

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS



ESTUDIO SOBRE EL GRADO DE  
CONTAMINACION DEL RIO CAZONES Y  
ARROYOS HUELEQUE MAIZ Y SALSIPUEDES  
DE LA CIUDAD DE POZA RICA, VERACRUZ

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A

*Aurora Edelmira Galicia Badillo*

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1982



1

FD420

G3

C-1



1080075110

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS



ESTUDIO SOBRE EL GRADO DE  
CONTAMINACION DEL RIO CAZONES Y  
ARROYOS HUELEQUE, MAIZ Y SALSIPUEDES  
DE LA CIUDAD DE POZA RICA, VERACRUZ

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A

*Aurora Edelmira Galicia Badillo*

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1982



T  
TD420  
93

A la memoria de mi padre  
RAMON GALICIA SANCHEZ  
Con respeto, cariño y admiración.

Con el mas sublime de mis senti-  
mientos a mi madre.  
AURORA BADILLO VDA. DE GALICIA  
a quien debo lo que soy.



(75110)



DEPTO. DE FARMACOBIOLOGIA

Con profundo amor a mi esposo  
ROBERTO LAWRENCE CABRERA S.  
que me alentó para lograr el-  
presente trabajo.



Con amor y ternura

a mi hijo.

ROBERTO LAWRENCE.

Con cariño a mis hermanos

ALEERTO

JORGE

DIONE

VERONICA

Con cariño a

DELFINA Y MONICA.

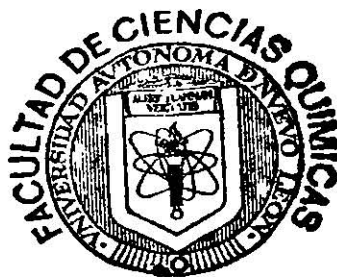
A mis amigas con las que  
compartí mis alegrías y tristezas.

NORA HILDA SANCHEZ RIVERA

DELVA MONTEMAYOR ALDRETE

RUTH ABIGAIL SOUTO FUENTES.

A la LIC. MA.LAURA TREVIÑO RODRIGUEZ  
por su cooperación en la elaboración  
del manuscrito.



DEPTO. DE FARMACOBIOLOGIA

Con admiración y respeto a

Q.F.B. IRIS GUAJARDO GUAJARDO

Q.F.B. CELICA LUZ HINOJOSA CABALLERO

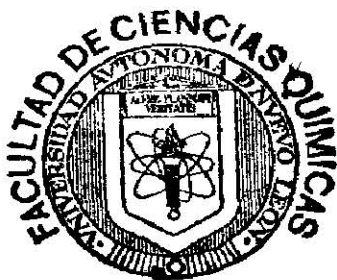
Q.F.B. CORINA GARZA GONZALEZ.



De manera muy especial a la  
SRA. CELIA RODRIGUEZ DE TREVIÑO

Y

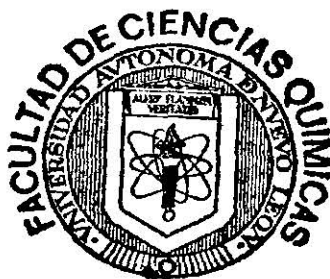
SR. ARMANDO TREVIÑO VILLARREAL  
por el cariño y comprensión que  
me brindaron.



## DEPTO. DE FARMACOBIOLOGIA

Con agradecimiento al  
ING. AMADO HEREDIA M.  
Q.I. AURORA MELO RAYA  
Q.I. JUANA FCA. GOMEZ DE BUENO  
TEC. LUIS MIGUEL CABRERA S.

A mi querida Facultad.



## DEPTO. DE FARMACOBIOLOGIA

AGRADEZCO AL LABORATORIO DEL  
DISTRITO INDUSTRIAL DE PETRO-  
LEOS MEXICANOS. EL HABERME -  
BRINDADO TODAS LAS FACILIDA-  
DES PARA LLEVAR A CABO ESTE-  
TRABAJO.



# I N D I C E

	PAGINA
I Introducción . . . . .	1
II Localización de la zona de estudio . . . . .	3
III Muestreo . . . . .	6
IV Características físicas, químicas y bacteriológicas.	10
V Parte experimental . . . . .	37
1.- Análisis físicos . . . . .	41
2.- Análisis químicos . . . . .	44
3.- Análisis bacteriológicos . . . . .	51
VI Resultados . . . . .	55
VII Conclusiones . . . . .	63
VIII Bibliografía . . . . .	74

## I. INTRODUCCION.



Desde hace muchos siglos, los ríos han sido utilizados por el hombre como lugar idóneo para arrojar los desechos de sus actividades. Es entrado el siglo XIX, cuando el problema de la polución empieza a hacerse notar de una manera generalizada, debido al incremento experimentado por la población mundial, el avanzado estado del desarrollo industrial y el aumento excesivo de las concentraciones urbanas.

Actualmente el problema de la contaminación se ha agravado y ha adquirido proporciones dramáticas, tanto por su intensificación como por su extensión geográfica. Antes, las zonas contaminadas eran muy reducidas con relación a la totalidad de la tierra, ahora tienden a cubrir el planeta entero. Se puede encontrar por ejemplo DDT en las nieves de Alaska, lo mismo puede decirse de los océanos en donde se han encontrado elementos de contaminación.

Hemos vivido mucho tiempo con la idea de que la naturaleza era un bien inagotable, gratuito y eterno. Hoy descubrimos por el contrario que la naturaleza es un bien raro, cada vez más caro de proteger y temporal, pues es muy frágil y corre el riesgo de desaparecer, llevándose consigo, en esta extinción, a la humanidad entera.

La gravedad de la contaminación de las zonas, reside en su propagación a toda la tierra a partir de fuentes de polución bien localizadas, siendo actualmente lo más importante en este momento a nivel mundial, no tanto

el problema de la cantidad, sino más bien, el problema de la calidad.

Si envenenamos la fauna marina y los productos del mar, nos privaremos de una fuente de alimentación extraordinaria, ya que la explosión demográfica nos plantea en los próximos 30 años, el problema de la nutrición de 3500 millones de individuos más (20).

No todo está perdido y tenemos la confianza en poder resolver los problemas de la contaminación del agua con el avance científico y tecnológico.

En la actualidad, en la lucha contra la contaminación, la tecnología moderna ha hecho progresos que permiten afirmar que no existe ningún tipo de aguas, sean salobres o fuertemente contaminadas, que no puedan con tratamientos adecuados ser depuradas y destinadas al consumo humano.

El presente estudio tiene por objeto determinar el grado de contaminación en el río Cazonas y los arroyos Maíz, Huéleque y Salsipuedes provocado por la descarga de las aguas residuales de la industria petroquímica en la zona de Poza Rica, Ver.

El estudio comprende el análisis físico, químico y bacteriológico de las aguas contaminadas del río y arroyos antes mencionados.

La metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo se inició con una revisión bibliográfica, seguida de una investigación de campo, posteriormente se muestreó y se procesaron las muestras para obtener los resultados que se presentan tabulados.

**II. LOCALIZACION DE LA ZONA  
DE ESTUDIO.**

## II.1.- DESCRIPCION DE LA ZONA:

El municipio de Poza Rica se encuentra situado en el valle del antiguo Totonacapan; el cual es cruzado de sur a este por el Río Cazonés, cuyos arroyos formadores de esta corriente descienden de la sierra de Hidalgo.

Desde la confluencia de los arroyos Chaltecontla y Pahuatitla, la corriente recibe el nombre de Río San Marcos, su curso sigue un rumbo nororiente por zonas de topografía media, en donde afluyen por la margen derecha los arroyos Naupan, Tlaxcalantongo y Chicualoque a elevaciones de 550, 150 y 80 metros sobre el nivel del mar respectivamente, hasta la zona de Poza Rica, Ver., desde donde fluye por la planicie costera con el nombre de Río Cazonés y desemboca en el Golfo de México.

A la altura de Poza Rica recibe por la margen izquierda los arroyos Totolapa y Acuatempa y por la margen derecha los arroyos que cruzan la ciudad son Huéleque, Salsipuedes, Maíz y Mollejón.

La extensión del Río Cazonés es de 2271 Kms. y tiene un escurrimiento anual promedio de 1500 millones de metros cúbicos de agua.

## II.2.- CLIMATOLOGIA

El clima predominante en el municipio es tropical, con una temperatura promedio de 24.2°C y una oscilación que va entre 19.5°C



y 29.5°C.

La temperatura máxima y mínima registradas son de 42.5° y 0.5°C.

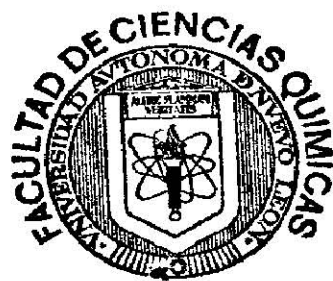
### II.3.- TOPOGRAFIA:

El municipio es generalmente plano y esta circundado por pequeñas elevaciones del terreno, con una altura de 200 metros y otras colinas de menor elevación que circundan el valle.

### II.4.- POBLACION Y ACTIVIDADES:

La población total del municipio de Poza Rica, Ver., es de - - -  
325,000 habitantes.

La mayor parte de la población se dedica a la industria petrolera, le sigue el comercio y una pequeña parte a la ganadería y a la agricultura (19).



DEPTO. DE FARMACOBIOLOGIA

III. MUESTREO

III.1.- El muestreo es un proceso que consiste en separar un pequeño volumen del total, con el fin de que dicha porción nos represente la calidad y característica del volumen total del cual se tomó. El muestreo es la fase mas importante en la determinación analítica de un cuerpo de agua considerándose como un factor de confiabilidad y veracidad de los resultados obtenidos.

- CRITERIO PARA TOMAR LA MUESTRA:

La muestra se debe de tomar donde exista un flujo turbulento para que las características y calidad de la muestra sean uniformes (13).

- LA TECNICA UTILIZADA PARA LA TOMA DE MUESTRA ES LA SIGUIENTE:

Muestra compuesta por volumen, se obtiene mezclando dos o más muestras simples en un lapso e intervalo fijo tomándose volu-  
menes iguales por muestra.

III.2.- TECNICAS ESPECIFICAS:

a).- OXIGENO DISUELTO

Se coloca una botella para oxígeno disuelto en el muestreador, se sumerge en el lugar donde se va a muestrear de tal manera que quede tapado totalmente por el agua y una vez que deje de burbujear se saca el muestreador del agua y se extrae del interior la botella, no deben de quedar burbu -

jas en el interior de esta.

b).- GRASAS Y ACEITES

La muestra se recolecta en frascos de vidrio de boca ancha con tapón esmerilado y se toma en el mismo lugar que la recolectada para los estudios físicos y químicos.

c).- BACTERIOLOGICOS

Para estos estudios el muestreo se realiza así:

- Se utilizan frascos de vidrio de tapón esmerilado de 125-ml. de capacidad en los que se colocan 0.1 ml. de solución de tiosulfato de sodio al 10% y en seguida se someten a esterilización por calor seco.
- Para la recolección de la muestra se introduce el frasco ya preparado aproximadamente 30 cm. bajo la superficie de la corriente.
- Se destapa el frasco dentro del agua, quedando la boca del envase en sentido contrario al flujo de la corriente.
- Cuando se tiene el volumen deseado se tapa el frasco sin sacarse del agua.
- Esta muestra durante el transporte al laboratorio se debe conservar a 4°C.



d).- FISICO-QUIMICO

La muestra para estos análisis se toma en botellas de plástico de 2 ó 3 litros de capacidad (ibid).



DEPTO. DE FARMACOBIOLOGIA

IV. CARACTERISTICAS FISICAS, QUIMICAS Y BACTERIOLOGICAS.

La polución del agua consiste en el vertido de residuos sólidos o líquidos, el depósito de materiales o cualquier otra acción susceptible de causar deterioro o incrementar el grado del mismo en la calidad de las aguas.

La polución se puede dividir en dos grandes grupos:

- a).- Polución provocada por causas naturales o geoquímicas.
- b).- Polución provocada como consecuencia de la actividad del hombre.

Una y otra dan lugar a alteraciones físicas, químicas o biológicas del agua, haciéndola, en muchos casos, inservible para determinados usos (10).

#### IV.1.- CARACTERISTICAS FISICAS

##### a).- CONDUCTIVIDAD

La conductancia específica es una medida de la capacidad de un agua para transmitir la corriente eléctrica y esta propiedad esta determinada con la concentración total de sustancias ionizadas en un agua y con la temperatura a la que se hace la medición; afecta la conductancia específica la naturaleza de las distintas sustancias disueltas, sus concentraciones reales y relativas y la concentración iónica de la muestra.

**b).- COLOR**

El color de un efluente o del cuerpo receptor, se origina - por la presencia de sustancias coloidales, o sustancias disueltas de origen vegetal o de desechos industriales como - los que se originan en las actividades textiles, fábricas - de colorantes, de papel etc. Cuando el color es originado - por sustancias de tipo vegetal, el agua puede ser inofensi- va aunque influye desfavorablemente en su aspecto, mientras que, los colores producidos por sustancias sintéticas, como resultados de algunas actividades industriales, el agua pue- de ser tóxica. La presencia de color en más de 50 unidades- en standard de platino cobalto, limita la fotosíntesis, re- duciendo el oxígeno disuelto en el agua con la alteración - de la vida acuática (19).

**c).- MATERIAL FLOTANTE**

La presencia de materiales que por sus características pue- den tener una densidad aparente menor que la del agua, pro- voca problemas de contaminación y propicia una disminució- en la cantidad de luz que los cuerpos receptores deben reci- bir en su seno, para mantener el equilibrio ecológico que -



les es propio. Por otra parte el material flotante puede interferir seriamente en la operación de algunos de los procesos a los que se debe someter el agua contaminada para su posterior aprovechamiento (23).

d).- OLOR

El olor en el agua es originado por sustancias ~~volátiles~~ volátiles — asociadas con materia orgánica, organismos vivos (principalmente algas) y algunos gases como el ácido sulfhídrico. — OTRAS causas de los olores puede ser la presencia de compuestos, tales como clorofenoles y desperdicios industriales.

e).- SABOR

Gran número de materiales o compuestos presentes en el cuerpo receptor pueden ser los causantes de sabor en el mismo; — y si bien no necesariamente deben de ser tóxicos para los organismos, la presencia de cualquier sabor en el agua tiene efectos negativos en el gusto del ser humano. (ibid).

f).- SOLIDUS

Debido a la amplia variedad de materiales inorgánicos y ~~es~~

gánicos encontrados en los análisis para sólidos, las pruebas son de carácter empírico y relativamente simples para efectuarse. La naturaleza física y química del material en suspensión, el tamaño del poro del filtro, el área y espesor del borde del filtro y la cantidad y estado físico de los materiales depositados en él, son los factores principalmente comprendidos (15).

g).- SOLIDOS TOTALES

La determinación de sólidos totales en agua es de importancia en el campo de abastecimientos tanto públicos como industriales. En casos en que se necesite ablandar el agua, el tipo de procedimiento usado se selecciona de acuerdo al contenido de sólidos totales.

h).- SOLIDOS DISUELTOS Y SUSPENDIDOS

La cantidad y naturaleza de la materia disuelta insoluble que se presenta en los líquidos varía enormemente en aguas potables, la mayoría de la materia está en forma disuelta y consiste principalmente en: sales inorgánicas, pequeñas cantidades de materia orgánica y gases disueltos. Las determinaciones de las cantidades de materia disuelta e insoluble-

se efectúan haciendo pruebas en las porciones de muestras - filtradas y no filtradas.

La determinación de sólidos suspendidos es extremadamente - valiosa en los análisis de aguas contaminadas y residuales. Es uno de los mejores parámetros usados para valorar la con centración de las aguas residuales domésticas y para deter- minar la eficiencia de las unidades de tratamiento (23).

i).- SOLIDOS VOLATILES Y FIJOS

Uno de los principales objetivos para efectuar esta determi- nación en aguas residuales domésticas e industriales y mues- treo de lodos, es obtener una medida de la cantidad de ma- teria orgánica presente. Esta prueba consiste en un procedi- miento de combustión, en el cuál la materia orgánica se con vierte en  $CO_2$  y agua. La temperatura se controla para preve- nir la descomposición y volatización de las sustancias inor- gánicas.

La pérdida de peso se interpreta en términos de materia or- gánica.

j).- SOLIDOS SEDIMENTABLES

Este término se aplica a los sólidos en suspensión que se -

sedimentan por influencia de la gravedad; solo se sedimentan los sólidos suspendidos más gruesos con una gravedad específica mayor que la del agua. Los lodos son acumulaciones de sólidos sedimentables, su medida es importante en ingeniería práctica para determinar la conducta física de las corrientes residuales que entran a las masas de agua natural.

La determinación de sólidos sedimentables tiene aplicaciones muy importantes. Primero se usa extensamente en el análisis de aguas residuales industriales, para determinar la necesidad y el diseño de tanques de sedimentación primaria en plantas que emplean procesos de tratamiento biológico. La prueba se usa también, en forma amplia en la operación de plantas de tratamiento de aguas residuales para determinar la eficiencia de las unidades de sedimentación (11).

Desde el punto de vista sanitario, la U.S. PUBLIC HEALTH SERVICE STANDARDS recomienda un contenido de sólidos de 500 ppm. para aguas que se destinen a uso doméstico y fija un límite máximo de 1000 ppm (13).

Aguas con alto contenido de sólidos pueden ser laxantes, son inferiores en cuanto a sabor y pueden ocasionar otras

molestias en personas no acostumbradas a su ingestión.

k).- TEMPERATURA

Esta propiedad influye notablemente en las características físicas y bioquímicas de los cuerpos del agua. Por eso es importante su determinación en cualquier intento de evaluar la calidad de las aguas.

A medida que los procesos tecnológicos adquieren altos grados de refinamiento, las descargas industriales líquidas a alta temperatura ocasionan un incremento de la temperatura en los cuerpos receptores, presentando problema en lo referente a la supervivencia de las especies acuáticas debido a:

- Disminución de la solubilidad del oxígeno en el agua.
- Interferencia de la temperatura con el sistema enzimático de los peces y otras especies acuáticas (20).

Cuando la temperatura de los cuerpos receptores aumenta en un gradiente superior a los  $2.5^{\circ}\text{C}$  sobre la temperatura normal, provoca por lo general, la exterminación de las especies acuáticas que sirven como sostén básico en el ciclo metabólico de los peces. Por otra parte, incrementos al pare-



cer despreciables en la temperatura de los cuerpos receptores, originan una disminución apreciable en la cantidad de oxígeno disuelto, que en la mayoría de los casos, queda por debajo del mínimo oxígeno requerido para mantener ciertas formas de vida acuática, bloqueando así la actividad biológica necesaria para lograr la autopurificación de las corrientes (ibid).

#### 1).- TURBIEDAD

En la mayoría de los casos, la turbiedad es originada por la suspensión en el agua de arcillas, limos, materia orgánica etc. que le confiere un aspecto fangoso o sucio, el cual no es aceptable para el uso humano directo por lo que las aguas destinadas al consumo potable, deben estar ausentes de turbiedad (7).

La presencia de turbiedad en cuerpos receptores, que soportan fauna y flora acuática, tienen efectos adversos sobre los procesos biológicos relacionados con la fotosíntesis y según las características de los compuestos que la originan, puede ocasionar una disminución en el oxígeno disuelto (22).

#### IV.2.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

## a).- ALCALINIDAD

La alcalinidad de las aguas naturales es debida principalmente a sales de ácidos débiles, contribuyendo tambien las bases débiles y fuertes. Los bicarbonatos representan la principal forma de alcalinidad, siendo formados por la acción del  $\text{CO}_2$  sobre materiales básicos en el suelo. Otras sales de ácidos débiles tales como los boratos, silicatos y fosfatos pueden estar presentes en pequeñas cantidades. Algunos ácidos orgánicos poco resistentes a la oxidación biológica forman sales, aumentando así la alcalinidad del cuerpo de agua (22).

En aguas contaminadas y anaerobias, sales de ácidos débiles tales como acetatos, propionatos e hidrosulfúrico, pueden ser producidos, contribuyendo por tanto a la alcalinidad. Tambien los hidróxidos y el amoníaco contribuyen a la alcalinidad total del agua (22).

La alcalinidad de las aguas naturales o tratadas, se debe principalmente a los hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos presentes (15).

Desde el punto de vista de la ingeniería sanitaria las aguas altamente alcalinas no son aceptables para el abastecimiento

público, teniendo que someterse a tratamiento para su uso.

b).- ACIDEZ

La acidez del agua se puede deber a la presencia de bióxido de carbono no combinado y de ácidos minerales o de sales de ácidos fuertes y bases débiles. En esta última categoría caen las sales de hierro y aluminio provenientes de las minas de origen industrial.

El bióxido de carbono es un componente normal de las aguas naturales que lo toman de la atmósfera cuando la presión parcial del  $\text{CO}_2$  en el agua es menor que en la atmósfera de acuerdo con la ley de Henry. Otra fuente importante de  $\text{CO}_2$  es la descomposición biológica de la materia orgánica que en su etapa final lo produce (11).

Las aguas ácidas poseen propiedades corrosivas haciendo necesario un tratamiento previo a su uso. Una de las principales causas de esto, es un alto contenido de  $\text{CO}_2$ , pero en algunos desechos industriales es causado también por la acidez mineral, principalmente en el uso metalúrgico y en algunas por la producción de materiales orgánicos sintéticos. Ciertas aguas naturales pueden contener también acidez mineral.

Es muy importante la acidez en tratamientos de agua sobre todo por procesos biológicos, donde se debe tener un pH de 6 a 9.5 (14).

c).- CLORUROS

Los cloruros son aniones que están presentes en el agua en diversas concentraciones y normalmente se incrementan con el contenido mineral. En las montañas y en las tierras elevadas los abastecimientos de agua son bajos en cloruros, las aguas de los ríos y de los abastecimientos subterráneos generalmente tienen una concentración mayor (11).

En comparación con los casos anteriores, las aguas de los mares y océanos tienen una concentración más elevada por contener los residuos resultantes de la evaporación parcial de las aguas naturales que fluyen hacia ellos.

Los cloruros en proporciones razonables no son dañinos a la salud, en concentraciones superiores a 250 ppm. dan sabor salino al agua siendo desagradable para el consumo humano. Debido a esto se recomienda un límite de 250 ppm, de cloruros para uso público (16).

Para conocer posibles contaminaciones de las aguas subterrá

neas por aguas residuales industriales, es necesario además de las pruebas bacteriológicas, contar con el análisis de cloruros y nitrógeno.

d).- DUREZA

La causa de la dureza son los cationes metálicos divalentes los cuales reaccionan con el jabón formando precipitado y con ciertos aniones ocasionando incrustaciones. Los principales cationes que causan dureza y sus aniones en orden de abundancia en aguas naturales son:

CATIONES DE DUREZA	ANIONES
Ca <sup>++</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Mg <sup>++</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>
Sr <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>
Fe <sup>++</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Mn <sup>++</sup>	SiO <sub>3</sub> <sup>=</sup>

La dureza es una característica del agua que representa la concentración total de iones calcio y magnesio expresados como carbonato de calcio (22).

La dureza del agua refleja la naturaleza de las formaciones geológicas por las que ha atravesado, por eso las aguas - -

varían su dureza de un lugar a otro, siendo las superficiales menos duras que las subterráneas.

Son consideradas aguas duras aquellas que requieren de cantidades considerables de jabón para producir espuma y que también provocan incrustaciones en las tuberías de aguas calientes, calderas, evaporadores, intercambiadores de calor y otras unidades en las cuales la temperatura del agua es incrementada.

e).- DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (D.Q.O)

La determinación de la demanda química de oxígeno proporciona la medida del oxígeno que es equivalente a la porción de la materia orgánica, presente en una muestra de agua, capaz de oxidarse por procedimientos químicos.

Una de las limitaciones es su incapacidad para diferenciar la materia orgánica biológicamente oxidable de la inerte.

Además, no proporciona una evidencia de la velocidad a la cual el material biológicamente activo se estabilizaría en las condiciones que existen en la naturaleza.

Su mayor ventaja es la rapidez con que se efectúa, ya que se necesitan 3 horas como máximo para su valoración, en lu-

gar de los 5 días que se requieren para medir la demanda -- bioquímica de oxígeno.

La demanda química de oxígeno es un parámetro importante y rápido para determinar el grado de contaminación de corrientes y aguas residuales industriales y para el control de las plantas de tratamiento de aguas de desecho. Junto con la prueba de la demanda bioquímica de oxígeno, la demanda química de oxígeno es útil para indicar la presencia de sustancias tóxicas y de sustancias orgánicas resistentes biológicamente (22).

f).- DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (D.B.O.)

La prueba analítica de la demanda bioquímica de oxígeno es una estimación de la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica de una muestra de agua residual, por medio de una población microbiana heterogénea. Esta prueba es un procedimiento de bioensayos que comprende la medida del oxígeno consumido por los organismos vivos (principalmente bacterias) para utilizar como alimento la materia orgánica presente en un desecho en condiciones muy similares a las naturales.

La degradación de la materia orgánica efectuada por los organismos antes mencionados en condiciones aerobias, es llevada hasta una oxidación completa, es decir, hasta dióxido de carbono, agua y amoníaco.

g).- FIERRO

Los metales pesados y principalmente el fierro provocan problemas serios en los abastecimientos de agua potable. Los problemas son más extensos y críticos con las aguas subterráneas, pero también se presentan durante ciertas épocas del año en aguas provenientes de algunos ríos y presas.

Hasta la fecha no se conocen efectos perjudiciales a la salud del hombre por beber agua que contiene fierro. Este tipo de agua, al entrar en contacto con el aire y absorber oxígeno se vuelve turbia e inaceptable desde el punto de vista estético, debido a la oxidación del  $Fe^{++}$  a  $Fe^{+++}$  que forma precipitados coloidales.

La velocidad de oxidación no es rápida y por eso las formas reducidas pueden persistir por algún tiempo en agua aerada. Esto es cierto especialmente cuando el pH es menor a 6 para la oxidación de fierro. Las velocidades se pueden aumentar-



por la presencia de ciertos catalizadores inorgánicos o por la acción de microorganismos (11).

El fierro le imparte un sabor al agua que se percibe a concentraciones muy bajas, por estas razones las normas de agua potable en el país recomiendan como límite máximo 0.3 ppm.

#### h).- FOSFATOS

El fósforo se encuentra en las aguas naturales como diversos tipos de fosfatos. Estas formas son comúnmente ortofosfatos, fosfatos condensados (piro, meta y polifosfato) y fosfatos orgánicos. Pueden presentarse en forma soluble en partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos.

Las diversas formas de fosfatos provienen de una gran variedad de fuentes. Cantidades pequeñas de ciertos fosfatos condensados son agregados a algunos abastecimientos de agua durante el tratamiento (9).

Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en los procesos biológicos, por consiguiente llegan a las aguas de desecho como residuos de alimentos o pueden formarse de los ortofosfatos en los procesos de tratamiento biológico o por

la vida presente en el agua receptora.

i).- GRASAS Y ACEITES

La presencia de grasas y aceites en el agua constituye uno de los principales factores de contaminación ya que, estos materiales al formar películas flotantes, impiden el intercambio gaseoso entre el agua y el aire presentándose fenómenos de abatimiento de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

En playas, se hace cada día mas notable la presencia del aceite en la superficie del agua lo cual provoca que se conviertan en zonas inhabitables desde el punto de vista turístico atentando además contra las especies que están en contacto con la superficie del agua.

j).- NITROGENO

Los diferentes tipos de nitrógeno son de gran interés, debido a la importancia que tienen en los procesos de la vida de plantas y animales.

Los desechos humanos y animales transportados por las aguas residuales contienen nitrógeno en forma orgánica. En condi-

ciones aerobias las bacterias autótrofas nitrificantes (el grupo de los nitrosomas) convierte el amoníaco a nitritos, aprovechando la energía generada en cada oxidación. Los nitritos a su vez son oxidados a nitratos por el grupo nitrobacter (22).

El análisis del nitrógeno ha sido practicado desde que el hombre se convenció de que el agua puede transmitir enfermedades. Durante mucho tiempo el análisis de éste ha sido una base de juicio para determinar la calidad sanitaria del agua. Hoy en día, los análisis del nitrógeno se efectúan por diferentes razones: se sabe que las aguas contaminadas tienen el poder de autopurificación en un período determinado de tiempo, la posibilidad de contraer enfermedades por la ingerencia del agua contaminada decrece con la temperatura.

A medida que pasa el tiempo el nitrógeno orgánico se convierte gradualmente a nitrógeno amoniacal y posteriormente-

si se encuentra en condiciones aerobias se oxida a nitritos y nitratos (23).

k).- OXIGENO DISUELTO (O.D.)

Todo organismo vivo depende del oxígeno en una forma u otra para mantener los procesos metabólicos que producen energía para su crecimiento y reproducción. Los procesos aerobios son de particular interés por su requerimiento de oxígeno libre.

La solubilidad del oxígeno atmosférico en agua dulce va de 14.6 ppm. a 0°C hasta 7 ppm. a 35°C bajo una atmósfera de presión, como es un gas poco soluble, su solubilidad varía directamente con la presión atmosférica a cualquier temperatura (ibid).

La baja solubilidad del oxígeno es el principal factor que limita la capacidad de purificación de las aguas naturales y obliga al tratamiento de los residuos para remover los contaminantes antes de descargar las aguas residuales a los cuerpos receptores (11).

En aguas residuales, el oxígeno disuelto es el factor que determina si los cambios biológicos se llevan a cabo por

organismos aerobios o anaerobios. Los primeros usan oxígeno libre para oxidar la materia orgánica e inorgánica y generan productos finales inocuos; mientras que los segundos lo gran una oxidación mediante la reducción de ciertas sales inorgánicas como sulfatos, los productos finales muchas veces son repugnantes. Como los dos tipos de organismos se en encuentran ampliamente en la naturaleza, es muy importante mantener las condiciones favorables a los organismos aerobios para evitar las condiciones indeseables provocadas por los organismos anaerobios.

La determinación de oxígeno disuelto se usa también para controlar la contaminación de los ríos. Es deseable mantener condiciones favorables para el crecimiento y reproducción normal de peces y otros organismos acuáticos (23).

#### 1).- POTENCIAL DE HIDROGENO

El pH es importante en todas las fases de la práctica de ingeniería sanitaria. En el campo de abastecimiento de aguas es un factor que debe de ser considerado en la coagulación química, desinfección, ablandamiento del agua y control de la corrosión.

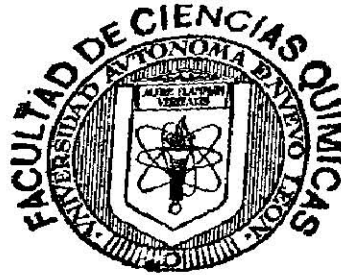
En los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales, debe ser mantenido dentro de un cierto ámbito que sea favorable a los organismos comprendidos en el sistema; la alteración del pH en un ecosistema puede causar la muerte de peces y esterilizar una corriente natural (14).

m).- SULFATOS

Uno de los aniones mas importantes que se encuentran presentes en las aguas naturales es el ion sulfato su importancia radica en la tendencia que tiene a formar incrustaciones, en calderas e intercambiadores de calor en aguas para abastecimiento público industrial.

Puede considerarse a los sulfatos como directamente responsables de dos serios problemas relacionados con el manejo y tratamiento de aguas residuales: olor y corrosión en tuberías, resultado de la reducción de los sulfatos a sulfuro de hidrógeno en condiciones anaerobias.

La presencia en exceso de sulfato en aguas para el consumo humano, provocan efectos purgantes en las personas que las ingieren, razón por la cual se recomienda como concentración máxima de sulfatos para aguas de abastecimiento públi-



## DEPTO. DE FARMACOBIOLOGIA

co 250 ppm. (15).

El contenido de sulfatos en aguas naturales, es de importante consideración en la determinación de su utilidad para - abastecimiento público e industrial. La cantidad de sulfa - tos en aguas residuales, es un factor de cuidado en la de - terminación de los problemas que pueden surgir de la redu - ción de sulfatos a sulfuro de hidrógeno. En la digestión - anaerobia de lodo y desechos industriales, los sulfatos son reducidos a sulfuro de hidrógeno, y se desprenden junto con metano y dióxido de carbono (11).

### IV.3.- CARACTERISTICAS BACTERIOLOGICAS

#### a).- BACTERIAS DEL AGUA

La abundancia y propiedades de la población en microorganismos en cualquier masa de agua dulce estarán inevitablemente influidas por la temperatura y el pH del agua y por otros - factores físicos, pero de una manera más importante por la - cantidad relativa de materia orgánica putrescible que con - tenga. En una corriente clara de montaña o en un lago, es - probable que los microorganismos estén limitados en número - y principalmente formados por microorganismos propios del -

agua, junto con los que puedan proceder del suelo más cercano no contaminado, por otra parte, un río o lago en un área poblada que contiene mucho material orgánico de desecho ofrece periódicamente oportunidades para la generación de muchas variedades de microorganismos que llegan al agua no solo de la tierra lavada por las lluvias sino también del polvo aéreo y detritus vegetales y principalmente de varias formas de desechos industriales y de excrementos de hombres y animales (11).

La mayoría de los organismos se encontrarán en el fondo y en las márgenes de las masas de agua. Habrá muchos tipos de bacterias saprófitas aerobias, como especies cromógenas y bacilos coliformes de origen intestinal, algunos anaerobios y numerosos actinomicetos, mohos, levaduras y protozoarios. El recuento bacteriano de aguas contaminadas puede darnos un total de varios cientos de miles de organismos por mililitro.

#### b).- BACTERIAS COLIFORMES

Pertenecen a este grupo todos los bacilos fermentadores de la lactosa con producción de gas y se usan como índice de -



contaminación en el análisis bacteriológico del agua.

Los bacilos coliformes integran un grupo de formas estrechamente relacionadas, muchas de las cuales interfieren en sus propiedades, lo que dificulta su clasificación precisa. Comprenden no solo las cepas típicas de *Aerobacter aerogenes* y *Escherichia coli*, sino muchas variantes de estas especies - (1).

c).- *ESCHERICHIA COLI*

Es importante no solo en relación con los análisis de agua, sino también clínicamente, como causante de varias enfermedades infecciosas. Aunque vive en el intestino humano casi sin causar daño, tiene capacidad para crecer en otras partes del organismo y es un circunstancial típico.

Los colibacilos son aerobios, pero también anaerobios facultativos. Se desarrollan rápidamente en 24 horas, en 48 horas alcanzan su tamaño de 2 a 4 micras. Hay variaciones considerables en el aspecto individual de las colonias. La colonia típica es poco elevada, convexa, lisa, incolora, aunque algo opaca con bordes enteros.

Estos cultivos se caracterizan por tener un olor fétido.

Los bacilos coli sobreviven durante semanas en cultivos conservados a la temperatura ambiente y durante meses en el - - suelo y el agua (ibid).

En la purificación del agua, el cloro, en concentraciones - de 0.5 a 1 ppm. es bactericida eficaz para la E.coli y - - otras especies.

#### INDICADOR BACTERIANO

Desde que Escherichia descubrió el bacilo y se confirmó su presencia constante en el intestino humano y en las materias fecales, - tratándose de un germen que normalmente no es patógeno, que es revelado fácilmente y con resultados exactos en un tiempo relativa- mente corto, la Escherichia coli, ha pasado a ser utilizado como- indicador bacteriano en los análisis de agua efectuados en nues - tro país y en casi todo el mundo.

La experiencia ha establecido la significación de las densidades- del grupo coliforme, como criterio del grado de contaminación que muestran los resultados bacteriológicos y en consecuencia la cali

dad sanitaria del agua en estudio.

Se ha hecho costumbre asentar los resultados de las pruebas coliformes, por el índice del "Número más probable" (NMP), pero debe quedar bien entendido que ese índice es el número de bacterias - que tiene mayor probabilidad, sobre cualquier otro número, de conducir a los resultados obtenidos en el laboratorio. No es la enumeración real de las bacterias coliformes en un volumen determinado de muestra; pero es una indicación muy valiosa para juzgar la calidad sanitaria de las aguas y la efectividad de los procedimientos de potabilización de las mismas.

## V. PARTE EXPERIMENTAL

Se recolectaron para cada efluente 36 muestras, 18 antes y 18 después del sitio de la descarga industrial.

El total de muestras para analizar es de 144.

A cada muestra se le efectuaron las siguientes determinaciones:

**A.- ANALISIS FISICOS**

- Conductividad
- Color
- Sólidos totales
- Sólidos disueltos
- Sólidos suspendidos
- Temperatura
- Turbiedad

**B.- ANALISIS QUIMICOS**

- Alcalinidad
- Acidez
- Cloruros
- Dureza
- Demanda química de oxígeno
- Demanda bioquímica de oxígeno
- Hierro

- Fosfatos
- Grasas y aceites
- Nitrógeno
- Oxígeno disuelto
- Potencial de hidrógeno
- Sulfatos

C.- ANALISIS BACTERIOLOGICO

- Organismos del grupo coliforme
- Número más probable.

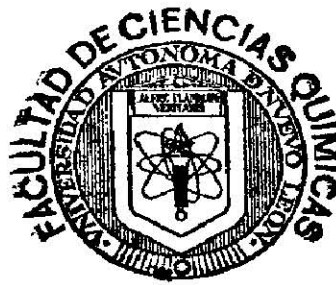
NUESTRO  
DE  
AGUAS CORRIENTES

EXAMENES FISICOS  
CONDUCTIVIDAD  
COLOR  
SOLIDOS TOTALES  
SOLIDOS DISUELTOS  
SOLIDOS SUSPENDIDOS  
SOLIDOS SEDIMENTABLES  
TEMPERATURA  
TURBIEDAD

ANALISIS QUIMICOS  
ALCALINIDAD  
ACIDEZ  
CLORUROS  
DUREZA  
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO  
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO  
FIERRO  
FOSFATOS  
GRASAS Y ACEITES  
NITROGENO  
OXIGENO DISUELTO  
POTENCIAL DE HIDROGENO  
SULFATOS

ANALISIS BACTERIOLOGICOS  
ORGANISMOS DEL GRUPO COLI -  
FORME.  
NUMERO MAS PROBABLE.

RESULTADOS  
CONCLUSIONES



## V.1.- EXAMENES FISICOS

### DEPTO. DE FARMACOBIOLOGIA

#### - Conductividad

El aparato utilizado para esta determinación es el puente de Wheatstone, con el que se pueden efectuar lecturas con una precisión de 5% en muestras de agua potable, superficial, salinas, desechos domésticos e industriales.

El instrumento es capaz de medir conductancias específicas de 0.1 a 250.000 micromhs/cm.

El puente de Wheatstone de corriente alterna consta de tres elementos.

- a).- Un circuito de corriente alterna de puente de Wheatstone.
- b).- Un elemento fundamental o celda de conductividad.
- c).- Un indicador cero.

Los resultados de esta determinación se expresan en microhs/cm.  
(23).

#### - COLOR

El método usado se basa en la medición del color por una comparación visual de la muestra con soluciones patrón. Se ha definido la unidad de color, como la producida por 1 ppm. de platino en la forma de ion cloroplatinato.



Preparación de las soluciones patrón de cloroplatinato. Disolver 1.246 g. de cloroplatinato de potasio ( $K_2PtCl_6$ ) equivalente a 500 mg de Pt. y un gramo de cloruro cobaltoso  $CoCl_2 \cdot 6H_2O$  en agua destilada conteniendo 100 ml. de HCl concentrado y diluyendo a 1000 ml. con agua destilada. Esta solución es equivalente a 500 unidades de color. En tubos Nessler de 50 ml. se preparan soluciones patrón de color de 5 a 70 unidades de color.

- SOLIDOS TOTALES

Los sólidos totales se determinan gravimétricamente. Evaporando la muestra a sequedad a temperatura de 95 a 100°C hasta peso constante.

- SOLIDOS DISUELTOS

Los sólidos disueltos se determinaron por gravimetría utilizando muestra filtrada, siguiendo los mismos lineamientos de sólidos totales.

- SOLIDOS SUSPENDIDOS

Los sólidos suspendidos se determinan por la diferencia en peso entre sólidos totales y sólidos disueltos.

- SOLIDOS SEDIMENTABLES

Los sólidos sedimentables se determinaron por sedimentación en un cono de Imhoff.

- TEMPERATURA

Se utiliza un termómetro de mercurio con un rango de 0 a 100°C.

Las lecturas deben hacerse con el termómetro sumergido en el agua, de preferencia en movimiento, después de un tiempo suficiente para lograr que sean constantes. Este dato debe ser representativo de la temperatura de la corriente en el tiempo en que se colecta la muestra. Por consiguiente, la temperatura debe tomarse en el punto de muestreo.

La temperatura de aguas residuales domésticas, efluentes y desechos en el momento de muestreo, se debe aproximar a grados enteros.

- TURBIEDAD

Unidad patrón de turbiedad.- La unidad patrón de turbiedad, esta definida como la obstrucción óptica de la luz, causada por una parte por millón de sílice insoluble en agua destilada.

El método utilizado para esta determinación fué el Nefelométrico.

co. Este método se basa en la comparación de la intensidad de la luz desviada por la muestra con la de una suspensión patrón de referencia, dentro de la misma condición.

## V.2.- ANALISIS QUIMICOS

### - ALCALINIDAD

Para medir la alcalinidad se utilizó el método de Winkler y Ward determinándose alcalinidad a la fenolftaleína y alcalinidad al anaranjado de metilo.

Con los resultados de la alcalinidad a la fenolftaleína y la alcalinidad total se dispone de los medios para la clasificación estequiométrica.

Hay tres formas principales de alcalinidad que se encuentran en las aguas, las que son debidas a los iones bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

El sistema se basa en los principios siguientes:

Hay alcalinidad de carbonatos cuando la alcalinidad a la - - fenolftaleína no es nula, pero es menor que la alcalinidad - total.

Hay alcalinidad a hidróxido cuando la alcalinidad a la fenol

ftaleína es mayor a la mitad de la alcalinidad total.

Hay alcalinidad de bicarbonatos cuando la alcalinidad a la -  
fenolftaleína es menor de la mitad de la alcalinidad total.

#### - ACIDEZ

Se determinan dos tipos de acidez la total y la de ácidos li -  
bres.

La determinación de acidez se hizo empleando un método volumé -  
trico.

La solución valorada utilizada fué el hidróxido de sodio 0.02N  
y los indicadores utilizados son fenolftaleína y anaranjado de-  
metilo.

Los resultados se expresan en ppm. de carbonato de calcio.

#### CLORUROS

La determinación de cloruros se llevó a cabo por el método de -  
Mohr. En una solución neutra o alcalina con un pH concentrado,-  
se valoran los cloruros por precipitación con nitrato de plata-  
( $\text{AgNO}_3$ ), usando cromato de potasio como indicador.

#### - DUREZA

En el análisis para la dureza total se utiliza 50 ml. de mues -

tra filtrada, una solución buffer de  $\text{NH}_4\text{Cl} - \text{NH}_4\text{OH}$  de pH 10, como indicador Eriocromo negro T, una solución valorada de versenato de sodio 0.01N.

La determinación de la dureza de calcio en ppm. de carbonato de calcio se obtuvo en 50 ml. de muestra, con solución buffer de NaOH 1N y como indicador Purpurato de amonio o murexide y una solución valorada de versenato de sodio.

#### - DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO

La demanda química de oxígeno se determina por el método del dicromato de potasio que consiste en colocar una muestra a reflujo conteniendo materia orgánica, con ácido y dicromato de potasio valorado. Durante el período de reflujo, la materia oxidable reduce una cantidad equivalente de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ; el remanente es valorado con una solución de sulfato ferroso amoniacal de concentración conocida. La cantidad de dicromato reducida es una medida de la cantidad de materia orgánica oxidada.

Para la determinación se usaron 20 ml. de muestra, dicromato de potasio 0.25N, perlas de vidrio, ácido sulfúrico concentrado que contenga sulfato de plata, sulfato ferroso amoniacal 0.25N y como indicador ferroín.

En el caso de la oxidación biológica, no todos los compuestos son oxidables por este método químico, entre los principales se encuentra: benceno, tolueno y piridina, mientras que otros son oxidados completamente sin dificultad, como: azúcares, cadenas alifáticas ramificadas y anillos bencénicos sustituidos.

Algunos compuestos son parcialmente oxidados, se puede aumentar la eficiencia de la oxidación mediante la adición de sulfato de plata como catalizador a la solución de reflujo. Dichos compuestos son por ejemplo cadenas de ácidos lineales, alcoholes y aminoácidos.

#### - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO

Este método se basa en el concepto fundamental de que la velocidad de la degradación bioquímica orgánica es directamente proporcional a la cantidad de material no oxidado.

Para la determinación se utiliza los mismos reactivos que para el oxígeno disuelto.

#### - FIERRO

En la determinación de fierro se utilizó el método de la fenantrolina. Este método se basa en que la 1,10 fenantrolina se com

bina con el fierro ( $\text{Fe}^{++}$ ) para formar un ion complejo de color anaranjado rojizo en solución acuosa, que presenta la máxima absorción a 603 nm. La absorbancia de la solución colorida es proporcional a la concentración del fierro y la intensidad del color es independiente del pH, entre 3 y 9, siendo este indefinidamente estable.

Como la 1,10 fenantrolina es específica para medir  $\text{Fe}^{++}$  se tiene que reducir todo el  $\text{Fe}^{+3}$  presente en la muestra. Esto, se logra con hidrocloruro de hidroxilamina como agente reductor y se forma el complejo de color en una solución amortiguadora con acetato de sodio, por la adición, de la solución de 1,10 fenantrolina.

Para la determinación se utilizan 25 ml. de muestra a los que se añaden 40 ml. de la mezcla de reactivos. La intensidad de color se determina espectrofotométricamente.

#### - FOSFATOS

El método utilizado para la determinación de fosfatos es el demolibdato de amonio. Este método se basa en la formación, en medio ácido de fosfomolibdato de amonio que por reacción con ácido ascórbico da lugar a la formación de azul de molibdeno, el

cual se determina espectrofotométricamente.

- GRASAS Y ACEITES

La determinación se efectúa de la siguiente manera: una extracción con éter etílico de la muestra acidificada. Estableciendo el contenido de aceites y grasas por pesada una vez evaporado el solvente.

- NITROGENO

El método utilizado para la determinación de nitrógeno es el Kjeldahl. Cuantificándose el nitrógeno amoniacal y orgánico.

El tratamiento de la muestra en la fase de la digestión, se emplean dos catalizadores el sulfato de sodio y el sulfato de potasio, liberándose amoniaco por adición de sosa al 50%, el destilado se recibe en ácido bórico al 3% y se titula con ácido clorhídrico 0.1N, usando como indicador anaranjado de metilo.

- OXIGENO DISUELTO

En la determinación de oxígeno disuelto se utilizó el método de Wenkler modificado por Alsterberg (16). La modificación de Alsterberg al nitruro de sodio, es la que elimina, con mayor efectividad, la interferencia que produce los nitruros, que es la -



interferencia más común en los efluentes tratados biológicamente y en las muestras incubadas de DBO.

El oxígeno se fija en la muestra con sulfato manganoso ( $MnSO_4$ ), el reactivo alcali-ioduro nitruro, que es una solución de hidróxido de sodio (NaOH), ioduro de sodio (NaI) y azida de sodio ( $NaN_3$ ) da lugar a la formación de un precipitado café si hay oxígeno disuelto; en el caso de ausencia de oxígeno el precipitado será blanco. El precipitado se disuelve con el ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ), con esto el oxígeno disuelto queda fijado.

El iodo liberado, el cual es estequiométricamente equivalente al oxígeno disuelto, se valora con tiosulfato de sodio ( $Na_2S_2O_3$ ) 0.025N, usando una solución de almidón como indicador.

#### - POTENCIAL DE HIDROGENO

El método electrométrico que usa el electrodo de vidrio y de referencia con un potenciómetro, es el procedimiento standard para medir el pH.

#### - SULFATOS

El sulfato es determinado por titulación con solución de cloruro de bario hasta un punto final de decoloración azul ocasionado por el indicador.

Para la determinación se utilizan 10 ml. de muestra, acetona, - ácido clorhídrico 0.1 N, piridina, indicador carboxilarsenazo- y cloruro de bario 0.02 N.

### V.3.- ANALISIS BACTERIOLOGICOS

- Pruebas para la demostración de la presencia de miembros del grupo coliforme por la técnica de los tubos múltiples de fermentación.

El grupo coliforme incluye a todas las bacterias aerobias o anaerobias facultativas, Gram-negativas, no esporógenas, que fermentan la lactosa con formación de gas, dentro de las 48 horas a temperatura de 35°C.

Las pruebas normales para la demostración del grupo coliforme se puede llevar a cabo por la técnica de tubos múltiples de fermentación (prueba presuntiva, prueba confirmatoria y prueba completa).

#### PRUEBAS NORMALES

Prueba presuntiva.- En esta prueba se usa el caldo lactosado, - en los tubos de fermentación y muestra.

Interpretación: La formación de cualquier cantidad de gas en - los tubos de fermentación dentro de las 48 horas constituyen - una prueba presuntiva positiva. La ausencia de formación de gas, al cabo de 48 horas de incubación, constituye una prueba negativva.

Prueba confirmatoria.- Para esta prueba se usan tubos de fermentación con caldo lactosado y placas de Endo.

Se someten a la prueba confirmatoria todos los tubos de fermentación primaria que hallan presentado cualquier cantidad de gas, de cada uno de estos se siembra en estrías una o mas placas de Endo.

Interpretación de resultados.- La formación de gas en cualquier tiempo dentro de las 48 horas constituye una prueba confirma-toria positiva. Si dentro del período de incubación aparecen colonias típicas de E.Coli la prueba confirmatoria se considera - positiva.

Prueba completa.- Esta prueba se aplica como siguiente paso, - después de la prueba confirmatoria se puede aplicar a los tubos

con bilis verde brillante que hallan mostrado gas en la prueba confirmatoria o las colonias típicas o atípicas, que se identifiquen sobre la placa del medio sólido diferencial en la prueba confirmatoria.

En esta prueba se utilizan tubos de fermentación con caldo lactosado y un tubo con agar inclinado.

Los tubos de agar inclinado se deben incubar a 35°C por 24 o 48 horas y de cada uno de los que correspondan a las placas de Endo que hallan presentado colonias se preparan tinciones al Gram para examen microscópico.

La formación de colonias en el medio Endo, la formación de gas en los tubos y la demostración de presencia de bacterias no esporógenas, Gram-negativas cilíndricas, en el cultivo de agar, se puede considerar como una prueba completa satisfactoria, en la que se ha demostrado la presencia de un miembro del grupo coliforme en el volumen de muestra que se ha examinado.

La ausencia de gas en el caldo lactosado o la incapacidad para demostrar la presencia de bacterias no esporógenas, Gram-negativas, constituye una prueba negativa de coliformes.

La prueba completa de los organismos del grupo coliforme inclu

ye la determinación de las características de los organismos -  
aislados a la tinción al Gram.

#### REGISTRO DEL N.M.P.

El número de casos positivos de organismos del grupo coliforme  
provenientes de siembras múltiples de disoluciones decimales -  
que se verifiquen, se debe registrar en términos del "Número -  
más probable" (N.M.P).

## **VI. RESULTADOS**

Los resultados obtenidos del análisis de las 144 muestras trabajadas se -  
presentan a continuación agrupadas de la siguiente manera:

- De la tabla I a la III los resultados promedio de las determinaciones-  
físicas, químicas y bacteriológicas de las 18 muestras recolectadas 10  
mts. antes del sitio de descarga (contaminación) industrial para cada-  
efluente.
- De la tabla IV a la VI los resultados promedio de las determinaciones-  
físicas, químicas y bacteriológicas de las restantes 18 muestras que -  
se recolectaron 10 mts. adelante del sitio de descarga (contaminación)  
industrial para cada efluente.

T A B L A N o. I

## DETERMINACIONES FISICAS: VALORES PROMEDIO

EFLUENTES DETER- MINACIO- NES.	RIO CAZONES	ARROYO DEL HUELEQUE	ARROYO DEL MAIZ	ARROYO SALSIPUEDES
CONDUCTANCIA EN MICROMHS/CM	240	150	160	200
COLOR EN UCC	40	35	30	30
SOLIDOS TOTALES EN ppm	200	180	150	250
SOLIDOS DISUELTOS EN ppm	148	91.3	104	98
SOLIDOS SUSPENDIDOS EN ppm	52	88.7	46	152
SOLIDOS SEDIMENTABLES EN ppm	1	0.8	0.2	0.9
T°C	23	24	23	24
TURBIEDAD	4	6.5	5.9	5.2



## T A B L A No. II

## DETERMINACIONES QUÍMICAS: VALORES PROMEDIO

REFLUENTES DE- TERMINA CIONES.	PTO CAZONES	ARROYO DEL TUELEQUE	ARROYO DEL HAIZ	ARROYO SALSIPUEDES
ALCALINIDAD FENOLETALEINA	0	0	0	0
ALCALINIDAD NA RANJA DE METILO	144	290	200	30
ACIDEZ	0	0	0	0
CLORUROS	22.01	127.8	50	60
DUREZA TOTAL	216	320	350	165
DUREZA AL MAGNESIO	132	140	230	90
DUREZA AL CALCIO	84	180	120	75
D.Q.O.	594	650	250	300
D.B.O.	700	400	300	200
FIERRO	0.1	0.09	0.05	0.07
FOSFATOS	0	0	5.8	0
GRASAS Y ACEITES	3	1.5	2	5
NITROGENO	30	29	35	5
O.D.	10	8	9	5
pH	7.4	7.6	7.5	7.0
SULFATOS	0.05	0.08	0.04	0.05

## T A B L A No. III

## DETERMINACIONES BACTERIOLOGICAS: VALORES PROMEDIO

EFLUENTES		RIO CAZONES	ARROYO DEL HUELEQUE	ARROYO DEL MAIZ	ARROYO SALSIPUEDES
DETERMINACIONES.					
PRUEBA PRESUNTIVA	DILU- CION. 10 ml.	3+	0	0	3+
	DILU- CION. 1 ml.	1+	0	0	1+
	DILU- CION. 0.1 ml.	2+	0	0	3+
PRUEBA CONFIRMATO- RIA.		POSITIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	POSITIVA
PRUEBA COMPLETA		POSITIVA	NEGATIVA	NEGATIVA	POSITIVA
N.M.P.		120	0	0	160

## T A B L A No. IV

## DETERMINACIONES FISICAS: VALORES PROMEDIO

EFLUENTES DETER- MINACIONES.	RIO CAZONES	ARROYO DEL HUELEQUE	ARROYO DEL MAIZ	ARROYO SALSIPUEDES
CONDUCTANCIA EN MICROMHS/CM	1500	1600	800	1200
COLOR EN UCC	70	60	50	50
SOLIDOS TOTALES EN ppm	1250	1780	661	1500
SOLIDOS DISUELTOS EN ppm	1008	1526	495	1145
SOLIDOS SUSPENDIDOS EN ppm	241	253.7	166	355
SOLIDOS SEDIMENTABLES EN ppm	1.8	1.8	0.5	1.9
T°C	24	32	24	23
TURBIEDAD	18	20	17.5	15

T A B L A No. V

## DETERMINACIONES QUIMICAS: VALORES PROMEDIO

EFLUENTES DETER- MINACIO- NES	RIO CAZONES	ARROYO DEL HUELEQUE	ARROYO DEL MAIZ	ARROYO SALSIPUEDES
ALCALINIDAD FENOLFTALEI- NA.	0	0	0	0
ALCALINIDAD NARANJA DE METILO	387.3	442.6	460.0	76.0
ACIDEZ	0	0	0	0
CLORUROS	320.0	823.7	155.98	653.2
DUREZA TOTAL	452.0	604.0	906.0	384.0
DUREZA AL MAGNESIO	136.0	124.7	636.0	94.0
DUREZA AL CALCIO	316.0	479.3	270.0	290.0
D.Q.O.	1000.0	1064.0	587.0	904.0
D.B.O.	1120.0	900.0	700.0	500.0
FIERRO	1.1	0.69	1.1	1.02
FOSFATOS	2.17	2.17	8.5	0.0
GRASAS Y ACEITES	40.0	48.0	37.8	30.0
NITROGENO	34.0	32.0	39.0	20.0
O.D.	1.0	5.3	3.7	3.2
p.H	7.6	7.7	7.6	7.2
SULFATOS	0.384	1.1	1.7	1.5

T A B L A No. VI

## ANALISIS BACTERIOLOGICOS: VALORES PROMEDIO

EFLUENTES		RIO CAZONES	ARROYO DEL HUELEQUE	ARROYO DEL MAIZ	ARROYO SALSIPUEDES
PRUEBA PRESUNTIVA	DILU- CION. 10 ml.	3+	3+	3+	3+
	DILU- CION. 1 ml.	3+	1+	2+	2+
	DILU- CION. 0.1 ml.	3+	2+	2+	3+
PRUEBA CONFIRMA- TORIA.		POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA
PRUEBA COMPLETA		POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA	POSITIVA
N.M.P.		2,400	120	210	290

## VII. CONCLUSIONES

Comparando y contrastando los resultados obtenidos con los establecidos en el reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (Tabla No. VII) podemos decir que:

#### 1.- RIO CAZONES

Después de la descarga industrial los siguientes parámetros se encuentran fuera de los límites permitidos:

- Color.- Aumentado en 14 unidades
- Turbiedad.- Aumentada en 14 unidades
- Cloruros.- Aumentados en 297.99 ppm.
- Grasas y Aceites.- Presenta película visible
- Nitrógeno.- Aumentado en 4 ppm.
- Oxígeno disuelto.- Hay descenso de 9 ppm.
- Sólidos sedimentables.- Aumentados desde antes de la descarga industrial, incrementándose en 1 mg./l. después de la descarga.

Las concentraciones de los siguientes parámetros se encuentran dentro de los límites permitidos en las muestras tomadas antes de la descarga y registrándose un aumento después de la descarga industrial, quedando aún dentro de los límites:

- |                 |            |
|-----------------|------------|
| - Conductividad | - pH       |
| - Temperatura   | - Sulfatos |

- Fierro                    - Coliformes

- Fosfatos

Ver tabla No. VIII

## 2.- ARROYO DEL HUELEQUE

Antes de la descarga industrial todos los parámetros se encuentran dentro de los límites permitidos.

Después de la descarga industrial los siguientes parámetros se encuentran fuera de los límites permitidos:

- Color.- Aumentado en 25 unidades
- Temperatura.- Aumentada en 8°C
- Turbiedad.- Aumentada en 13.5 unidades
- Sólidos sedimentables.- Aumentados en 1mg/l.
- Cloruros.- Aumentados en 695.9 ppm.
- Grasas y Aceites.- Presentan película visible
- Nitrógeno.- Aumentado en 3 ppm.

Las concentraciones de los siguientes parámetros se encuentran dentro de los límites permitidos en las muestras tomadas antes de la descarga y registrándose un aumento después de la descarga industrial, quedando aún dentro de los límites:

- Conductividad                    - pH
- Fierro                            - Sulfatos



- Fosfatos                      - Coliformes

- Oxígeno disuelto

Ver Tabla No. IX

### 3.- ARROYO DEL MAIZ

Antes de la descarga industrial todos los parámetros se encuentran dentro de los límites permitidos.

Después de la descarga industrial los siguientes parámetros se encuentran fuera de los límites permitidos:

- Color.- Aumentado en 20 unidades
- Turbiedad.- Aumentada en 11.6 unidades
- Grasas y Aceites.- Presenta película visible
- Nitrógeno.- Aumentado en 4 ppm.

Las concentraciones de los siguientes parámetros se encuentran dentro de los límites permitidos en las muestras tomadas antes de la descarga y registrándose un aumento después de la descarga industrial, quedando aún dentro de los límites:

- Conductividad                      - Fosfatos
- Temperatura                      - Oxígeno disuelto
- Sólidos sedimentables           - pH

- Cloruros
- Sulfatos
- Fierro
- Coliformes

Ver Tabla No. X

#### 4.- ARROYO SALSIPUEDES

Después de la descarga industrial los siguientes parámetros se encuentran fuera de los límites permitidos:

- Color.- Aumentado en 20 unidades
- Turbiedad.- Aumentado en 9.8 unidades
- Sólidos sedimentables.- Aumentados en 1 mg/l
- Cloruros.- Aumentados en 593.2 ppm.
- Grasas y Aceites.- Presenta película visible
- Nitrógeno.- Aumentado en 15 ppm.

Las concentraciones de los siguientes parámetros se encuentran dentro de los límites permitidos en las muestras tomadas antes de la descarga y registrándose un aumento después de la descarga industrial, quedando aún dentro de los límites:

- Conductividad
- Oxígeno disuelto
- Temperatura
- pH
- Fierro
- Sulfatos
- Fosfatos
- Coliformes.

Ver Tabla No. XI

De todo lo anterior se puede concluir que:

La calidad del agua de los efluentes Río Cazonas, Arroyos Huéleque, Maíz y Salsipuedes, disminuyó notablemente al recibir las descargas industriales que la contaminan, generando un desequilibrio en el ecosistema cuyas consecuencias ya empezamos a sufrir.

Esto nos lleva a proponer algunos caminos que mejoren y eliminen el daño que esas descargas generan:

- 1.- Vigilancia y control oficial de tipo cantidad, frecuencia etc. de -  
descarga.
- 2.- Construcción de planta de tratamiento de agua.
- 3.- Monitoreo químico, bacteriológico permanente.
- 4.- Labor permanente de concientización industrial.

LOS PARAMETROS ESTABLECIDOS EN NUESTRO PAIS SE PRESENTAN ENSEGUIDA INDICANDO LOS VALORES LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS PARA CADA CASO.

PARAMETROS	LIMITES MAXIMOS PERMITIDOS
CONDUCTIVIDAD	NO MAYOR DE 2,000 MICROHOMS/CM.
COLOR	NO AUMENTAR EN MAS DE 10 UNIDADES ESCALA PLATINO-COBALTO
TEMPERATURA	NO AUMENTAR MAS DE 2.5°C
TURBIEDAD	CONDICIONES NATURALES
SOLIDO SEDIMENTABLES	MAXIMO 0.8 ml/l
CLORUROS	NO INCREMENTAR POR ENCIMA DE 200 ppm.
FIERRO	10.0 ppm.
POSFATOS	NO INCREMENTAR POR ENCIMA DE 4 ppm.
GRASAS Y ACEITES	AUSENCIA DE PELICULA VISIBLE
NITROGENO	NO INCREMENTAR MAS DE 2.5 ppm.
OXIGENO DISUELTO	MINIMO 3.2 ppm.
pH	6.0 A 9.0
SULFATOS	NO INCREMENTAR MAS DE 200 ppm.
COLIFORMES	2,000 A 4,000 COLIFORMES/100 mls.

T A B L A No. VIII RIO CAZONES

PARAMETROS	LIMITE MAXIMO PERMITIDO	RESULTADOS PROMEDIADO ANTES DE LA DESCARGA IND.	RESULTADO PROMEDIADO DESPUES DE LA DESCARGA INDUSTRIAL.
CONDUCTIVIDAD	NO MAYOR DE 2,000 MICROHOMS/CM.	240.0	1500.0
COLOR	NO AUMENTAR EL COLOR EN MAS DE 10 UNIDADES.	40.0	70.0
TEMPERATURA	NO AUMENTAR LA TEMPERATURA MAS DE 2.5°C	23	24.0
TURBIEDAD	CONDICIONES NATURALES	5.2	15.0
SOLIDO SEDIMENTABLES	MAXIMO 0.8 ml/l	1.0	1.8
CLORUROS	NO INCREMENTAR A CL POR ENCIMA DE 200 ppm.	22.01	320.0
FIERRO	MAXIMO 10.0 ppm.	0.1	1.1
FOSFATOS	NO INCREMENTAR MAS DE 4 ppm.	0	2.17
GRASAS Y ACEITES	AUSENCIA DE PELICULA VISIBLE	3	40.0
NITROGENO	NO INCREMENTAR MAS DE 2.5 ppm.	30.0	34.0
OXIGENO DISUELTO	MINIMO 3.2 ppm.	10.0	1.0
pH	6.0 A 9.0	7.4	7.6
SULFATOS	NO INCREMENTAR MAS DE 200 ppm.	0.05	0.384
COLIFORMES	2,000 A 4,000 COLIFORMES/100 mlS.	120	2400.00

T A B L A No. IX ARROYO HUELEQUE

PARAMETROS	LIMITE MAXIMO PERMITIDO	RESULTADOS PROMEDIOS ANTES DE LA DESCARGA IND.	RESULTADO PROMEDIO DESPUES DE LA DESCARGA INDUSTRIAL.
CONDUCTIVIDAD	NO MAYOR DE 2,000 MICROHOMS/CM.	150.0	1600.0
COLOR	NO AUMENTAR EL COLOR EN MAS DE 10 UNIDADES.	35.0	60.0
TEMPERATURA	NO AUMENTAR LA TEMPERATURA MAS DE 2.5°C	24	32.0
TURBIEDAD	CONDICIONES NATURALES	6.5	20.0
SOLIDO SEDIMENTABLES	MAXIMO 0.8 ML/1	0.8	1.8
CLORUROS	NO INCREMENTAR MAS DE 200 ppm.	127.8	823.7
PIERRO	MAXIMO 10.0 ppm.	0.09	0.69
FOSFATOS	NO INCREMENTAR MAS DE 4 ppm.	0	2.17
GRASAS Y ACEITES	AUSENCIA DE PELICULA VISIBLE	1.5	48.0
NITROGENO	NO INCREMENTAR MAS DE 0.5 ppm.	29.0	32.0
OXIGENO DISUELTO	MINIMO 3.2 ppm.	8.0	5.3
PH	6.0 A 9.0	7.6	7.7
SULFATOS	NO INCREMENTAR MAS DE 200 ppm.	0.08	1.1
COLIFORMES	2,000 A 4,000 COLIFORMES/100 mls.	0	120

T A B L A No. X ARROYO DEL MAIZ

PARAMETROS	LIMITE MAXIMO PERMITIDO	RESULTADOS PROMEDIOS ANTES DE LA DESCARGA IND.	RESULTADOS PROMEDIOS DESPUES DE LA DESCARGA INDUSTRIAL.
CONDUCTIVIDAD	NO MAYOR DE 2,000 MICROHOMS/CM.	160.0	800.0
COLOR	NO AUMENTAR EL COLOR EN MAS DE 10 UNIDADES	30	50.0
TEMPERATURA	NO AUMENTAR LA TEMPERATURA MAS DE 2.5°C	23	24.0
TURBIEDAD	CONDICIONES NATURALES	5.9	17.5
SOLIDO SEDIMENTABLES	MAXIMO 0.8 ML/l	0.2	0.5
CLORUROS	NO INCREMENTAR MAS DE 200 ppm.	50	155.98
FIERRO	MAXIMO 10.0 ppm.	0.05	1.1
POSFATOS	NO INCREMENTAR MAS DE 4 ppm.	5.8	8.5
GRASAS Y ACEITES	AUSENCIA DE PELICULA VISIBLE	2	37.8
NITROGENO	NO INCREMENTAR MAS DE 2.5 ppm.	35.0	39.0
OXIGENO DISUELTO	MINIMO 3.2 ppm.	9.0	3.7
pH	6.0 A 9.0	7.5	7.6
SULFATOS	NO INCREMENTAR MAS DE 200 ppm.	0.04	1.7
COLIFORMES	2,000 a 4,000 COLIFORMES/100 M.Ls.	0	210

T A B L A No. XI

ARROYO SALSIFUEDES

PARAMETROS	LIMITE MAXIMO PERMITIDO	RESULTADOS PROMEDIOS ANTES DE LA DESCARGA IND.	RESULTADO PROMEDIOS DESPUES DE LA DESCARGA INDUSTRIAL.
CONDUCTIVIDAD	NO MAYOR DE 2,000 MICROHOMS/CM.	200.0	1200.0
COLOR	NO AUMENTAR EL COLOR EN MAS DE 10 UNIDADES	30.0	50.0
TEMPERATURA	NO AUMENTAR LA TEMPERATURA MAS DE 2.5°C	24	23.0
TURBIEDAD	CONDICIONES NATURALES	5.2	15.0
SOLIDO SEDIMENTABLES	0.8 ml/l	0.9	1.9
CLORUROS	NO INCREMENTAR MAS DE 200 ppm.	60.0	653.2
FIERRO	10.0 ppm.	0.07	1.02
FOSFATOS	NO INCREMENTAR MAS DE 4 ppm.	0	0.0
GRASAS Y ACEITES	AUSENCIA DE PELICULA VISIBLE	5.0	30.0
NITROGENO	NO INCREMENTAR MAS DE 2.5 ppm.	5.0	20.0
OXIGENO DISUELTTO	MINIMO 3.2 ppm.	5.0	3.2
pH	6.0 A 9.0	7.0	7.2
SULFATOS	NO INCREMENTAR MAS DE 200 ppm.	0.05	1.5
COLIFORMES	2,000 A 4,000 COLIFORMES/100 mls.	160	290



- 1.- Burrows, William. Tratado de Microbiología. 20a.Ed.México: Editorial Interamericana, 1974.
- 2.- Capurro, Luis F., Vergaras, Ricardo, Presente y Futuro del Medio Humano. 1a.Ed. Editorial Continental S.A., 1978. Chile
- 3.- Catalan, Lafuente F., Química del Agua. 2a.Ed.Editorial Blume, 1968. Madrid.
- 4.- Chavin, André. Paul y Rousel. La Pollution Atmospherique. - Paris, 1968, Resumen.
- 5.- Douglas A. Skoog. Donald M. West. Introducción a la Química-Analítica. Editorial Reverte S.A., 1970. España.
- 6.- Departamento de sanidad del Estado de N.Y. Tratamiento de aguas negras. Editorial Limusa Weley, S.A., 1969. México.
- 7.- Departamento de Sanidad del Estado de N.Y. Tratamiento de Aguas. Editorial Limusa. 1979. México.

- 8.- Dorst, Jean. Antes que la Naturaleza Muera. Barcelona - - 1972. Resumen.
- 9.- Lara de Federico. Miro, Juan. Técnicas de Defensa del Medio Ambiente. Editorial Labor, 1978. Madrid España.
- 10.- Maskew, Fair Gordon. Guyer, Charles John. Okun, Alexander Daniel. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Volumen I. Editorial Limusa, 1976. México
- 11.- Makew Fair Gordon, Guyer, Charles John. Okun, Alexander - Daniel. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. Volumen II. Editorial Limusa, 1976. México
- 12.- Metcalf, Eddy. Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales. 1a. Edición. Editorial Labor S.A., 1977 España.
- 13.- Manual de Petróleos Mexicanos. Técnicas de Muestreo para Aguas de Desecho. Oficina de Protección Ambiental.

- 14.- Manual de Petr6leos Mexicanos. M6todos de An6lisis para -  
Aguas de Desecho. Tomo I., 1973.
- 15.- Manual de Petr6leos Mexicanos. M6todos de An6lisis para -  
Aguas de Desecho. Tomo II., 1973.
- 16.- Nemerow, Nelson L. Aguas Residuales Industriales Teor6a, -  
Aplicaci6n y Tratamiento. Ediciones H. Blume, Rosario 17 -  
Madrid, 1977.
- 17.- Orozco, Fernando. An6lisis Qu6mico Cuantitativo. 6a. Edi -  
ci6n, M6xico. Editorial Porr6a, 1970.
- 18.- Petr6leos Mexicanos oficina de protecci6n ambiental. Ante-  
proyecto para evitar la contaminaci6n por agua salada en -  
r6os y arroyos del Distrito Poza Rica.
- 19.- Poza Rica apuntes para su historia. M6xico 1977.

- 20.- Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos. Agua.  
Septiembre de 1972, Número 9 Volumen XIII.
- 21.- Reglamento para la prevención y control de la contaminación  
de aguas. Secretaría de Recursos Hidráulicos., 1977. México
- 22.- Standard Methods for the examination of water and Wastew --  
other. 13a. Edición. Apha - Awa - Wpcf - 1971.
- 23.- Tratamiento de residuos líquidos domésticos e industriales.  
Universidad Autónoma de Nuevo León. Oficina sanitaria pana-  
mericana. Facultad de Ingeniería Civil. Escuela de Gradua -  
dos, 1973., México.



