactamente 0.025 N, equivale a 0.200 mg. de oxígeno disuelto por 1.00 ml.

- Solución de Sulfato Manganoso
Se disuelven 480 g. de $\text{Mn SO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, 400 g. de $\text{Mn SO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ó 364 g. de $\text{Mn SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ en agua destilada, se filtra y se diluye a 1 litro.

- Solución de Almidón
En un mortero o en un vaso se prepara una emulsión de 5 a 6 g. de almidón de patata, arrurruz o soluble, con una pequeña cantidad de agua destilada. Se vierte la emulsión en un litro de agua en ebullición; que se continúa hirviendo por unos minutos y se deja sedimentar por una noche. Se emplea el líquido claro sobrenadante, que se preserva por la adición de 1.25 g. de ácido salicílico por litro o de unas cuantas gotas de tolueno.

- Reactivo Alkali-Yoduro de Potasio

Se disuelven 500 g. de Na OH y 135 g. de KI en agua destilada y se diluye a 1 litro. A esta solución se le agregan 10 g. de Na N₃ disueltos en 40 ml. de agua. Este reactivo no debe producir coloración en el almidón, cuando se diluya y acidule.

- Agua de Dilución. Para la determinación del oxígeno disuelto.

Preparar 4 diluciones así:

1º Pesar: 8.00 g. de KH₂PO₄; 21.75 g. de K₂HPO₄; 33.40 g. de N₂HPO₄ · 7 H₂O; 1.70 g. de ClNH₄.

Disolver cada una de estas sales y mezclarlas para luego, llevar volumetricamente a 1,000 ml. El PH final debe ser de 7.2.

Esta solución sirve para regular el PH de las bacterias.

2º Pesar 22.5 g. de Mg SO₄ · 7 H₂O y disolver en 1 litro de agua destilada; 3º Pesar 27.5 g. de Ca Cl₂ y disolver en 1 litro de agua destilada; 4º Pesar 0.25 g. de Fe Cl₃ · 6 H₂O y disolver en 1 litro de agua destilada.

De estas cuatro soluciones, agregar 1 ml. de cada una a 1 litro de agua destilada. Oxigenar dicha solución; siendo ésta, el agua de dilución.

Oxígeno Disuelto:

El oxígeno disuelto (OD), se tomó tanto en el campo como en el laboratorio. Usando el método de Winkler, que se describe a continuación:

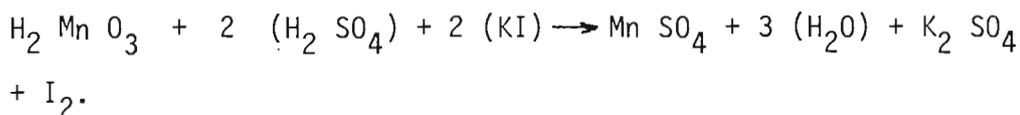
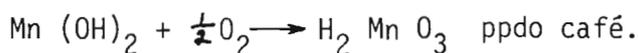
- * 1) A la muestra colectada en frascos de vidrio especiales para oxígeno disuelto, añadir 2 ml. de sulfato manganoso, luego añadir 2 ml. de alcali yoduro de potasio. Mezclar por inversión rápida por 30 segundos, esperar que el precipitado sedimente, reagitar y esperar a que sedimente por un período de 10 minutos para agua de mar.
- 2) Añadir 2 ml. de ácido sulfúrico concentrado y mezclar rápidamente por inversión hasta que la disolución sea completa.
- 3) Medir volumétricamente 200 ml. del contenido del frasco, transferirlo a un erlenmeyer con un mínimo de aereación de preferencia por las paredes del erlenmeyer.

* Métodos Estandar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho; Editorial Interamericana, S.A.; Undécima Edición, México 1963, P. 309 - 310.

- 4) Titular con tiosulfato de sodio 0.025 N, agitando con un agitador magnético hasta que presente un color amarillo pálido, en este punto, añadir 2 ml. de indicador de almidón y continuar titulando hasta que desaparesca el color azul.

Reportar los resultados en partes por millón (p.p.m.) 1 ml. de tiosulfato de sodio 0.025 N = 1 p.p.m. de oxígeno disuelto.

Reacciones:



La liberación del yodo, dá a la solución un color amarillo cafeoso y la intensidad del color es proporcional al contenido de (O.D.), en la muestra original.

La cantidad de yodo es determinada por la titulación con tiosulfato de sodio 0.025 N.



El punto final es determinado usando el indicador de almidón, el cual dá color azul con el yodo libre, y no da color con el NaI (incolore en el punto final).

La desaparición del color azul, marca el punto final de la reac
ción.

La determinación del oxígeno del agua se basa en el hecho de que el Na OH da con el Mn SO₄ , un precipitado blanco de hidróxido - manganoso.

Si existe oxígeno, el hidróxido manganoso se oxida a oxihidrato manganoso de color castaño, siendo esta oxidación proporcional al oxígeno.

La adición del ácido sulfúrico concentrado es con el objeto de - proporcionar el medio ácido, para liberar los iones mangánicos, que reaccionan con los iones yodo del yoduro potásico, formándose yodo libre.

El tiosulfato de sodio 0.025 N. sirve para determinar la cantidad de yodo libre que está presente.

La solución de almidón se agrega con el objeto de detectar el pun
to final de la titulación.

La cantidad de yodo libre es equivalente a la cantidad de oxígeno de la muestra.

Cálculo para determinar Oxígeno Disuelto.

Se tomó el (O.D.) de campo, el cual sirve como referencia para las determinaciones del (O.D.) de laboratorio. Si el (O.D.) de campo es me
nor de 4 p.p.m. se prepara agua de dilución.

Estación: Playa Acajutla

Fecha: 27 de Noviembre de 1983. (Tabla No. 50)

Ml. gastado de tiosulfato 0.025 N. en el (O.D.) de:

Campo = 1.0, 1.0, 1.2, 1.2 ml.

Laboratorio = 7.2, 6.6, 7.4, 7.0 ml.

Los frascos para (O.D.) contenían 50 ml. de la muestra original y se les agregó agua de dilución hasta llenar el frasco, cuya capacidad es de 300 ml. (Relación 50 : 300).

En los casos en que el (O.D.) de campo, fue mayor de 4 p.p.m., no se usó agua de dilución y los frascos se llenaron sólo con muestra original.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.)

La determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.), se basa en la determinación del oxígeno disuelto a diferentes intervalos de tiempo.

* Se llenan 2 ó más botellas para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.), con la muestra, en caso necesario se añade agua de dilución, se determina el Oxígeno Disuelto (O.D.), inmediato, al menos a una bo-

(*) Métodos Estandar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho; Editorial Interamericana, S.A.; Undécima Edición, México 1963, P. 283 - 287.

tella y las otras se incuban a $20 \pm 1^\circ\text{C.}$, durante 5 días, después de este tiempo, se les determina la cantidad de oxígeno remanente; la Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.), será igual a la cantidad de Oxígeno Disuelto inicial, menos el Oxígeno Disuelto al quinto día, multiplicado por el porcentaje de dilución, en caso de haberla efectuado.

- Cálculo para determinar el D.B.O.

Almacenar por 5 días y a una temperatura de $20^\circ \pm 1^\circ\text{C.}$, los frascos de (O.D.), con las muestras a analizar. Al cabo de este tiempo, titular con tiosulfato de sodio 0.025 N. cada ml. de tiosulfato - 0.025 N \equiv 1 p.p.m. de oxígeno disuelto.

Si se adiciona agua de dilución a las muestras, el cálculo para la (D.B.O.), se multiplica por F.D. Relación (50 : 300) de la determinación para el oxígeno disuelto.

Estación: Playa Acajutla

Fecha: 27 de Noviembre de 1983. (Tabla No. 50)

Ml. gastados de tiosulfato de sodio 0.025 N. para determinación del (O.D.) inicial:

7.2, 6.6, 7.4, 7.0.

Ml. gastados de tiosulfato de sodio 0.025 N. para la determinación de (O.D.), al quinto día:

6.5, 5.7, 7.0, 6.5.

$$\text{DBO} = (\text{OD inicial} - \text{OD al quinto día}) \times \text{F.D.}$$

$$\text{F.D.} = \frac{\text{Dilución hecha}}{\text{Alicuota tomada}} = \frac{300}{50} = 6$$

$$\text{F.D.} = 6.$$

a) $\text{D.B.O.} = (7.2 - 6.5) \cdot 6$

$$\text{D.B.O.} = 0.7 \times 6$$

$$\text{D.B.O.} = 4.2 \text{ p.p.m.}$$

b) $\text{D.B.O.} = (6.6 - 5.7) \cdot 6$

$$\text{D.B.O.} = 0.9 \times 6$$

$$\text{D.B.O.} = 5.4 \text{ p.p.m.}$$

c) $\text{D.B.O.} = (7.4 - 7.0) \cdot 6$

$$\text{D.B.O.} = 0.4 \times 6$$

$$\text{D.B.O.} = 2.4 \text{ p.p.m.}$$

d) $\text{D.B.O.} = (7.0 - 6.5) \cdot 6$

$$\text{D.B.O.} = 0.5 \times 6$$

$$\text{D.B.O.} = 3.0 \text{ p.p.m.}$$

1.6.3. Analisis Bacteriológico

a) Preparacion de Reactivos

- Solución de Ringer

Pesar: 0.9 g. de Na Cl.; 0.042 g. de K Cl.; 0.048 g. de Ca Cl₂ .
6 H₂O.; 0.02 g. de Na H CO₃. Agregar 400 ml. de agua destilada hasta completa disolución. Esterilizar en autoclave a 121°C por 15 minutos.

- Solución de Lugol

Disolver 1 g. de yodo en cristales y 2 g. de yoduro de potasio en 300 ml. de agua destilada.

- Solución de Safranina

Disolver 2.5 g. de colorante safranina en 100 ml. de solución alcohólica 95 por 100, agregar 10 ml. de solución alcohólica de safranina a 100 ml. de agua destilada.

- Solución de Oxalato de Amonio - Cristal Violeta

Se disuelven 2 g. de cristal violeta (con 85 por 100 de colorante) en 20 ml. de alcohol etílico al 95 por 100; se disuelve 0.2 g. de oxalato de amonio en 20 ml. de agua destilada; se mezclan las dos soluciones, por lo general en partes iguales.

- Mezcla Alcohol - Acetona

Alcohol etílico, 75 por 100 (95°) y acetona 25 por 100.

- Caldo Lactosado

Se agregan 3 g. de extracto de carne y 5 g. de peptona a cada porción de 1,000 ml. de agua destilada, calentar y agitar hasta disolución (caldo nutriente). Agregar 0.5 por 100 de lactosa, se ajusta la reacción para que la lectura de PH después de esterilizar, se encuentre entre 6.8 y 7.0; de preferencia 6.9; se vierte en tubos de fermentación y se esteriliza en autoclave a 121°C. por un período de 15 minutos, se enfría rápidamente después de retirarlo del autoclave.

- Agar Nutritivo

Extracto de Carne 3 g.; Peptona 5 g.; Agar 15 g.

Pesar 23.0 g. y disolver en agua caliente. Esterilizar en autoclave por 121°C. por 15 minutos.

- Agar con Eosina y Azul de Metileno (E.M.B.)

A cada litro de agua destilada se le agregan 10 g. de peptona, 2 g. de fosfato dibásico de potasio, K_2HPO_4 y 20 g. de agar, calentar a ebullición hasta completa disolución de los ingredientes. Se vierten volúmenes determinados en matraces y se esterilizan en autoclave.

Agregar a cada porción de 100 ml., 5 ml. de solución acuosa estéril de lactosa, al 20 por 100. 2 ml. de solución acuosa de eosina amarillenta al 2 por 100 y 1.3 ml. de solución acuosa de azul de metileno al 0.5 por 100. Se mezcla bien, se vierte en cajas de petri y se deja endurecer.

Para verificar el control microbiológico de aguas: potable, industrial, de desecho, de ríos, de lagos, mares, etc. existen tres métodos:

- a) Técnicas de Filtración a través de membrana;
- b) Recuento en placa;
- c) Determinación del "número más probable" (N.M.P.)

* El N.M.P. es un concepto estadístico derivado de la teoría de probabilidades aplicables a la enumeración de microorganismos viables y para el control microbiológico de aguas, con un índice de contaminación bacteriana desconocida.

La metodología ideal, para este procedimiento, está basada en la elección de unas diluciones adecuadas de la muestra problema.

El objetivo de hacer diluciones, es obtener una estimación de la población bacteriana de las muestras.

Existen dos tipos de diluentes: Solución Salina y Solución de Ringer. Debido a que varias de las muestras a analizar fueron agua de mar, se descartó el uso de la solución salina como diluyente; ya que ésta, aumentaría la concentración de cloruro de sodio, inhibiendo así, el crecimiento bacteriano.

Preparación de las Diluciones de las Muestras

Procedimiento:

(*) Guinea, Jesús y otros; "Análisis Microbiológico de Aguas", Aspectos Aplicados; Ediciones Omega, S.A.; Casanova 220, Barcelona 36; 1979. P. 87.

- a) Se agitó varias veces el frasco que contenía la muestra de agua.
- b) Se pipetió 10.0 ml. de la muestra que se transfirió a un frasco que contenía 90.0 ml. de solución de Ringer, que se rotuló como dilución 10^{-1} .
- c) Se pipetió 10 ml. de la dilución 10^{-1} , para ser transferido a un frasco que contenía 90 ml. de solución de Ringer, que se rotuló como dilución 10^{-2} . Así sucesivamente, se procedió de igual manera hasta obtener diluciones de 10^{-6} .

El método comprende tres pruebas: Presuntiva, Confirmativa y Completa.

Prueba Presuntiva:

- a) Se inocularon una serie de tubos de fermentación primaria, que contenían: 10.0 ml., 9.9 ml. y 9.0 ml. de caldo lactosado, con volúmenes apropiados de las muestras diluidas, sometidas al análisis;
- b) Se incubaron a una temperatura de $35^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Examinándose al cabo de 24 y 48 ± 3 horas, para observar la presencia de gas en los tubos de fermentación. Lo que constituyó una prueba positiva sea cual fuera la cantidad de gas producida.

Prueba Confirmativa:

- a) De los tubos de fermentación, donde se obtuvieron resultados positivos, se mezclaron bien, por agitación suave o por rotación;

- b) Se tomaron pequeñas porciones con aza bacteriológica que se inoculó en estrías, en placas con agar eosina y azul de metileno, las cuales se incubaron a una temperatura de $35^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C.}$, por 24 ± 2 horas, al término de este tiempo se observó si hubo crecimiento bacteriano en forma de colonias típicas (*)

Prueba Completa:

- a) De las colonias típicas se inocularon tubos de fermentación secundaria con 10.0 ml., 9.9 ml., y 9.0 ml. con caldo lactosado, los - cuales se incubaron a una temperatura de $35^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C.}$, por 48 ± 3 horas;
- b) De las mismas colonias típicas, se inocularon tubos de (16 x 150 m.m.) de agar inclinado, que se incubaron a una temperatura de - $35^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C.}$, por 24 ± 2 horas;
- c) Del crecimiento bacteriano del tubo con agar inclinado, se hicieron tinciones de coloración de Gram, para observar la morfología bacteriana. Cuando se observaron bacilos cortos, Gram negativos, y no esporulados; se consideró entonces la prueba como satisfactoria.

Cálculo para obtener el "número más probable" (N.M.P.) por 100 ml. de muestra.

Estación: Río Sensunapán

Fecha: Enero 8 de 1934. (Ver tabla No. 58)

(*) Colonias redondas, convexas y lisas, con bordes defi nidos, nucleadas, con o sin lustre metálico, mucoides.

ML. DE MUESTRA	DILUCIONES		
	10^{-1}	10^{-3}	10^{-6}
10.0 ml.	5/5	4/5	2/5
1.0 ml.	5/5	3/5	1/5
0.1 ml.	5/5	1/5	0/5

* Lectura

La interpretación de los resultados, se expresan en forma de un número quebrado, en donde el numerador representa el número total de tubos positivos y el denominador el total de tubos empleados en cada serie de diluciones. En el ejemplo anterior; para la dilución 10^{-1} se obtuvieron los siguientes resultados: 5 tubos positivos para -- 10.0 ml. de muestra; 5 tubos positivos para 1.0 ml. de muestra y 5 - tubos positivos para 0.1 ml. de muestra. Por lo tanto el N.M.P. se lee en la tabla de interpretación (Página No. 43).

Corresponde a la columna 10^{-1} diluciones, el código: 5, 5, 5, cuyo valor en la tabla de interpretación es $\approx 2,400$ coliformes por 100 ml. de muestra.

Corresponde a la columna 10^{-3} diluciones, el código: 4, 3, 1, cuyo valor en la tabla de interpretación es de 33 coliformes por 100 ml. de muestra.

(*) Mendoza Serrano, Francisco José; Copia personal de Recopilación de Seminarios sobre Contaminación Bacteriológica de Aguas, México, D.F., 1983. P. 812.

Corresponde a la columna 10^{-6} diluciones, el código: 2, 1, 0, cuyo valor en la tabla es de 7 coliformes por 100 ml. de muestra.

Cálculo del N.M.P.

Aplicando los resultados obtenidos de coliformes por 100 ml. de muestra, de las diluciones; se calculó la media aritmética:

$$\bar{x} = \frac{\sum \text{N.M.P.} (10^{-1} + 10^{-3} + 10^{-6})}{3}$$

Sustituyendo los valores encontrados para cada código:

$$\bar{x} = \frac{2,400 + 33 + 7}{3} = 813.3$$

$\bar{x} = 813.3$ Bacterias Coliformes por 100 ml. de muestra

R = 813.3

En caso de no aparecer en las tablas de interpretación, el código obtenido; el N.M.P. se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$\text{N.M.P. / 100 ml.} = \frac{\text{No. tubos positivos} \times 100}{\text{ml. de muestra en los tubos negativos} \times \text{ml. de muestra de todos los tubos}}$$

En los análisis bacteriológicos que se efectuaron, los códigos obtenidos, se pudieron leer en las tablas de interpretación del N.M.P.

Ventajas del Método "número más probable" (N.M.P.)

1. Se pueden analizar grandes volúmenes de aguas.
2. Se aplica cuando hay gran contaminación bacteriana.
3. Al observarse una producción de gas en la campana Durham, que es debida a que las bacterias metabolizan los hidratos de carbono, lo cual facilita su interpretación;
4. El equipo utilizado para el análisis es sencillo, de bajo costo, la muestra es tomada con facilidad, no se utilizan aparatos sofisticados y los reactivos utilizados son de fácil adquisición pudiendo ser sustituidos por otros.

Indice del NMP y limite confiable de 95% para varias combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se usan: 5 tubos con porciones de 10 ML. en cada uno 5 con porciones de 1 ML. y 5 con porciones de 0.1 ML.

No. de tubos con reacciones positivas	Indice del NMP por 100 ML	Limite Confiable de 95%		Indice del NMP por 100 ML	No. de tubos con reacciones positivas	Indice del NMP por 100 ML	Limite Confiable de 95%
		5 tubos con 10 ML.	5 tubos con 0.1 ML.					5 tubos con 10 ML.	5 tubos con 0.1 ML.
0	0	0	0	2	0	0	0.5
0	0	0	1	2	0	0	0.5
0	0	1	0	2	0	0	0.5
0	0	2	0	4	0	0	0.5
1	0	0	0	2	0	0	0.5
1	0	0	1	4	0	0	0.5
1	0	1	0	4	0	0	0.5
1	0	1	1	6	0	0	0.5
1	0	2	0	6	0	0	0.5
2	0	0	0	5	0	0	0.5
2	0	0	1	7	0	0	1
2	1	0	0	7	0	0	1
2	1	1	0	9	0	0	2
2	2	0	0	9	0	0	2
2	3	0	0	12	0	0	3
3	0	0	0	8	0	0	1
3	0	0	1	11	0	0	2
3	1	0	0	11	0	0	2
3	1	1	0	14	0	0	4
3	2	0	0	14	0	0	4
3	2	1	0	17	0	0	5
3	3	0	0	17	0	0	5
4	0	0	0	13	0	0	3
4	0	0	1	17	0	0	5
4	1	0	0	17	0	0	5
4	1	1	0	21	0	0	7
4	1	1	1	21	0	0	7
4	1	1	2	26	0	0	9
4	2	0	0	22	0	0	7
5	0	0	0	2	0	0	0.5
5	0	0	1	3	0	0	0.5
5	0	0	2	5	0	0	0.5
5	1	0	0	5	0	0	0.5
5	1	1	0	5	0	0	0.5
5	1	1	1	5	0	0	0.5
5	1	1	2	5	0	0	0.5
5	2	0	0	5	0	0	0.5
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	1
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5	0	0	2
5	1	1	2	5	0	0	2
5	2	0	0	5	0	0	1
5	2	1	0	5	0	0	1
5	2	1	1	5	0	0	2
5	2	2	0	5	0	0	2
5	3	0	0	5	0	0	3
5	0	0	0	5	0	0	1
5	0	0	1	5	0	0	2
5	0	0	2	5	0	0	2
5	1	0	0	5	0	0	1
5	1	1	0	5	0	0	1
5	1	1	1	5			

CAPITULO IV

RESULTADOS EXPERIMENTALES

1. Análisis Físico-químicos y Biológicos
2. Análisis Bacteriológico

ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BIOLÓGICO

ESTACION: Río Sensunapán

FECHA	HORA	T°C Ambiente	T°C Agua	P.H.	P.P.M. O.D.	P.P.M. DBO	J.T.U Turbidez	UMHOS Conductividad	Totales	SOLIDOS P.P.M. Disueltos	Suspendidos
6/ 4/83	9:00 a.m.	26	25	7.1	5.6	1.2	75	250	262	201	61
6/ 4/83	9:10 a.m.	26.2	25.8	7.2	5.9	1.0	70	225	410	192	218
6/ 4/83	9:20	26	25.5	7.3	6.7	1.0	75	210	258	244	14
26/ 4/83	9:00	27	26	7.6	6.5	1.3	70	270	322	180	142
26/ 4/83	9:20	26.6	26.3	7.2	5.6	1.4	70	230	426	216	210
26/ 4/83	9:30	27.8	27.6	7.8	6.3	0.9	75	253	444	202	242
24/ 5/83	9:00	27	26.7	7.4	6.2	1.2	87	250	272	120	152
24/ 5/83	9:10	26.1	25.8	7.2	5.6	0.9	90	220	472	213	259
24/ 5/83	9:20	27.4	27.2	7.4	6.1	1.2	95	220	280	230	50
21/ 6/83	9:30	27	27	7.3	6.1	0.9	95	240	315	162	153
21/ 6/83	9:40	26.4	26.2	7.2	5.8	1.2	98	226	384	180	204
21/ 6/83	9:50	27	27	7.0	6.5	1.0	95	250	272	228	44
12/ 7/83	9:00	28	28.0	7.4	6.0	0.9	96.5	230	122	122	0
12/ 7/83	9:10	27.2	26.9	7.3	5.9	0.8	85	218	420	190	230
12/ 7/83	9:20	28	28	7.4	5.7	0.8	95	218	264	235	29

ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BIOLOGICO

ESTACION: Río Sensunapán

FECHA	HORA	T°C Ambiente	T°C Agua	P.H.	P.P.M. O.D.	P.P.M. DBO	J.T.U Turbidez	AMHOS Conductividad	Totales	SOLIDOS P.P.M. Disueltos	Suspendidos
6/11/83	10:00	28	25.2	7.1	6.6	2.0	6.5	100	288	248	40
6/11/83	10:00	27	24.8	6.7	6.6	2.0	7.0	100	288	228	60
6/11/83	10:00	29	25	7.1	6.8	2.2	5.0	200	232	216	16
6/11/83	10:00	26	24	7.2	6.8	2.0	10.0	200	236	236	0
27/11/83	10:10	28	25	7.0	5.7	2.7	30.0	100	228	120	108
27/11/83	10:10	28.5	24	7.0	5.4	1.2	30.0	100	276	220	56
27/11/83	10:10	27	26	7.3	5.8	1.7	35.0	200	312	204	108
27/11/83	10:10	26.9	25	7.3	5.7	1.7	35.0	200	292	272	20
11/12/83	10:00	26	24	8.3	4.2	2.0	60.0	200	204	144	60
11/12/83	10:00	25.6	23.2	8.2	4.3	1.3	62.0	180	224	180	44
11/12/83	10:00	26	24.8	7.9	4.3	1.3	70.0	190	224	188	36
11/12/83	10:00	25	24	7.9	4.1	1.3	60.0	205	232	175	57
8/ 1/84	10:10	27	27	7.4	6.3	10.8	15.0	210	240	220	20
8/ 1/84	10:10	26	26	7.3	6.2	10.9	15.0	205	242	223	19
8/ 1/84	10:10	26.5	26.3	7.4	4.9	10.2	18.0	190	268	252	16
8/ 1/84	10:10	26.7	26.7	7.4	5.0	10.5	18.0	195	259	228	31
29/ 1/84	10:00	25.9	25	7.3	5.8	4.8	15.0	200	275	220	55
29/ 1/84	10:00	26.5	26	7.4	5.9	5.5	16.0	225	260	225	35
29/ 1/84	10:00	27	27	7.5	5.9	6.0	16.0	230	250	230	20
29/ 1/84	10:00	26.5	26	7.3	6.0	7.0	17.0	260	262	229	33

ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BIOLOGICO

ESTACION: Desembocadura Sensunapán

FECHA	HORA	T°C Ambiente	T°C Agua	P.H.	P.P.M. O.D.	P.P.M. DBO	J.T.U Turbidez	JMHOS Conductividad	TOTALES	SOLIDOS DISUELTOS	P.P.M. SUSPENDIDOS
6/ 4/83	10:00	27	26	7.0	6.5	2.0	100	218	496	215	281
6/ 4/83	10:00	26.6	25.2	7.1	6.6	2.2	100	220	592	219	373
6/ 4/83	10:00	28	26.5	7.3	7.3	2.4	90	219	316	212	104
26/ 4/83	10:00	29	28	7.2	7.2	1.8	120	290	425	208	217
26/ 4/83	10:10	29.2	28.3	7.2	7.2	2.0	99	285	360	206	154
26/ 4/83	10:20	28	27	7.1	6.1	1.9	90	295	310	120	190
24/ 5/83	10:00	32	30	7.5	7.2	0.9	10	230	256	192	64
24/ 5/83	10:10	31.9	29	7.6	6.7	0.7	100	220	364	252	112
24/ 5/83	10:20	32	31.2	7.5	7.3	0.8	90	230	264	180	84
21/ 6/83	10:30	28	27	7.8	7.2	0.8	80	270	356	280	76
21/ 6/83	10:40	29.4	27	7.6	6.5	0.9	80	250	314	286	28
21/ 6/83	10:50	29	28	7.7	6.5	1.0	90	260	290	275	15
12/ 7/83	10:00	29	26	7.6	7.2	0.7	95	270	315	240	75
12/ 7/83	10:10	29	26.1	7.5	6.4	0.7	80	270	298	256	42
12/ 7/83	10:20	29	26	7.6	6.8	1.0	90	250	305	245	60

ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BIOLOGICO

ESTACION: Playa Acajutla

FECHA	HORA	T°C Ambiente	T°C Agua	P.H.	P.P.M. O.D.	P.P.M. DBO	J.T.U Turbidez	JMHOS Conductividad	Totales	SOLIDOS Disueltos	P.P.M. Suspendidos
6/ 4/83	11:00 a.m.	28	27	7.8	6.2	1.0	20	58734.0	39940	38542	1398
6/ 4/83	11:10	29.1	29	7.7	6.0	1.2	20	59974.8	42044	38560	3484
6/ 4/83	11:30	28	27	7.7	6.7	1.1	15	59843.3	39339	38420	919
26/ 4/83	11:00	27	26	7.5	6.3	1.2	20	60911.8	20380	16745	3635
26/ 4/83	11:10	28.9	27	7.6	6.3	1.0	10	61001.6	39582	37212	2370
26/ 4/83	11:20	29	28	7.7	6.4	1.3	15	61969.4	35528	33201	2327
24/ 5/83	11:00	26	25	7.6	6.3	0.9	20	59999.2	19776	18122	1654
24/ 5/83	11:10	28	27	7.8	6.6	1.0	15	60734.2	38857	38104	753
24/ 5/83	11:20	26	26	7.8	6.2	0.8	15	62732.0	33066	32140	926
21/ 6/83	11:30	26	25	7.5	7.3	0.7	20	59732.0	29858	28264	1594
21/ 6/83	11:40	28.2	27	7.6	7.5	0.7	18	60854.0	39251	35868	3383
21/ 6/83	11:50	28	27	7.8	7.2	0.9	15	59971.0	24200	23840	360
12/ 7/83	11:00	27	27	7.6	6.2	0.7	20	60713.0	30142	29722	420
12/ 7/83	11:10	28.5	27	7.7	6.1	0.8	10	59996.9	31450	30966	484
12/ 7/83	11:20	27	26	7.8	6.1	0.8	15	60732.4	31202	31024	178

ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BIOLOGICO

ESTACION: Playa Acajutla

FECHA	HORA	T°C Ambiente	T°C Agua	P.H.	P.P.M. O.D	P.P.M. DBO	J.T.U Turbidez	JMHOS Conductividad	Totales	SOLIDOS P.P.M. Disueltos	Suspendidos
6/11/83	11:00 a.m.	27.0	25.0	7.8	7.8	1.8	5.0	84564.4	44840	40842	3998
6/11/83	11:00	28.1	26.0	7.9	7.8	1.8	6.0	85564.4	43580	38516	5064
6/11/83	11:00	27.2	25.0	8.0	7.9	1.9	5.0	70564.4	39476	39432	44
6/11/83	11:00	27.5	24.0	7.95	7.9	1.9	5.0	70564.4	44648	40320	4328
27/11/83	11:05	28.2	25.0	7.8	7.2	4.2	5.0	62470.0	43986	37896	6090
27/11/83	11:05	27.3	26.0	7.8	6.6	5.4	5.0	62970.0	45880	38844	7036
27/11/83	11:05	26.9	24.0	7.8	7.4	2.4	5.0	63470.0	37836	37732	104
27/11/83	11:05	27.0	25.0	7.7	7.0	3.0	4.0	63470.0	47452	44828	2624
11/12/83	11:00	26.0	25.0	7.9	8.0	4.5	10.0	60973.0	59132	39388	19744
11/12/83	11:00	25.8	25.0	8.0	8.2	4.2	8.0	60973.0	59120	38624	20496
11/12/83	11:00	26.1	24.0	8.0	8.0	5.4	12.0	60900.0	48048	40124	7924
11/12/83	11:00	26.2	25.0	8.0	8.2	5.4	10.0	60900.0	48100	39924	8176
8/ 1/84	11:05	27.1	25.0	8.1	7.6	13.2	5.0	66910.0	42976	36772	6204
8/ 1/84	11:05	27.2	24.9	8.0	7.7	13.4	5.0	67910.0	42901	36732	6169
8/ 1/84	11:05	27.3	25.2	8.1	8.6	13.2	3.0	64910.0	42656	39888	2768
8/ 1/84	11:05	27.8	25.1	8.1	8.5	13.3	3.0	65910.0	42230	39800	2430
29/ 1/84	11:00	27.9	25.0	9.0	7.1	7.2	8.0	66500.0	42750	38575	4175
29/ 1/84	11:00	26.8	24.9	9.0	7.0	6.5	5.0	65920.0	41920	37952	3968
29/ 1/84	11:00	27.1	25.2	8.9	6.9	4.2	5.0	66250.0	42350	38670	3680
29/ 1/84	11:00	27.0	25.1	8.9	6.9	4.0	3.0	66300.0	42610	38920	3690

ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BIOLÓGICO

ESTACION: Río La Ranfla

FECHA	HORA	T°C Ambiente	T°C Agua	P.H.	P.P.M. O.D.	P.P.M. DBO	J.T.U. Turbidez	JMHOS Conductividad	Totales	SOLIDOS P.P.M. Disueltos	Suspendidos
12/ 4/83	11:00 a.m	30	28	5.6	6.4	1.2	60	240	313	290	23
12/ 4/83	11:00	30	29	5.4	6.0	1.3	56	238	376	325	51
12/ 4/83	11:00	29	28.5	5.6	6.1	1.5	59	242	292	270	22
3/ 5/83	11:20	30	27	6.0	6.8	1.7	63	230	302	295	7
3/ 5/83	11:20	31	28	6.1	6.4	1.8	65	232	316	289	27
3/ 5/83	11:20	29	28.8	5.8	6.8	1.9	60	233	360	300	60
7/ 6/83	11:14	29	29	5.2	6.2	1.4	64	250	295	256	39
7/ 6/83	11:14	30	28.5	5.8	6.0	1.7	64	254	283	250	33
7/ 6/83	11:14	29	29	6.0	6.4	1.7	65	260	372	325	47
28/ 6/83	11:16	29	28	6.0	6.6	1.9	60	250	294	254	40
28/ 6/83	11:16	30	28	5.8	6.4	2.0	67	252	312	288	24
28/ 6/83	11:16	28	28	5.8	6.0	2.1	59	254	282	264	18
19/ 7/83	10:15	29	27	5.9	6.1	1.9	61	258	351	325	26
19/ 7/83	10:15	30	28.2	5.2	5.9	1.8	58	260	338	305	33
19/ 7/83	10:15	29	27	6.0	5.9	1.9	59	262	320	299	21

ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BIOLOGICO

ESTACION: Río La Ranfla

FECHA	HORA	T°C Ambiente	T°C Agua	P.H.	P.P.M. O.D.	P.P.M. DBO	J.T.U Turbidez	µMHOS Conductividad	Totales	SOLIDOS P.P.M. Disueltos	Suspendidos
6/11/83	13:05	30.9	29	6.9	7.5	2.3	50	500	276	256	20
6/11/83	13:05	30.9	29	7.0	7.5	2.3	40	420	248	244	4
6/11/83	13:05	31.1	29.1	6.2	7.5	2.5	45	420	212	204	8
6/11/83	13:05	31.3	29.1	6.3	7.5	2.5	40	420	280	216	64
27/11/83	13:05	29	26	7.5	6.0	5.1	35	560	289	262	27
27/11/83	13:05	28	24	7.5	6.0	5.2	35	560	278	243	35
27/11/83	13:05	28	25	7.5	6.2	3.8	40	500	259	224	35
27/11/83	13:05	29	25	7.5	6.0	4.5	40	500	280	275	5
11/12/83	13:00	26	24	9.0	4.5	2.5	53	790	324	230	94
11/12/83	13:00	27	25	9.1	4.7	2.3	58	795	315	251	64
11/12/83	13:00	26.5	23	8.9	4.6	2.5	50	800	312	245	67
11/12/83	13:00	27.0	24	8.9	4.4	2.2	50	800	320	223	97
8/ 1/84	13:05	26.0	24	8.0	6.8	18.3	10	500	204	190	14
8/ 1/84	13:05	25.7	23.9	8.0	6.7	18.0	10	490	228	195	33
8/ 1/84	13:05	25.2	23.8	7.7	6.6	19.2	12	505	208	189	19
8/ 1/84	13:05	29	24.1	7.8	6.7	19.1	12	480	210	185	25
29/ 1/84	13:05	29	25	8.9	7.3	10.2	15	496	225	189	36
29/ 1/84	13:05	28	24	8.8	7.4	11.0	10	520	210	190	20
29/ 1/84	13:05	27.5	23.9	8.8	8.0	12.0	10	525	205	187	18
29/ 1/84	13:05	28	24	8.8	7.9	13.0	8	510	215	172	43

ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BIOLOGICO

ESTACION: Desembocadura La Ranfla

FECHA	HORA	T°C Ambiente	T°C Agua	P.H.	P.P.M. O.D.	P.P.M. DBO	J.T.U. Turbidez	LMHOS Conductividad	Totales	SOLIDOS P.P.M. Disueltos	Suspendidos
12/ 4/83	10:00 a.m.	30	28	6.7	5.1	0.8	20	4109	380	250	130
12/ 4/83	10:00	29	29	6.8	5.2	0.9	20	4382	520	465	55
12/ 4/83	10:00	29	28	6.8	5.2	1.0	25	4100	760	624	136
3/ 5/83	10:20	29	27	6.8	5.3	0.9	30	4708	2992	2236	756
3/ 5/83	10:20	31	27	6.9	5.4	0.8	30	4950	2582	2145	437
3/ 5/83	10:20	29	27	7.0	5.3	1.1	35	4770	3124	3029	95
7/ 6/83	10:25	29	27	7.3	5.2	0.7	40	2490	4604	3246	1358
7/ 6/83	10:25	29	28	7.0	5.5	1.0	40	2500	4072	3854	218
7/ 6/83	10:25	29	28	7.0	5.3	1.3	50	2643	3796	3125	671
28/ 6/83	9:00	30	27	7.0	5.0	0.6	50	4650	6186	5842	344
28/ 6/83	9:00	30	28	7.2	5.2	0.7	50	4700	6220	5124	1096
28/ 6/83	9:00	29	27	7.3	5.0	0.6	50	4643	6610	6112	498
19/ 7/83	9:16	29	27	7.3	5.2	0.6	56	2800	6380	6142	238
19/ 7/83	9:16	31	27	7.5	5.0	0.5	60	3082	9810	9425	385
19/ 7/83	9:16	29	27	7.6	5.1	0.6	65	2857	9723	9583	140

ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BIOLOGICO

ESTACION: Desembocadura La Ranfla

FECHA	HORA	T°C Ambiente	T°C Agua	P.H.	P.P.M. O.D.	P.P.M. DBO	J.T.U. Turbidez	JMHOS Conductividad	Totales	SOLIDOS P.P.M. Disueltos	Suspendidos
6/11/83	13:30 p.m.	27	26	6.2	9.1	8.5	60	3100	272	259	13
6/11/83	13:30	28	27	6.2	9.1	8.5	75	3120	3942	3736	206
6/11/83	13:30	26.9	25	6.1	9.2	8.6	65	3400	3861	3641	220
6/11/83	13:30	27	26	6.1	9.2	8.6	60	3380	3492	3228	264
27/11/83	13:35	27	25	7.5	4.2	1.0	15	3000	3684	3584	100
27/11/83	13:35	28.2	27	7.4	4.1	0.2	15	3100	3804	3668	136
27/11/83	13:35	27.5	24	7.4	5.7	0.2	16	2900	6288	6084	204
27/11/83	13:35	27.8	24	7.5	6.2	1.3	17	2970	6316	6232	84
11/12/83	10:30	26.0	24	9.4	6.5	0.3	48	9200	640	636	4
11/12/83	10:30	25.0	25	9.3	6.5	0.2	46	9000	650	635	15
11/12/83	10:30	26.0	23	9.2	6.8	0.5	50	6200	684	660	24
11/12/83	10:30	27	24	9.2	6.5	1.6	50	3300	690	672	18
8/ 1/84	10:35	27	25.1	7.6	5.3	12.0	10	2582	6464	6424	40
8/ 1/84	10:35	26.8	25.2	7.5	5.2	12.1	10	2501	6420	6382	38
8/ 1/84	10:35	27.2	24.9	7.5	5.0	3.6	15	2640	6372	6372	0
8/ 1/84	10:35	26.5	24.8	7.5	5.2	3.4	15	2700	6320	6317	3
29/ 1/84	10:30	27	24.8	8.8	6.6	3.6	13	2600	6325	6240	85
29/ 1/84	10:30	27.1	24.7	8.7	6.5	3.7	11	2520	6970	5625	1345
29/ 1/84	10:30	26.8	25.1	8.8	6.6	6.0	10	2680	6275	6002	273
29/ 1/84	10:30	26.3	25.3	8.8	6.7	6.5	11	2572	6300	6212	88

ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BIOLOGICO

ESTACION: Playa Las Flores

FECHA	HORA	T°C Ambiente	T°C Agua	P.H.	P.P.M. O.D.	P.P.M. DBO	J.T.U. Turbidez	JMHOS Conductividad	Totales	SOLIDOS P.P.M. Disueltos	Suspendidos
12/ 4/83	9:00 .m.	32	30	7.6	6.8	1.5	15	60828	1584	908	676
12/ 4/83	9:00	31.9	30	7.5	6.6	1.2	11	61201.6	1560	1002	558
12/ 4/83	9:00	32	30.1	7.6	6.1	1.0	10	61201.6	1860	1235	625
3/ 5/83	9:10	30	29	7.5	6.0	2.0	15	60992.9	26012	23582	2430
3/ 5/83	9:10	29.8	29.1	7.6	5.7	1.0	10	61201.6	25112	23956	1156
3/ 5/83	9:10	30	29	7.8	6.3	1.5	12	61274.8	26064	25643	421
7/ 6/83	9:20	30	28	7.8	6.8	1.9	15	60857.7	29012	28645	367
7/ 6/83	9:20	30.1	28	7.6	6.6	1.6	18	61201.6	29000	28342	658
7/ 6/83	9:20	30	28	7.7	6.1	1.1	20	61169.0	29281	28053	1228
28/ 6/83	8:10	29	29	7.6	6.8	1.5	22	60845.0	28818	28656	162
28/ 6/83	8:10	29	29	7.6	6.2	1.4	20	60201.6	29114	28982	132
28/ 6/83	8:10	29	29	7.7	6.0	1.4	20	59930.1	28310	27949	361
19/ 7/83	8:20	30	27	7.6	6.0	1.3	25	60114.0	30672	29985	687
19/ 7/83	8:20	30	27	7.6	5.6	1.3	23	61201.6	31680	31253	427
19/ 7/83	8:20	29	27.5	7.8	5.9	1.3	24	60432.2	31200	31094	106

ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BIOLOGICO

ESTACION: Playa Las Flores

FECHA	HORA	T°C Ambiente	T°C Agua	P.H.	P.P.M. O.D.	P.P.M. DBO	J.T.U. Turbidez	UMHOS Conductividad	Totales	SOLIDOS Disueltos	P.P.M. Suspendidos
6/11/83	14:00 p.m.	28	24	8.15	7.5	1.4	5	61564.4	39956	39300	656
6/11/83	14:00	27	25.9	7.9	7.5	1.4	3	60564.4	39800	35468	4332
6/11/83	14:00	27.5	24	8.1	7.4	1.3	0	59564.4	39972	35764	4208
6/11/83	14:00	26.9	25.8	8.0	7.4	1.3	2	60564.4	36960	33636	3324
27/11/83	14:10	28	25	7.8	7.5	3.0	0	64470	43412	42636	776
27/11/83	14:10	27	26	7.8	6.8	2.4	0	64470	49180	46940	2240
27/11/83	14:10	27	25	7.9	6.7	1.8	0	64470	46000	45860	140
27/11/83	14:10	28	24	7.8	7.0	1.8	0	64470	53304	50300	3004
11/12/83	13:30	26	24	8.0	7.9	6.0	15	61973	30456	28112	2344
11/12/83	13:30	25	25	8.1	7.7	4.8	16	61900	30524	28204	2320
11/12/83	13:30	26	23	8.0	8.1	5.1	15	61900	58136	46400	11736
11/12/83	13:30	26	23	8.0	8.1	4.5	15	61973	59071	46671	12400
8/ 1/84	13:35	26	24	8.0	8.1	14.4	5	62910	42820	41272	1548
8/ 1/84	13:35	27	23.9	7.9	8.2	14.8	3	63410	41787	41199	588
8/ 1/84	13:35	27	23.9	8.0	8.1	12.6	2	62910	42244	38924	3320
8/ 1/84	13:35	26.5	24.1	8.0	8.0	12.4	3	63910	42211	38802	3409
29/ 1/84	13:30	26.9	24.1	8.9	7.0	7.2	5	63320	42520	40124	2396
29/ 1/84	13:30	27	22.9	8.9	6.9	7.2	5	62970	43010	41742	1268
29/ 1/84	13:30	26.8	23.9	8.0	5.9	2.4	8	62985	41972	40124	1848
29/ 1/84	13:30	26.5	24	8.0	6.0	2.3	3	63124	41600	40276	1324

RESULTADOS DEL ANALISIS BACTERIOLOGICO

FECHA	E S T A C I O N	DILUCIONES				NMP x 100 ml. de muestra
		10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	
6/11/83	Río Sensunapán	2400	280	5	895.0	
6/11/83	Bocana Sensunapán	33	14	2	16.3	
6/11/83	Playa Acajutla	2	2	2	2.0	
6/11/83	Río La Ranfla	11	2	2	5.0	
6/11/83	Bocana La Ranfla	1600	110	14	574.6	
6/11/83	Playa Las Flores	17	2	2	7.0	
27/11/83	Río Sensunapán	1600	140	5	581.6	
27/11/83	Bocana Sensunapán	140	26	2	56.0	
27/11/83	Playa Acajutla	7	2	2	3.6	
27/11/83	Río La Ranfla	7	2	2	3.6	
27/11/83	Bocana La Ranfla	280	33	7	106.6	
27/11/83	Playa Las Flores	7	2	2	3.6	
11/12/83	Río Sensunapán	2400	33	7	813.3	
11/12/83	Bocana Sensunapán	33	14	2	16.3	
11/12/83	Playa Acajutla	7	2	2	3.6	

RESULTADOS DEL ANALISIS BACTERIOLOGICO

FECHA	E S T A C I O N E S	DILUCIONES				NMP x 100 ml. de muestra
		10 ⁻¹	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	
11/12/83	Río La Ranfla	7	2	2	2	3.6
11/12/83	Bocana La Ranfla	33	17	2	2	17.3
11/12/83	Playa Las Flores	17	2	2	2	7.0
8/ 1/84	Río Sensunapán	2400	33	7	7	813.3
8/ 1/84	Bocana Sensunapán	17	7	2	2	8.6
8/ 1/84	Playa Acajutla	7	2	2	2	3.6
8/ 1/84	Río La Ranfla	17	7	2	2	8.6
8/ 1/84	Bocana La Ranfla	33	17	2	2	17.3
8/ 1/84	Playa Las Flores	7	2	2	2	3.6
29/ 1/84	Río Sensunapán	280	33	7	7	106.6
29/ 1/84	Bocana Sensunapán	17	7	2	2	8.6
29/ 1/84	Playa Acajutla	2	2	2	2	2.0
29/ 1/84	Río La Ranfla	7	2	2	2	3.6
29/ 1/84	Bocana La Ranfla	33	17	2	2	17.3
29/ 1/84	Playa Las Flores	7	2	2	2	3.6

CAPITULO V

1. ANALISIS DE RESULTADOS

Haciendo un análisis de los resultados obtenidos se encontró, que la temperatura del agua es menor que la temperatura del medio ambiente; ya que en éste, los rayos solares se encuentran dispersos; mientras que en el agua, la turbidez forma una capa superficial, haciendo que éstos, no penetren. La turbidez en el agua del río Sensunapán y su desembocadura, presentan los máximos valores, y se debe a que existe una descarga directa de aguas negras que provienen de la ciudad de Sonsonate y del municipio de Acajutla.

En las determinaciones de PH de las estaciones muestreadas, se observó que éste, se mantuvo en un rango de 7 - 8, a excepción del agua del río La Ranfla y su desembocadura, que en el mes de diciembre el PH fue mayor; debido a que cuando se tomaron las muestras de análisis hubo una fuerte descarga de contaminantes del sector industrial. Estas descargas contienen sustancias tóxicas que afectan la vida de organismos acuáticos, a pesar de que los resultados obtenidos para oxígeno disuelto, en todas las estaciones muestreadas es el adecuado.

Al hacer una comparación de los resultados entre la época seca y la lluviosa se comprobó, que los parámetros que aumentaron en época lluviosa son: Turbidez, Oxígeno Disuelto, Sólidos Totales; debido al arrastre que hacen las aguas lluvias y a la turbulencia que provocan.

En época seca, los parámetros que presentaron los máximos valores son: Conductividad Eléctrica y Demanda Bioquímica de Oxígeno, y esto se debe a que no está influyendo el poder de dilución de las aguas lluvias.

En cuanto a los resultados obtenidos para los Sólidos Disueltos y Suspendidos, presentaron los máximos valores las aguas marinas; ésto puede deberse a la cantidad de iones disueltos que posee; ya que el 88.64% corresponden a los iones cloruros y sódicos; a los cuales se les atribuye su concentración salina. Esta concentración y la extensa masa de agua, contribuyen a que la contaminación bacteriana sea mínima, en comparación con las aguas de ríos y sus desembocaduras.

2. RECOMENDACIONES

Debido a que en nuestro país, no existen normas de calidad, para aguas de uso recreativo, las recomendaciones que se dan a continuación son personales y van dirigidas a los organismos correspondientes:

- 1) Dictar normas, para controlar la integridad ecológica de las aguas y éstas, van a depender del tipo de contaminación de cada país.
- 2) Que se efectúen análisis de organismos marinos de importancia comercial; ya que éstos, son los primeros en consumir la materia orgánica, causando enfermedades a los humanos, pues son parte de la dieta alimenticia.
- 3) Crear unidades de salud en las zonas estudiadas; ya que en el recorrido realizado, se observó la necesidad que existe de ellas; excepto el Puerto de Acajutla que posee Unidad de Salud, la cual debe complementarse a fin de prestar un mejor servicio.
- 4) Dar tratamiento previo a las aguas de desecho, antes de ser descargadas a los ríos; ya sea por métodos químicos, físicos o biológicos.

- 5) Educar a la población, para que ayude a evitar la contaminación marina, usando los servicios sanitarios creados para las temporadas; evitando así, una contaminación fecal.
- 6) Hacer del conocimiento público, los efectos que causan en el me dio marino, el arrojado de desperdicios; ya sean sólidos y líquidos.
- 7) Es necesario que se efectúen análisis bacteriológicos para aguas de uso recreativo.
8. Ampliar los análisis hacia otros tipos de contaminantes como son: pesticidas, metales pesados, hidrocarburos halogenados, etc.

3. BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. Boletín Informativo; Ministerio de Agricultura y Ganadería; "Proyecto de Normalización y Clasificación de las Aguas de El Salvador", 1976.
2. Burrow, William; "Tratado de Microbiología", Vigésima Edición; México; Editorial Interamericana; 1974.
3. Cerames - Vivas, Máximo J.; "Estrategia y Planificación para el Control y la Prevención de la Contaminación"; Departamento de Ciencias Marinas, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez. P.P. 265 - 269.
4. Centro de Ecodesarrollo; "Las Lagunas Costeras de Tabasco, un Ecosistema en Peligro"; México; Editorial Interamericana, 1978. P.P. 18 - 22.
5. Custodio, E.; Díaz E.; "Notas sobre la Calidad Bacteriológica de las Aguas y su Determinación", Seminario de Graduación, México, 1982. Sección 18 - 1
6. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York; "Manual de Tratamiento de Aguas"; México, Editorial Limusa, 1973.

7. Fernández, E.; "Algunas observaciones sobre la Contaminación en la Ciudad de Cumaná"; Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Venezuela, 1973. P.P. 23 - 29, 153.
8. Fraga, Fernando; "Ecología Marina"; Fundación de Salle de - C. C. N. N.; Caracas, Venezuela, Editorial Dossat, 1972. Cap. III.
9. Glober, Robinson; R.S.; "Marine Biological Surveillance"; Plymouth and Eimburgh, Instituto for marine, Environ mental Re- search, 1978.
10. Golber, Edward D.; "La Salud de los Océanos"; Organización pa- ra la Educación, la Ciencia y la Cultura (U.N.E.S.C.O.); Co- misión Oceanográfica Intergubernamental (C.O.I.), E.E.U.U., 1979.
11. Guinea, Jesús y otros; "Análisis Microbiológico de Aguas"; As- pectos Aplicados; Barcelona, Ediciones Omega, 1979. P.P. 87 - 90.
12. Helmut Meyer, Abich y Cornejo, Alirio; "El Puente de Acajutla" Seminario, El Salvador, 1964. P.P. 15 - 20.

13. Jawets, E.; "Manual de Microbiología Médica"; Sexta Edición; México; Editorial El Moderno; 1975.
14. Mackie, J.J.M.; McCartney, J. E.; "Handbook of Practical Bacteriology"; Sexta Edición; Teviot Place; Editorial E.I. Livingston; 1950. P.P. 16 - 17.
15. "Métodos Estándar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho" Undécima Edición; México; Editorial Interamericana, 1963. P.P. 307 - 309.
16. Mood, Erick W.; "Aspectos Sanitarios de la Contaminación de las Aguas Costeras", Recopilación de Seminarios, México, 1980.
17. Nason, A.; "Biología"; México, Editorial Limusa Willey; 1971.
18. Ochoa, Carlos Roberto; "Estudio Preliminar de la Contaminación de las Aguas Costeras de El Salvador", Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador, 1980.
19. Pallais Roa, Edith; "Análisis de Agua Potable de Algunas Regiones de la Costa Atlántica de Nicaragua"; Tesis, Universidad de León, Nicaragua, C.A., 1961. P.P. 28 - 31.

20. Pérez Hearin, Francisco Javier; "Métodos de Hidrobiología, Biología del Agua Dulce"; Primera Edición; Madrid; Editorial Rosario, 1975. P.P. 26 - 29.
21. Ríos Pacheco, D.E.; Torres, R.; "Estudio de la Contaminación de las Playas del Puerto de La Libertad"; Tesis, San Salvador El Salvador, 1981. P.P. 36 - 57 ; 71 - 77.
22. Rubio, Rafael; "Medio Ambiente Marino" (Marea Roja), Seminario de Guaymas, México, 1980. P.P. 6 - 9.
23. Sánchez Arias, G.G.; "Estudio de las Condiciones Contaminantes de la Cuenca del río Sensunapán y del río Banderas"; Tesis, - San Salvador, El Salvador, 1978. P.P. 7 - 39.
24. Sarles Wilson - Frazier - Knight; "Microbiología General y - Aplicada", Barcelona, Madrid; Colección Agrícola Salvat, 1963.
25. Sawger Clair N.; Peruy L. MaCarty; "Chemestry for Sanitary Engineers"; Second Edition; New York, San Francisco; Editorial Interamericana, 1978.
26. Topley y Wilson; "Bacteriología o Inmunidad"; Segunda Edición México; Editorial Nacional. P.P. 210, 366, 375, 382.

27. U.N.E.S.C.O.; "Un Enfoque de Contaminación Oceánica", Comisión Oceanográfica Intergubernamental, Historia, Funciones y Realizaciones, Informe Técnico No. 20, 1979.
 28. U.N.E.S.C.O.; "Contaminación Marina en El Caribe y Regiones - Adyacentes"; Suplemento No. 11, Puerto España y Trinidad Tobago, Comisión Oceanográfica Intergubernamental (C.O.I.), Diciembre 1977.
 29. U.N.E.S.C.O.; "Plan General para la Investigación de la Contaminación del Medio Marino y Directrices Relativas a Estudios - Básicos"; Suplemento No. 14, España (C.O.I.), Junio 1976.
- Mendoza Serrano, Francisco José; Copia personal de Recopilación de Seminarios sobre la Contaminación Bacteriológica de Aguas, - México, D.F.; 1983. P. 812.