



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

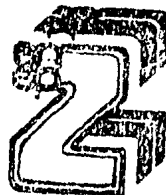
ZARAGOZA

BIOLOGIA

DETERMINACION DE LOS NIVELES DE CONTAMINACION DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A N
OSCAR ARMANDO CHAPA HERNANDEZ
EDUARDO JOSE VADILLO SANCHEZ



MEXICO, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

| | |
|---|-----|
| Introducción | 1 |
| Planteamiento del Problema | 6 |
| Justificación del Estudio. | 8 |
| Hipótesis | 9 |
| Objetivos. | 10 |
| Metodología de Parámetros Cuantificados | |
| Metodología de Muestreo | |
| Discusión y Resultados | |
| - Compuestos Inorgánicos | 22 |
| - Compuestos Orgánicos | 50 |
| - Biológicos | 63 |
| - Plantas de Tratamiento | 66 |
| Conclusiones | 76 |
| Recomendaciones. | 81 |
| Bibliografía | 82 |
| Bibliografía Citada. | 86 |
| Cuadros de Resultados. | 91 |
| Glosario | 123 |

INTRODUCCION

En la actualidad, el término contaminación es empleado con frecuencia a nivel popular, sin embargo, no existe una visión clara de lo que realmente el término significa y las consecuencias a las que nos tenemos que enfrentar debido a la misma. En este orden de ideas, empezaremos por dar una definición más específica de lo que el término significa.

La contaminación es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas y biológicas de nuestro suelo, aire o agua que puede afectar o afectará nocivamente la vida humana, nuestros procesos industriales, condiciones de vida y acervo cultural, o bien que pueda malgastar y deteriorar nuestros recursos naturales.

Estos cambios, son producidos por los desechos de la actividad industrial y doméstica que de manera general no es planificada y que cada día va en aumento debido a la explosión demográfica, a los asentamientos humanos, modo de vida y patrones de consumo, lo que por necesidad establece una serie de demandas de satisfactores, mismos que por lo general producen una mayor cantidad de desechos que irresponsablemente se transportan al entorno ecológico, causando severos daños que se pueden palpar de manera cotidiana si observamos la disminución de la calidad de vida, principalmente en las zonas urbanas y suburbanas del país.

Dentro del contexto antes expuesto, la contaminación del agua constituye uno de los problemas ambientales de --

efecto inmediato más importantes en México y en el mundo, dada la relevancia que éste elemento representa en la vida de todos los organismos. Los problemas relacionados con el recurso y su manejo, hasta la década de los sesentas, siempre se habían atribuido a las múltiples interacciones entre los factores físicos y biológicos del medio ambiente, sin embargo, en la actualidad es necesario poner especial atención en las relaciones hombre-medio, ya que éste, debe ser considerado uno de los componentes más importantes de un ecosistema.

Por otro lado, el problema de la contaminación del agua está relacionado con aspectos socioeconómicos y políticos tales como modelos de producción y de consumo, falta de conciencia ambiental. Los asentamientos humanos y la legislación sanitaria que debe controlar la calidad de los desechos tanto industriales como domésticos y mixtos, así como también las alternativas para el tratamiento de estos desechos; todo esto, con el fin de encontrar la salida de un problema que, cada día es mayor y cuyas perspectivas de solución son reducidas.

Ahora bien, los principales contaminantes que pueden encontrarse en un efluente de aguas de desecho son:

Desechos que consumen oxígeno.- Están íntimamente relacionados con la materia orgánica y algunos materiales inorgánicos. La materia orgánica presente en aguas de desecho proviene generalmente de desechos animales y vegetales, así como también de las actividades humanas.

Los principales compuestos orgánicos encontrados en-

aguas residuales son: Proteínas (40-60%), Carbohidratos -- (25-50%), así como Grasas y Aceites (10%). De estos com- - puestos orgánicos una gran proporción consiste en materia- les degradables, los cuales sirven como alimento a algunas bacterias y otros microorganismos. La desintegración bio- lógica de estos materiales consume oxígeno.

La cantidad del oxígeno requerido para estabilizar - la materia orgánica es posible medirla por medio de la - - prueba de la demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.), que - es el parámetro más ampliamente usado para determinar la - contaminación orgánica.

Algunos de los componentes orgánicos de las aguas re- siduales no son biodegradables, por lo que no pueden ser - evaluados por la prueba del D.B.O. Sin embargo, existe - - otra prueba para medir las cantidades presentes de estos - materiales, siendo ésta la demanda química de oxígeno (D.- Q.O.). En esta prueba también se reflejan algunos materia- les biodegradables y por lo tanto, la Demanda Química de - Oxígeno es mayor que la Demanda Bioquímica de Oxígeno, por - que muchos compuestos pueden oxidarse tanto química como - biológicamente.

Agentes infecciosos.- Las aguas residuales contienen bacterias y virus que pueden causar enfermedades infeccio- sas que fácilmente producen epidemias. Debido a su tamaño- microscópico, estos organismos están contenidos en los só- lidos suspendidos en las aguas de desecho.

Nutrientes.- Las aguas residuales también contienen- dos elementos, Fósforo y Nitrógeno en condiciones natura--

les que causan un desarrollo indeseable de algas y otras plantas en los lagos y ríos. Lo anterior provoca que se forme una nata verdosa en la superficie del cuerpo acuático que puede interferir con la navegación y la recreación, además de causar malos olores y sabores, a las aguas de los lagos, ríos y a suministros de agua potable.

Productos químicos orgánicos e inorgánicos.- La calidad mineral del agua utilizada en un municipio es alterada por la acumulación de sales inorgánicas que contienen calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloruros, Sulfatos y Fosfatos, que mezclados con otros contaminantes constituyen los sólidos disueltos totales (S.D.T.). Concentraciones muy altas de (S.D.T.) pueden producir al agua sabor muy desagradable y provocar algunas enfermedades, así como también impedir su uso agrícola e industrial.

El Ca y el Mg pueden contribuir a aumentar la dureza del agua.

Otros contaminantes importantes que podemos encontrar en las aguas de desecho son los metales pesados tales como: Pb, Fe, Hg, Ag, Cr., etc. Dado que estos contaminantes son muy tóxicos, cuando son vertidos en afluentes naturales pueden causar la muerte de las especies beneficiosas que en ella se desarrollen. Si las concentraciones no son muy altas no causan una muerte inmediata de los organismos, sin embargo, se pueden integrar a la cadena alimenticia y acumularse causando problemas a largo plazo. De igual manera, los pesticidas y los compuestos aromáticos pueden causar problemas, tanto a la salud humana como a los ecosiste

mas en general.

En el presente trabajo, se evaluaron las concentraciones de los parámetros antes mencionados en diez estaciones de muestreo distribuidas en toda la Ciudad de México; en un lapso de seis meses (Marzo-Agosto 1981), y en tres plantas de tratamiento, tanto en su influente como en su efluente durante el mismo lapso. Con base en las concentraciones encontradas para cada parámetro se hizo una caracterización de zonas industriales y domésticas, se obtuvo un índice porcentual de contaminación de las aguas residuales de la ciudad en base a los criterios para calidad de agua (según sus usos), tanto nacionales como extranjeros.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es el componente principal de los seres vivos y un constituyente esencial del medio ambiente, su relación con la biota es muy importante ya que constituye un medio básico de transporte de materiales de todo tipo y el depósito último de muchos desechos tanto naturales como artificiales.

La actividad humana está íntimamente relacionada con la disponibilidad del recurso, dado que es un elemento necesario para la agricultura, la generación de energía para uso doméstico e industrial, así como también para fines recreativos.

Los estudios relacionados en el país para reconocer las condiciones y calidad del recurso, así como los niveles de contaminación del mismo, son muy escasos, lo cuál resulta una contradicción dada la importancia que este elemento tiene tanto para la actividad humana como para el entorno ecológico general. Ahora bien, en la Ciudad de México, se concentra la mayor actividad tanto doméstica como industrial del país, lo que provoca que las necesidades de abastecimiento sean mayores que en cualquier otra ciudad. Así, los volúmenes de agua requeridos para cubrir las necesidades en todos los órdenes, se distribuyen de la siguiente manera: de un total de $56 \text{ m}^3/\text{seg.}$ que se obtienen de la sobreexplotación de los mantos acuíferos del subsuelo y de aportes cercanos a la ciudad (v.gr. Río Lerma), $32.4 \text{ m}^3/\text{seg.}$ son destinados a usos domésticos, $11.3 \text{ m}^3/\text{seg.}$ para uso in

dustrial, comercios y servicios; $4.3 \text{ m}^3/\text{seg.}$ se usan en -- parques y fuentes y $8.3 \text{ m}^3/\text{seg.}$ se utiliza para la agricultura. De estos últimos, sólo $2 \text{ m}^3/\text{seg.}$ son obtenidos en -- las plantas de tratamiento que operan en la ciudad; a este respecto, debemos decir que se generan aproximadamente - - $45 \text{ m}^3/\text{seg.}$ de aguas residuales con las cuales se riegan un total de 56,000 Ha. en el Valle de Tula y 18,000 Ha. en el Valle de México. Por otro lado, se estima que de acuerdo - con los procesos de industrialización y asentamientos humanos, para el año 2,000 se requerirá un 27% más de agua; -- sin embargo, las posibilidades de obtenerla de las fuentes que en la actualidad abastecen a la ciudad, cada día son - más reducidas. Además, el hecho de que se traigan a la ciudad cantidades tan grandes de agua puede producir altera-- ciones a las regiones de las que se extrae el agua. Esto - sin considerar que la infraestructura necesaria para el -- abastecimiento de agua genera costos cada vez más elevados. Por tales motivos, se hace necesario realizar un estudio - sobre la calidad de aguas de desecho, de tal manera que en base a éste, se puedan plantear alternativas para el tratamiento de las aguas residuales y poder aumentar las posibilidades de reuso, lo que puede contribuir a asegurar el -- abastecimiento de la ciudad y evitar el deterioro tanto -- del recurso como del medio ambiente en general.

JUSTIFICACION DEL
ESTUDIO.

En base a lo expuesto anteriormente, se considera de vital importancia determinar los niveles de contaminación, tanto biológica como física y química que existen en las aguas de desecho de zonas industriales, domésticas y mixtas de la Ciudad de México, conocer la distribución de aguas negras y su salida del Distrito Federal y saber el uso inmediato que se les dá a estas aguas. También se debe conocer el grado de eficiencia de las plantas de tratamiento que funcionan en la Ciudad.

H I P O T E S I S

Las concentraciones de los parámetros que se analicen dependerán de las descargas (domésticas y/o industriales) de los sitios de muestreo.

Las aguas residuales con altos contenidos de materia biodegradable deberán ser tratadas en plantas de lodos activados.

Las aguas residuales con productos químicos solubles no biodegradables deberán ser sometidas a un tratamiento terciario.

La calidad del agua residual proveniente de zonas altamente industrializadas, será menor comparada con las descargas domésticas de acuerdo con los parámetros a medir.

O B J E T I V O S

GENERAL: Realizar análisis físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales de la Ciudad de México y plantear alternativas para su tratamiento.

ESPECIFICOS: Realizar análisis de los contaminantes inorgánicos más importantes, que pudieran estar presentes en las aguas residuales de la Ciudad de México.

- Realizar análisis de los contaminantes orgánicos más importantes, que pudieran estar presentes en las aguas residuales de la Ciudad de México.
- En base a los datos obtenidos, a partir de los análisis efectuados y a la bibliografía consultada, hacer mención del impacto ambiental y - - efectos a la salud que éstos contaminantes ocasionan, así como los métodos que resulten más - eficaces para el tratamiento de aguas residuales y plantear alternativas para el reuso de dichas aguas.

METODOLOGIA DE LOS
PARAMETROS -
CUANTIFICADOS

1.- INORGANICOS:

Alcalinidad. (Método titrimétrico en: Standard Methods. 15 ed. pp. 253.

pH. (Método potenciométrico en: Standard Methods. pp.

Conductividad Eléctrica. (Método de celda conductimétrica - en: Standard Methods. pp. 70).

Boro. (Método de reactivo de carmín en: Standard Methods. - 15 ed. pp. 260).

SAAM. (Método de azul de metileno en Standard Methods. pp. 530).

Grasas y Aceites. (Método gravimétrico usando eter anhidro como solvente en: Standard Methods. 15 - ed. pp. 461).

1.1.- Sólidos.

Sólidos Totales. (Método gravimétrico en: Standard Methods. pp. 92).

Sólidos Disueltos Totales. (Método gravimétrico en: Stan-- dard Methods. pp. 94).

Sólidos Suspendidos Totales. (Método gravimétrico en: Stan_ dard Methods. pp. 94).

Sólidos Sedimentables. (Método de pruebas volumétricas en- Standard Methods. pp. 96).

1.2.- Demandas.

Demanda Bioquímica de Oxígeno. (DBO). (D.B.O. en: Standard Methods. 15 ed. pp.- 483.)

Demanda Química de Oxígeno, (DQO). (Método de dicromato de potasio por reflujo en: Standard Methods. 15 ed. pp. 490).

1.3.- Nutrientes.

Nitrógeno Total. (Método Kieldahl en: Standard Methods. pp. 383).

Nitrógeno Amoniacal. (Método titrimétrico en: Standard Methods. 15 ed. pp. 361).

Nitratos y Nitritos. (Método de reducción con metal Devarda en: Standard Methods. 15 ed. pp.- 375).

Fósforo Total. (Método colorimétrico del Acido vanado molibdofosfórico en: Standard Methos. pp.415)

1.4.- Metales Pesados.

Hierro Soluble y Total.

Plomo Soluble y Total.

Mercurio Soluble y Total.

Por espectrofotometría de absorción atómica en: Standard Methods 15 ed. para fierro pp. 201, plomo pp. 207, mercurio pp. 217.

2.- COMPUESTOS ORGANICOS.

2.1.- Extractables en Medio Alcalino.

1,3 Diclorobenceno.
 1,4 Diclorobenceno.
 Naftaleno.
 Pireno.
 2,6 Dinitrotolueno (DNT)

Extracción con cloruro de Metileno y Met. de cromatografía de gases. Selected analytical Methods approved and cited by U.S. EPA (Environmental Protection Agency)
 American Public health Assoc.
 American Water Works Assoc.
 Water Pollution Control Federation.

2.2.- Extractables en Medio Acido.

Fenol (Cromatografía de gases).

2.3.- Pesticidas Clorados.

DDT.

Aldrin. (Método de cromatografía de gases en Standard-
 Methods. pp. 493 y sigs.)

Dieldrin.

3.- BIOLÓGICOS:

Coliformes Fecales. (Técnica de filtro de membrana en: - -
 Standard Methods. 15 ed. pp. 806).

Coliformes Totales. (Técnica de filtro de membrana, en: - -
 Standard Methods. 15 ed. pp. 806).

METODOLOGIA DE MUESTREO

Se escogieron 16 puntos de muestreo estratégicos con el fin de cubrir la mayor parte y los sitios más importantes de la red de distribución de drenaje de la Cd. de México tratando de abarcar drenajes tanto industriales como mixtos (Industriales y domésticos), entre ellos se muestrearon 3 plantas de tratamiento de agua residual con el fin de ver su efectividad en el tratamiento del agua. Tales plantas son: Cerro de la Estrella; la cual trata agua sobre todo del tipo industrial así como doméstica. Cd. Deportiva y la Planta de Chapultepec que procesan agua doméstica principalmente y cuyas aguas tratadas son usadas primordialmente para el riego de parques y jardines así como para actividades recreativas. De las plantas se muestrearon tanto el influente como el efluente. Los otros puntos de muestreo son los siguientes: Al norte se muestrearon 3 ríos; Río Tlalnepantla, Río de los Remedios y Río San Javier, los cuales reciben sobre todo agua de tipo industrial.

Al norte también se muestreo: Tepeji del Río (Salida del drenaje profundo), cuyas aguas son utilizadas en parte para el riego de la zona del Mezquital. En este sitio destaca la importancia de conocer los niveles de contaminación tanto biológica como físico-química que posee el agua, ya que ésta es usada para riego.

De las cercanías del centro hacia el Noreste de la Ciudad se muestrearon 3 puntos del Gran Canal. Uno cercano

a la estación San Lázaro, otra en Aragón y el otro en el Estado de México (Cerro Gordo). Al oriente se muestreó el Bordo de Xochiaca sitio por el cual entra agua negra a los lagos de Texcoco. También se muestreo en Canal de Miramontes e Interceptor Poniente.

El muestreo se efectuó cada mes haciéndolo durante las 24 horas del día; para ésto se llevaron 2 botellas de plástico, una de 1 litro la cual tenía 1.5 ml. de HNO_3 conc. para la fijación de metales y otra botella de plástico de 4 litros cuya muestra serviría para el resto de los análisis. Para tener una muestra más representativa de las condiciones físico-químicas y biológicas que prevalecen en el agua durante las 24 horas del día, el llenado de las botellas se hizo en 4 "sub muestreos" durante las 24 horas.- En cada "sub muestreo: se llenaba la botella a 1/4 de su volumen a intervalos de tiempo de 6 horas cada uno, hasta el llenado total de las botellas. En cada "sub muestreo" se tomó el pH y temperatura de la muestra.

El muestreo de todos los sitios se trató de hacer en forma simultánea mediante 2 equipos de muestreo los cuales se transportaron hacia los diferentes sitios.

La transportación de las muestras se hizo en hielo con el fin de evitar cambios en las condiciones físico-químicas y biológicas de las mismas; ya en el laboratorio se procedió primero al análisis de aquellos parámetros que sufren deterioración rápida y a la fijación de acuerdo con tabla de fijadores de aquellos que podían ser analizados con posterioridad sin sufrir cambios en un tiempo corto.

TABLA DE FIJADORES Y MUESTREO

| DETERMINACION | RECIPIENTE | MINIMO DE MUESTRA REQUERIDA EN MILI LITROS | ALMACENAMIENTO Y/O PRESERVACION. |
|----------------------|----------------------------------|--|---|
| ALCALINIDAD | PLASTICO O VIDRIO | 200 | REFRIGERACION A 4°C DURANTE 24 HRS. MAXI MO. |
| BORO | PLASTICO | 100 | ----- |
| CARBONO ORGANICO | VIDRIO OSCURO | 100 | SE DEBE ANALIZAR TAN PRONTO COMO SEA PO- SIBLE; REFRIGERACION O ADICION DE HCl a pH2. |
| COLOR | VIDRIO | 500 | ----- |
| DBO | PLASTICO O VIDRIO | 100 | REFRIGERACION A 4°C DE MAXIMO 6 HRS. |
| DOO | PLASTICO O VIDRIO | 100 | ANALIZAR TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE, -- AGREGAR H ₂ SO ₄ HASTA pH2. |
| GRASAS Y ACEITES | FRASCOS CALIBRADOS DE BOCA ANCHA | 1000 | AGREGAR HCl a pH2. |
| METALES | PLASTICO O VIDRIO | --- | PARA METALES DISUELTOS SEPARAR POR FIL-- TRADO Y AGREGAR 5 ml./l. DE HNO ₃ CONC. |
| NITROGENO AMONIAICAL | PLASTICO O VIDRIO | 500 | ANALIZAR TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE, -- AGREGAR 0.8 ml. DE H ₂ SO ₄ CONC./l. y RE-- FRIGERARSE. |
| NITRATOS | PLASTICO O VIDRIO | 100 | ANALIZAR TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE, -- AGREGAR 0.8 ml. DE H ₂ SO ₄ CONC./l. Y RE-- FRIGERARSE. |
| NITRITOS | PLASTICO O VIDRIO | 100 | ANALIZAR TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE, -- AGREGAR 40 MG. DE HgCl ₂ /l. Y REFRIGERAR-- RARSE O CONGELAR A -20°C. |
| ORGANICO | PLASTICO O VIDRIO | 500 | VER NITROGENO AMONIAICAL |
| PESTICIDAS | VIDRIO* | --- | ----- |

TABLA DE FIJADORES Y MUESTREO
(CONT.)

| DETERMINACION | RECIPIENTE | MINIMO DE MUESTRA REQUERIDA EN MILI LITROS. | ALMACENAMIENTO Y/O PRESERVACION. |
|---------------|-------------------|---|--|
| pH | PLASTICO O VIDRIO | --- | ANALIZAR INMEDIATAMENTE. |
| FENOLES | VIDRIO | 500 | ANADA H_3PO_4 a pH 4 y 1 g. DE $CuSO_4$ - - $SH_2O/1$. REFRIGERARSE. |
| FOSFOROS | VIDRIO** | 100 | PARA FOSFATOS DISUELTOS, SEPARAR POR FIL TRACION INMEDIATAMENTE Y AGREGAR 40 MILI GRAMOS DE $HgCl/1$. O CONGELAR A $-10^{\circ}C$. |
| TEMPERATURA | --- | --- | ANALIZAR INMEDIATAMENTE. |
| TURBIDEZ | PLASTICO O VIDRIO | --- | ANALIZAR EL MISMO DIA, O ALMACENAR EN LA OBSCURIDAD 24 HORAS MAXIMO. |

NOTAS:

LAS MUESTRAS PARA DETERMINARSE QUE NO --
APARECEN EN ESTA TABLA NO REQUIEREN ALMA
CENAMIENTO O PRESERVACION ESPECIFICA.

* EL RECIPIENTE DEBE LAVARSE CON DISOLVEN-
TES ORGANICOS.

** EL RECIPIENTE SE DEBE LAVAR CON UNA SOLU
CION DE HNO_3 1:1.

DISCUSION Y RESULTADOS

En la Ciudad de México el sistema de drenaje es de tipo mixto, esto es, que recibe aguas de desechos tanto domésticos como industriales; además de recibir el agua de lluvia.

Por esta razón, se decidió hacer una caracterización de zonas con predominancia industrial o doméstica. Para -- tal efecto se tomaron en cuenta dos cosas: La distribución de las zonas industriales que se encuentran dentro del D.F., (mapa 1). Se obtuvo un "Índice porcentual de contaminación" evaluando las concentraciones encontradas dándole valores de 0 a 10; correspondiendo éste último a la -- concentración más alta para cada parámetro (Tabla 1).

De este modo se determinó que los sitios de muestreo con descargas predominantemente industriales se encuentran en un área que vá del NNW al NNE del D.F. y comprende las siguientes estaciones:

Río San Javier, Río Tlalnepantla, Río Remedios, Gran Canal (Aragón), Gran Canal (Cerro Gordo) y el Bordo Xochiaca.

En lo que hace a las estaciones con descargas predominantemente domésticas, éstas se encuentran esparcidas en el resto del área metropolitana y comprenden los siguien-- tes puntos de muestreo:

Canal de Miramontes, Gran Canal (San Lázaro) e Interceptor Poniente. Otro Sitio doméstico evaluado pero que es tá en el Estado de México es Tepeji del Río, (Mapa 2).

TABLA #1 INDICES PORCENTUALES DE CONTAMINACION EN LOS SITIOS MUESTREADOS.

| SITIO DE MUESTREO PARAMETRO. | R I O SAN JAVIER | | R I O PLALNEPANTLA | | R I O REMEDIOS | | ARAGON | | CERRO GORDO | |
|--|---------------------|---------|-----------------------|---------|-------------------|---------|-----------|---------|-------------|---------|
| | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 355.5 | 6.5 | 543.66 | 10.0 | 340.33 | 6.2 | 427.66 | 7.8 | 422.33 | 7.7 |
| PH (unidades) | 6.5 | 0.0 | 7.8 | 0.0 | 6.83 | 0.0 | 7.16 | 0.0 | 6.5 | 0.0 |
| Cond. Elctrica (Uhoms/cm) | 4,276.9 | 10.0 | 1946.69 | 4.5 | 1170.3 | 2.7 | 1303.86 | 3.0 | 1346.26 | 3.1 |
| Duro | 7.28 | 10.0 | 4.79 | 6.5 | 1.60 | 2.1 | 0.8 | 1.0 | 1.04 | 1.4 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 816.9 | 10.0 | 1653.76 | 2.8 | 1054.2 | 1.8 | 1057.78 | 1.8 | 1064.3 | 1.8 |
| Solidos Disueltos Totales | 3164.6 | 10.0 | 1348.3 | 4.2 | 679.0 | 2.1 | 927.0 | 2.9 | 873.66 | 2.7 |
| Solidos Suspendidos Totales | 2649.8 | 10.0 | 305.43 | 1.1 | 375.2 | 1.4 | 130.78 | 0.4 | 190.18 | 0.7 |
| Solidos Sedimentables (ml/lit) | 73.0 | 10.0 | 1.95 | 0.2 | 7.8 | 1.0 | 2.5 | 0.3 | 2.71 | 0.3 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | | | |
| D Q O | 1244.00 | 10.0 | 727.57 | 5.8 | 388.81 | 3.1 | 485.12 | 3.8 | 459.9 | 3.6 |
| D B O | 713.8 | 10.0 | 451.13 | 6.3 | 287.66 | 4.0 | 317.76 | 4.4 | 284.76 | 3.9 |
| C O T | 404.16 | 10.0 | 176.07 | 4.3 | 150.76 | 3.7 | 195.89 | 4.8 | 119.48 | 2.9 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 65.75 | 10.0 | 44.13 | 6.7 | 44.38 | 6.7 | 34.03 | 5.1 | 41.24 | 6.2 |
| Nitrogeno Amoniacal | 37.25 | 10.00 | 28.40 | 7.6 | 26.25 | 7.0 | 22.21 | 5.9 | 20.82 | 5.5 |
| Nitratos, Nitritos | 7.96 | 8.2 | 2.59 | 2.6 | 2.5 | 2.5 | 9.66 | 10.0 | 8.94 | 9.2 |
| Fosforo Total | 97.42 | 10.0 | 9.26 | 0.9 | 11.18 | 1.1 | 8.71 | 0.8 | 10.77 | 1.1 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | | | |
| S A A M | 4.45 | 6.3 | 4.10 | 5.8 | 6.85 | 9.7 | 6.43 | 9.1 | 6.53 | 9.2 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 972.1 | 10.0 | 55.75 | 0.5 | 225.4 | 2.3 | 121.28 | 1.2 | 87.46 | 0.8 |

LAS MEDIAS ESTAN DADAS EN mg/l. SALVO INDICACION CONTRARIA.

TABLA #1 CONT...

| SITIO DE MUESTREO PARAMETRO | R I O SAN JAVIER | | R I O TLALNEPANTLA | | R I O REMEDIOS | | ARAGON | | CERRO GORDO | |
|------------------------------------|---------------------|---------|-----------------------|---------|-------------------|---------|-----------|---------|-------------|---------|
| | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. |

1.7 METALES PESADOS:

| | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|------|
| Hierro Soluble | 18.96 | 10.0 | 3.16 | 1.6 | 2.73 | 1.4 | 1.37 | 0.7 | 3.08 | 1.6 |
| Hierro Total | 47.03 | 10.0 | 7.39 | 1.5 | 7.36 | 1.5 | 3.21 | 0.6 | 5.3 | 1.1 |
| Plomo Soluble | 0.125 | 7.2 | 0.110 | 6.3 | 0.076 | 1.3 | 0.032 | 1.8 | 0.036 | 2.0 |
| Plomo Total | 0.199 | 4.0 | 0.194 | 3.9 | 0.163 | 3.3 | 0.24 | 4.8 | 0.13 | 2.6 |
| Mercurio Soluble | 0.0034 | 5.6 | 0.0030 | 5.0 | 0.0024 | 1.0 | 0.0039 | 6.5 | 0.0060 | 10.0 |
| Mercurio Total | 0.0064 | 3.3 | 0.010 | 5.2 | 0.0053 | 2.7 | 0.0088 | 4.6 | 0.019 | 10.0 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|------|--------|------|--------|------|--------|-----|--------|------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | 0.0 | 0.0 | 3.40 | 10.0 | 0.076 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.112 | 0.3 |
| 1.4 - Dicloro Benceno | 0.0 | 0.0 | 0.43 | 10.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Naftaleno | 0.055 | 6.3 | 0.037 | 4.2 | 0.0042 | 0.4 | 0.0042 | 0.4 | 0.0045 | 0.5 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.022 | 1.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.043 | 2.8 | 0.15 | 10.0 |
| Pireno | 0.15 | 10.0 | 0.0075 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0025 | 0.1 | 0.028 | 1.8 |
| Fenol | 0.028 | 1.5 | 0.028 | 1.5 | 0.183 | 10.0 | 0.031 | 1.6 | 0.0068 | 0.3 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-----|--------|-----|--------|-----|-----|-----|-------|-----|
| D D T | 0.045 | 2.5 | 0.0047 | 0.2 | 0.006 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.024 | 0.1 |
| Aldrin | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0007 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Dieldrin | 0.0 | 0.0 | 0.0067 | 2.4 | 0.002 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----|--------|------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 132.35 | 7.7 | 170.30 | 10.0 | 43.41 | 8.4 | 152.8 | 8.9 | 113.29 | 6.6 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 206.48 | 6.1 | 334.66 | 10.0 | 221.22 | 6.6 | 191.16 | 5.7 | 153.98 | 4.6 |

TABLA #1 CONT...

| SITIO DE MUESTREO PARAMETRO | XOCHIAACA | | SAN LAZARO | | INTERCEPTOR PONIENTE | | CANAL DE MIRAMONTES | | TEFEJI DEL RIO | |
|--|-----------|---------|------------|---------|-------------------------|---------|------------------------|---------|-------------------|---------|
| | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. | \bar{X} | % Cont. |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 386.0 | 7.1 | 355.66 | 6.5 | 245.33 | 4.5 | 270.3 | 4.9 | 349.33 | 6.4 |
| PH (unidades) | 7.3 | 0.0 | 7.0 | 0.0 | 7.25 | 0.0 | 7.34 | 0.0 | 6.83 | 0.0 |
| Cond. Electrica (Unans/cm) | 1299.16 | 3.0 | 1004.7 | 2.3 | 810.18 | 1.8 | 926.2 | 2.1 | 839.94 | 1.9 |
| Cloro | 1.24 | 1.7 | 0.95 | 1.3 | 0.607 | 0.8 | 0.863 | 1.1 | 0.67 | 0.9 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 1441.8 | 2.4 | 791.96 | 1.3 | 1593.5 | 2.7 | 723.5 | 1.2 | 747.8 | 1.4 |
| Solidos Disueltos Totales | 868.0 | 2.7 | 681.66 | 2.1 | 1347.66 | 4.2 | 660.3 | 2.0 | 620.1 | 1.9 |
| Solidos Suspendidos Totales | 573.8 | 2.1 | 111.96 | 0.4 | 235.83 | 0.8 | 73.3 | 0.2 | 127.7 | 0.4 |
| Solidos Sedimentables (ml/lit) | 7.49 | 1.0 | 1.91 | 0.2 | 4.12 | 0.5 | 5.5 | 0.7 | 2.08 | 0.2 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | | | |
| D Q O | 288.9 | 2.3 | 396.73 | 3.1 | 375.01 | 3.0 | 258.7 | 2.0 | 158.7 | 1.2 |
| D D O | 184.5 | 2.5 | 206.0 | 2.8 | 217.9 | 3.0 | 145.5 | 2.0 | 102.7 | 1.4 |
| C O T | 106.68 | 2.6 | 122.93 | 3.0 | 88.19 | 2.1 | 84.6 | 2.0 | 47.8 | 1.1 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 47.5 | 7.2 | 39.22 | 5.9 | 55.01 | 8.3 | 32.9 | 5.0 | 39.21 | 5.9 |
| Nitrogeno Amiacal | 23.5 | 6.3 | 19.47 | 5.2 | 24.96 | 6.7 | 14.3 | 3.8 | 11.64 | 3.1 |
| Nitratos, Nitritos | 6.28 | 6.5 | 2.41 | 2.4 | 1.52 | 1.5 | 7.6 | 7.8 | 1.53 | 1.5 |
| Fosforo Total | 7.18 | 0.7 | 6.81 | 0.6 | 9.10 | 0.9 | 8.67 | 0.8 | 3.88 | 0.3 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | | | |
| S A A M | 6.2 | 8.7 | 4.8 | 6.8 | 7.05 | 10.0 | 5.1 | 7.2 | 2.81 | 3.9 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 186.2 | 1.9 | 109.2 | 1.1 | 93.15 | 0.9 | 129.2 | 1.3 | 349.7 | 3.5 |

TABLA #1 CONT...

| SITIO DE MUESTREO. PARAMETRO. | XOCHIACA | | SAN LAZARO | | INTERCEPTOR PONIENTE | | CANAL DE MIRAMONTES | | TEPEJI DEL RIO | |
|--------------------------------------|----------|---------|------------|---------|-------------------------|---------|------------------------|---------|-------------------|---------|
| | X | % Cont. | X | % Cont. | X | % Cont. | X | % Cont. | X | % Cont. |

1.7 METALES PESADOS:

| | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|------|--------|-----|--------|-----|--------|------|--------|-----|
| Hierro Soluble | 0.715 | 0.3 | 1.46 | 0.7 | 3.72 | 1.9 | 2.66 | 1.4 | 0.652 | 0.3 |
| Hierro Total | 4.46 | 0.9 | 3.10 | 0.6 | 8.84 | 1.8 | 4.17 | 0.8 | 3.01 | 0.6 |
| Plomo Soluble | 0.173 | 10.0 | 0.017 | 0.9 | 0.072 | 4.1 | 0.0095 | 0.05 | 0.12 | 6.9 |
| Plomo Total | 0.49 | 10.0 | 0.064 | 1.3 | 0.171 | 3.4 | 0.015 | 0.3 | 0.23 | 0.4 |
| Mercurio Soluble | 0.0018 | 3.0 | 0.0037 | 6.1 | 0.0025 | 4.1 | 0.0019 | 3.1 | 0.0031 | 5.1 |
| Mercurio Total | 0.0055 | 2.8 | 0.0057 | 3.0 | 0.0046 | 2.4 | 0.0031 | 1.6 | 0.0048 | 2.5 |

2. - COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-----|--------|------|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| 1.3 - Dicloro Benceno | 0.0 | 0.0 | 0.098 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 1.4 - Dicloro Benceno | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.046 | 0.3 |
| Bataaleno | 0.037 | 4.2 | 0.087 | 10.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0058 | 0.6 | 0.0 | 0.0 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.022 | 1.4 | 0.019 | 1.2 | 0.043 | 2.8 | 0.042 | 2.8 | 0.017 | 1.1 |
| Pireno | 0.0 | 0.0 | 0.0025 | 0.1 | 0.0025 | 0.1 | 0.0096 | 0.6 | 0.0033 | 0.2 |
| Fenol | 0.069 | 3.7 | 0.066 | 3.6 | 0.033 | 1.8 | 0.041 | 2.2 | 0.005 | 0.2 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-----|---------|------|-------|-----|-------|------|--------|-----|
| D D T | 0.0 | 0.0 | 0.00085 | 0.04 | 0.003 | 0.1 | 0.178 | 10.0 | 0.0046 | 0.2 |
| Aldrin | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.056 | 10.0 | 0.0025 | 0.4 |
| Dieldrin | 0.026 | 9.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.027 | 10.0 | 0.004 | 1.4 |

1. - BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----|--------|-----|-------|-----|--------|-----|------|-----|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 87.56 | 5.1 | 143.4 | 8.4 | 15.83 | 0.9 | 94.26 | 5.5 | 7.73 | 0.4 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 100.29 | 2.9 | 187.75 | 5.6 | 24.18 | 0.7 | 141.85 | 4.2 | 12.1 | 0.1 |

TABLA # 2. CRITERIOS PARA DIFERENTES USOS DEL AGUA.

(VER ANEXO)

| CRITERIOS PARA DIFERENTES USOS DE AGUA PARAMETROS | PROTECCION PARA LA VIDA DE AGUA DULCE. | RECREACION Y LLENADO DE LAGOS. | RIEGO. | INDUSTRIAL. |
|--|--|--------------------------------|----------------------|---------------|
| ALCALINIDAD | ≥ 20 ° | ≥ 20 ° | ≤ 600 ° | de 75 a 500 ° |
| pH (UNIDADES) | de 6.5 a 9.0 ° | de 6.5 a 9.0 ° | ≥ 4.5 ° | de 3 a 11.7 ° |
| DORO | | | 0.5 s.ac. - 1.0 ss ° | |
| SOLIDOS DISUELTOS TOTALES | | | ≤ 500 ° | |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES | 25 ° | | | |
| DEMANDAS (DBO, COC) | VER NOTAS | VER NOTAS | VER NOTAS | VER NOTAS |
| AMONIO | 0.02 ° | VER NOTAS | | |
| NITRATOS, NITRITOS | ≤ 0.06 ° | VER NOTAS | | ≤ 10 °° |
| FOSFATOS | 0.1 ° | 0.1 ° | | |
| S.A.A.M | 0.5 ° | 2.0 (-) | | |
| GRASAS Y ACEITES | VER NOTAS | ≤ 5.0 (-) | | |
| PLOMBO | 1.0 (1) | | 5.0 s.ac. - 20. ss ° | |
| MERCURIO U _g /l. | 0.03 ° | | 5.0 s.ac. - 10. ss ° | |
| CLOROBENCENOS | | | | |
| 2,6,DINITROTOLUENO | | | | |
| NAFTALENO | | | | |
| FENOL | | | | |
| DDT U _g /l. | 0.001 ° | | | |
| ALDRIN U _g /l. | 0.001 ° | | | |
| DIELDRIN U _g /l. | 0.0019 ° | | | |
| COLIFORMES FECALIS # col./100 ml. | | < 100 °° | < 100 (+) | < 100 (+) |
| COLIFORMES TOTALES # col./100 ml. | | 500 (-) | | 1,000 (+) |

TODAS LAS CONCENTRACIONES SE EXPRESAN EN mg/l. SALVO INDICACION CONTRARIA.

N O T A S

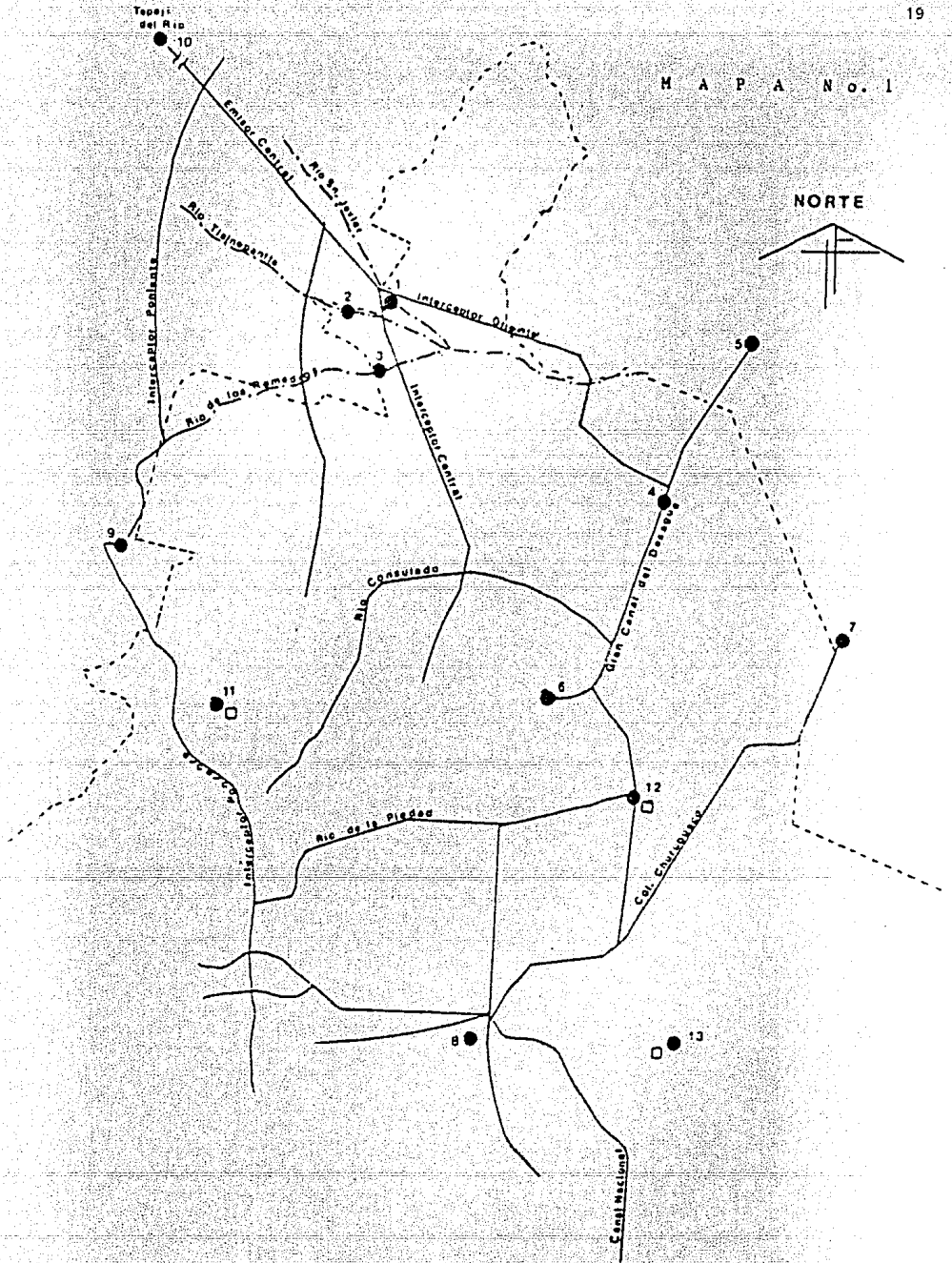
- Boro, Fierro, Plomo; s. ac. = Suelos Acidos
ss. = Suelos Salinos
- Demandas (DBO, DQO); La maxima tolerable que no haga disminuir el oxigeno disuelto a niveles que pongan en peligro a la vida residente y/o provoquen condiciones anaerobias.
- Aminio, Nitratos, Nitritos. la concentracion maxima tolerable previniendo condiciones de eutrofizacion.
- Grasas y Aceites; 0.01 veces el valor LC₅₀ a las 96 horas para cada compuesto - graso u oleaginoso en particular en relacion a las especies - residentes afectadas.

R E F E R E N C I A S

- * Great Lakes Water Quality Board.
- () EIFAC.
- (-) Department of the Environment.
- (+) Department of National Health and Welfare, Canada.
- oo Ontario Water Resources Commission.
- o U.S. Environmental Protection Agency.

M A P A N o. 1

NORTE



(ANEXO MAPA)

SIMBOLOGIA:

- Límites del D.F.
- Interceptores y Colectores
- Sitios de Muestreo
- Plantas de Tratamiento de Aguas Negras
- ☒ Zonas Industriales

SITIOS DE MUESTREO:

- 1.- Río San Javier
- 2.- Río Tlalnepantla
- 3.- Río Remedios
- 4.- Gran Canal (Aragón)
- 5.- Gran Canal (Cerro Gordo)
- 6.- Gran Canal (San Lázaro)
- 7.- Bordo Xochiaca
- 8.- Canal de Miramontes
- 9.- Interceptor Poniente
- 10.- Tepeji del Río
- 11.- Planta de Tratamiento Chapultepec
- 12.- Planta de Tratamiento Ciudad Deportiva
- 13.- Planta de Tratamiento Cerro de la Estrella

A continuación se hará un análisis de ambas zonas de muestreo en relación a los parámetros estudiados, haciendo hincapié en los efectos que éstos provocan en el medio ambiente y la salud humana, tomando como base a los criterios que para el efecto han emitido diversas organizaciones tanto nacionales como internacionales.

pH

El pH en el medio acuático es importante por las siguientes razones:

El pH interfiere en la solubilidad de compuestos tóxicos tales como el Pb, Fe, NH_3 , etc., haciéndolos más o menos tóxicos al disminuir o aumentar su solubilidad en el agua. También está relacionado con el grado de disociación de ácidos y bases débiles: la European Inland Fisheries -- Advisory Commission EIFAC, (1969) determinó que un aumento en el pH de 7.0 a 8.0 produce el cambio de NH_4 a NH_3 que es 10 veces más tóxico para la vida acuática en relación al NH_4 .

El rango de pH que da la EIFAC, (1969) para el desarrollo normal de peces va de 6.5 a 9.0. Hay que tomar en cuenta que este criterio está tomado en forma general y no para peces cuya tolerancia al pH es restringida.

Comparando este criterio con los valores de pH encontrados (Ver Tabla 3), podemos decir que en todos los sitios de muestreo se cubre satisfactoriamente el requerimiento de pH para la protección de la vida acuática.

Así también, los valores encontrados caen dentro del rango de pH requerido para agua usada en industria (Tabla-

TABLA #3; % DE EXCESO ENTRE LOS CRITERIOS DE PROTECCION A LA VIDA DE AGUA DULCE Y LAS CONCENTRACIONES ENCONTRADAS

| SITIO DE MUESTREO | | RIO SAN JAVIER | RIO TLALNEPANTLA | RIO REMEDIOS | ARAGON | CERRO GORDO | XOCHIACA | SAN LAZARO | INTERCEPTOR PONIENTE | CANAL DE MIRAFONTES | TEPEJI DEL RIO |
|-----------------------------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| PARAMETRO | CRITERIO | | | | | | | | | | |
| ALCALINIDAD | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH | 6.5-9.0 (U) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SOL.SUS. TOT. | 25 | 10,559 | 1,221 | 1,500 | 422 | 760 | 193 | 347 | 843 | 193 | 410 |
| DBO DQO | * | | | | | | | | | | |
| NH ₃ | 0.02 | 186,250 | 142,000 | 131,250 | 111,050 | 104,100 | 117,500 | 97,350 | 124,500 | 71,500 | 58,200 |
| NO ₂ , NO ₃ | 0.06 | 13,266 | 4,316 | 4,316 | 16,100 | 14,900 | 10,466 | 4,016 | 2,533 | 12,666 | 2,533 |
| FOSFATOS | 0.1 | 97,420 | 9,260 | 11,100 | 8,700 | 10,700 | 7,100 | 6,810 | 9,100 | 8,670 | 3,880 |
| SAAM | 0.5 | 790 | 720 | 1,370 | 1,286 | 1,306 | 1,240 | 860 | 1,410 | 1,020 | 462 |
| FIERRO | 1.0 | 4,603 | 639 | 636 | 221 | 430 | 346 | 210 | 784 | 317 | 201 |
| PLOMO | 0.03 | 533 | 546 | 443 | 700 | 333 | 1,633 | 113 | 470 | -50 | 666 |
| MERCURIO | 0.05 UG/1 | 12,700 | 20,000 | 10,600 | 17,600 | 38,000 | 11,000 | 11,400 | 9,200 | 6,200 | 9,500 |
| DDT | 0.001 UG/1 | 4.5x10 ⁶ | 4.7x10 ⁵ | 6x10 ⁶ | ND | 2.4x10 ⁵ | ND | 8.0x10 ⁴ | 3.0x10 ⁵ | 1.7x10 ⁷ | 4.6x10 ⁵ |
| ALDRIN | 0.001 UG/1 | ND | ND | 7.0x10 ⁶ | ND | ND | ND | ND | ND | 5.6x10 ⁶ | 2.5x10 ⁵ |
| DIELDRIN | 0.0019 UG/1 | ND | 3.5x10 ⁵ | 1.0x10 ⁵ | ND | ND | 1.3x10 ⁶ | ND | ND | 1.4x10 ⁶ | 2.1x10 ⁵ |
| GRASAS Y ACEITES | * | | | | | | | | | | |

*VER NOTAS DE TABLA # 2

LOS CRITERIOS ESTAN DADOS EN mg/l.SALVO INDICACION CONTRARIA.

4), agua para riego (Tabla 5) y agua para uso recreativo - (Tabla 6).

El agua usada para riego por lo general no presenta problemas ya que el suelo posee capacidad Buffer que iguala el pH del agua al pH del suelo en corto tiempo. Sin embargo hay que tener cuidado en suelos ácidos que contengan iones metálicos como el Hierro, Manganeso o Aluminio, porque al ser regados con agua de carácter ácido, puede disolver éstos elementos a concentraciones tales que sean tóxicas a las plantas. Bajo condiciones alcalinas el problema para las plantas es la toxicidad que provocan los Bicarbonatos y Carbonatos de Sodio (National Academy of Sciences-1974). El criterio para agua de riego va de 4.5 a 9.0 (Ver Tabla 2).

El criterio para agua industrial va de 3.0 a 11.7 -- (Tabla 2). El agua de uso recreativo tiene el mismo criterio que se da para la protección de la vida acuática (Tabla 2).

Los valores de pH obtenidos durante todos los muestreos caen dentro de los rangos permitidos para los diferentes tipos de uso del agua, por lo que estas aguas no -- afectan al Medio Ambiente, en cuanto al pH.

Alcalinidad.

La alcalinidad es la suma total de todos los componentes en el agua que tienden a elevar su pH sobre un valor de 4.5 aproximadamente y suele definirse como la capacidad Buffer del agua. Capacidad que impide que ocurran -- cambios repentinos en el pH, tales como los que resultan -

TABLA 14: % DE EXCESO ENTRE LOS CRITERIOS PARA AGUA DE INDUSTRIA Y CONCENTRACIONES ENCONTRADAS

| SITIO DE MUESTREO | | RIO SAN JAVIER | RIO TLALNEPANTLA | RIO REMEDIOS | ARAGON | CERRO GORDO | XOCHIACA | SAN LAZARO | INTERCEPTOR PONIENTE | CAHAL DE MIRAMONTES | TEPEJI DEL RIO |
|-----------------------------------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| PARAMETRO | CRITERIO | | | | | | | | | | |
| ALCALINIDAD | 75-500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH (UNIDADES) | 3-11.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SOL. DIS. TOT. | 150-35,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| NO ₂ , NO ₃ | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| COLIF. FECALES | 100 col/100l | 1.3×10^8 | 1.7×10^8 | 1.4×10^8 | 1.5×10^8 | 1.1×10^8 | 8.7×10^7 | 1.4×10^8 | 1.5×10^7 | 9.4×10^7 | 7.7×10^6 |
| COLIF. TOTALES | 100 col/100l | 2.6×10^7 | 3.3×10^7 | 2.2×10^7 | 1.9×10^7 | 1.5×10^7 | 1.0×10^7 | 1.8×10^7 | 2.4×10^6 | 1.4×10^7 | 1.2×10^6 |

TODOS LOS CRITERIOS ESTAN DADOS EN mg/l. SALVO INDICACION CONTRARIA.

TABLA #5: % DE EXCESO ENTRE LOS CRITERIOS PARA AGUA DE RIEGO Y CONCENTRACIONES ENCONTRADAS

| SITIO DE MUESTREO | | RIO SAN JAVIER | RIO TLALNEPANTLA | RIO REMEDIOS | ARAGON | CERRO GORDO | XOCHIACA | SAN LAZARO | INTERCEPTOR PONIENTE | CANAL DE MIRAMONTES | TEPEJI DEL RIO |
|-------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| PARAMETRO | CRITERIO | | | | | | | | | | |
| ALCALINIDAD | 600.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| pH | ≥ 4.5 (U) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SOL-DIS. TOT. | ≤ 500.0 | 532 | 296 | 35 | 85 | 74 | 73 | 36 | 169 | 32 | 24 |
| COLIF. FECALES | 100 col./100ml | 1.3x10 ⁸ | 1.7x10 ⁸ | 1.4x10 ⁸ | 1.5x10 ⁸ | 1.1x10 ⁸ | 8.7x10 ⁷ | 1.4x10 ⁸ | 1.5x10 ⁷ | 2.4x10 ⁷ | 7.7x10 ⁶ |
| BORO | 0.5 S. ac | 1,356 | 858 | 120 | 60 | 108 | 148 | 90 | 21 | 72 | 34 |
| | 1.0 S. S. | 628 | 479 | 60 | -20 | 4 | 24 | -5 | -39 | -13 | -33 |
| FIERRO | 5.0 S. ac | 846 | 46 | 46 | -35 | 6 | -10 | -38 | 76 | -16 | -39 |
| | 20.0 S. S. | 135 | -63 | -63 | -83 | -73 | -77 | -84 | -55 | -79 | -84 |
| PLOMO | 5.0 S. ac | -96 | -96 | -96 | -95 | -97 | -90 | -98 | -96 | -99 | -95 |
| | 10.0 S. S. | -98 | -98 | -98 | -97 | -98 | -95 | -99 | -98 | -99 | -97 |

LOS CRITERIOS ESTAN DADOS EN mg/l. SALVO INDICACION CONTRARIA.

TABLA # 6: % DE EXCESO ENTRE LOS CRITERIOS DADOS PARA AGUA DE USO RECREATIVO Y LAS CONCENTRACIONES ENCONTRADAS

| PARAMETRO | CRITERIO | SITIO DE MUESTREO | | | | | | | | | |
|------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| | | RIO SAN JAVIER | RIO TLALNEPANTLA | RIO REMEDIOS | ARAGON | CERRO GORDO | XOCHIACA | SAN LAZARO | INTERCEPTOR PONIENTE | CANAL DE MIRAMONTES | TEPEJI DEL RIO |
| pH | 6.5-9.0 (U) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SOL. SUS. TOT. | 25 | 10,559 | 1,221 | 1,500 | 522 | 760 | 293 | 447 | 943 | 293 | 510 |
| DEMANDAS | * | | | | | | | | | | |
| FOSFATOS | 0.1 | 97,420 | 9,260 | 11,100 | 8,700 | 10,700 | 7,100 | 6,710 | 9,100 | 8,670 | 3,880 |
| SAAM | 2.0 | 222 | 205 | 342 | 321 | 326 | 310 | 240 | 352 | 256 | 140 |
| GRASAS Y ACEITES | 5.0 | 19,442 | 1,114 | 4,508 | 2,424 | 1,749 | 3,724 | 2,184 | 1,863 | 2,584 | 6,994 |
| COLIF. FECALES | 100col/100 | 1.3×10^8 | 1.7×10^8 | 1.4×10^8 | 1.52×10^8 | 1.13×10^8 | 8.75×10^7 | 1.43×10^8 | 1.58×10^7 | 9.4×10^7 | 7.7×10^6 |
| COLIF. TOTALES | 500col/100 | 4.12×10^7 | 6.6×10^7 | 4.4×10^7 | 3.8×10^7 | 3.0×10^7 | 2.7×10^7 | 3.7×10^7 | 4.8×10^6 | 2.8×10^7 | 2.4×10^6 |

* VER NOTAS DE TABLA # 2

LOS CRITERIOS ESTAN DADOS EN mg/l. SALVO INDICACIONES EN LA TABLA.

de la actividad fotosintética en el medio acuático.

Los componentes de la alcalinidad tales como Carbonatos y Bicarbonatos pueden complejar algunos metales pesados como el plomo y reducir o aumentar su toxicidad al variar el pH bajo condiciones específicas.

Es frecuente encontrar concentraciones hasta de 400-mg/l. de alcalinidad en aguas naturales sin causar alteraciones al medio. Por su importancia Buffer la NTAC, (National Technical Advisory Committee), (1968), recomendó un valor mínimo de 20 mg/l. a menos de encontrarse valores menores en forma natural. Dicho valor es considerado como el criterio para protección de la vida acuática.

Las concentraciones encontradas en los sitios de muestreo son consideradas normales en los cuerpos de agua por lo que no representan riesgos para la vida acuática.

En cuanto al agua para riego, cuyo criterio máximo es de 600 mg./l. de alcalinidad no hay ningún problema, ya que todas las estaciones presentan concentraciones por debajo del criterio establecido. Concentraciones por arriba del criterio en agua para riego puede salinizar el suelo al precipitar los iones de Calcio y Magnesio en forma de Carbonatos aumentando el porcentaje de Sodio y dañando a las plantas. Alcalinidad alta también puede producir clorosis en las plantas e inmovilizar el Hierro del suelo. (NAS, 1974).

En agua usada para industria el criterio de alcalinidad varía de acuerdo al tipo de industria, para ejemplificar tal caso se presenta a continuación una tabla de alca-

linidad, para varios tipos de industria:

| I N D U S T R I A | ALCALINIDAD - mg/l. como - CaCO ₃ |
|--|--|
| Corriente generadora de vapor..... | 350 |
| Corriente generadora de frío..... | 500 |
| Productos textiles..... | 50 - 200 |
| Productos de papel..... | 75 - 150 |
| Productos químicos..... | 500 |
| Refinerías..... | 500 |
| Industrias de metales primarios..... | 200 |
| Industrias de comida enlatada..... | 300 |
| Industrias embotelladoras y enlatadoras de bebidas..... | 85 |

Boro.

El boro no se encuentra en su forma elemental en la naturaleza y es usualmente encontrado en forma de Borato - de Calcio o de Sodio, es utilizado ampliamente en la fabricación de vidrio, como retardante de fuego, en la industria fotográfica y de cosméticos así como en la producción de combustibles de alta energía para cohetes.

No hay evidencias de que el Boro sea indispensable para la vida animal, además de no haber registros de toxicidad al hombre. Mc. Kee and Wolf, (1963) administraron -- una dieta diaria de Acido Bórico de 16 a 20 gr/día a una vaca durante 40 días y no encontraron daños a la salud del animal. Una dieta letal en peces expuestos a ácido bórico durante 6 horas fue de 18,000 a 19,000 mg/l. (Le Clark y Deulaminck, 1955).

Sin embargo para las plantas el Boro es un elemento-

del que necesitan cantidades muy pequeñas (Micronutrientes) y que en cantidades grandes provoca daños severos; vegetales sensitivos a este elemento pueden morir a concentraciones tan bajas como 1.0 mg/l.

Debido a sus efectos tóxicos sobre los vegetales debe tenerse en cuenta las concentraciones de este elemento en agua usada para riego. El criterio que da la Legislación de México para el Boro en aguas de uso agrícola es de 0.4 mg/l. y en la Legislación Canadiense es de 0.5 mg/l. para suelos ácidos y de 1.0 mg/l. para suelos alcalinos; esta diferencia de 0.5 a 1.0 es por que en suelos alcalinos es más difícil la absorción del elemento por la planta. De cualquier manera si se observan las tablas 5 y 13 se podrá ver que las concentraciones encontradas de boro en todos los sitios de muestreo industriales exceden con mucho al criterio canadiense para ambos tipos de suelo, en cambio las aguas de los sitios domésticos podrían usarse para riego en suelos alcalinos, ya que las concentraciones de boro en dichos sitios quedan por debajo del criterio en cuestión.

En contraste con la Legislación Mexicana ninguna de las aguas de los sitios de muestreo serviría para riego, ya que todas presentan valores arriba del criterio, sobretudo los sitios industriales como San Javier, en donde el criterio es rebasado en un 1,720%.

Los procesos Medio ambientales de remoción que presenta el Boro son absorción, transporte y bioacumulación en pequeña escala (Tabla 7).

Sólidos disueltos y Sólidos suspendidos.

El término de sólidos disueltos está generalmente -- asociado a sistemas de agua dulce y están constituidos por sales inorgánicas, pequeñas cantidades de materia orgánica y materiales disueltos. Del mismo modo los sólidos suspendidos están constituidos por partículas inorgánicas y orgánicas que se encuentran suspendidas en un cuerpo de agua.- Los sólidos disueltos están relacionados con la salinidad, los sólidos suspendidos con la turbidez y ambos con la conductividad eléctrica, ya que van a ser precisamente las sales inorgánicas y las partículas en suspensión las que le confieran al agua esta propiedad, de manera que la conductividad será mayor a mayor concentración de sólidos. Quality Criteria for Water, (1976).

Un exceso de sólidos disueltos en el agua destinada a consumo humano es objetable, ya que puede conferirle a ésta sabores desagradables, así como también pueden producir algunos efectos fisiológicos adversos como son: efecto laxante producido principalmente por sulfatos de Sodio y - Magnesio.

En lo que se refiere a la vida acuática, Rawson y -- Moore (1944), llevaron a cabo estudios sobre los efectos - que un exceso de sólidos disueltos pueden tener sobre la - biota acuática encontrando amplios rangos de tolerancia -- que van desde los 250 mg/l. hasta los 15,000 mg/l. de sólidos como cloruro de sodio (NaCl).

En lo que al uso del agua en la agricultura se refiere, un exceso de sólidos disueltos (cantidades de sodio) -

son una limitante ya que pueden alterar la presión osmótica y resultar tóxicos para las plantas. Una concentración máxima de 500 mg/l. como la que se muestra en la Tabla 2, asegura que esto no ocurra. Los valores encontrados en los sitios de muestreo tanto industriales como domésticos, sobrepasan con mucho el valor máximo permitido (Tabla 5) - aunque, como se muestra en la Tabla 4 y su anexo, las concentraciones que se encontraron no impiden la utilización de estas aguas con fines industriales.

Por lo que hace a los sólidos suspendidos, éstos no deben encontrarse en concentraciones mayores que aquellas en las que disminuyan en un 10% la profundidad de la zona fótica, ya que esto impide una adecuada realización de la fotosíntesis lo que impedirá en el último de los casos, -- una adecuada oxigenación del cuerpo de agua. En este caso, se considera que 25 mg/l. es una concentración adecuada, - el tanto por ciento de exceso de sólidos suspendidos encontrados, como era de esperarse es mayor en los sitios industriales que en los domésticos. Por ejemplo en Río San Javier se tiene un 10,559% de exceso como máximo. En contraste en Xochiaca y Canal de Miramontes que presentan un 193% de exceso en sólidos suspendidos por lo que se considera - que todas las aguas muestreadas representan un riesgo para la vida de los sistemas acuáticos receptores de estas - - aguas. (Ver Tabla 3 y 6).

Para sólidos disueltos totales solo se encontró criterio establecido para riego, faltando criterios para el - uso Industrial, Recreación y Protección de la vida acuática.

ca. En tanto que en sólidos suspendidos totales sólo se en-
contró criterio para la protección de la vida de agua dulce.
(Ver Tabla 2).

Demandas DBO DQO

Dentro de todos los desechos que van en las aguas ne-
gras existen gran cantidad de compuestos tanto inorgánicos
como orgánicos de origen animal y vegetal, así como de ori-
gen sintético que pueden ser biodegradables al ser utiliza-
das como fuente de alimentos por algunos grupos de microor-
ganismos; y otros que solo pueden degradarse químicamente.
En ambos casos de degradación, se consume oxígeno, el cuál
es tomado del medio ambiente. Al haber grandes cantidades
de materia potencialmente degradable, habrá consecuentemen-
te una gran demanda de oxígeno disuelto, el cual descende-
rá a concentraciones tales que pueda poner en peligro la
vida de los organismos que dependen de él para vivir.

Para medir estas demandas de oxígeno existentes en -
el medio acuático y sobre todo, en las aguas negras que se
rán vertidas en sistemas acuáticos naturales, existen las
pruebas de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), que cuanti-
fica la cantidad de O_2 que requieren los microorganismos -
para degradar la materia orgánica e inorgánica que es po-
tencialmente biodegradable, (azúcares, alcoholes, etc.).

La prueba de Demanda Química de Oxígeno cuantifica -
la cantidad de O_2 que requiere la degradación química de -
los compuestos refractarios o resistentes a la biodegrada-
ción.

Además de esto, la DQO tiene la particularidad de in

cluir la Demanda Bioquímica de Oxígeno que tienen los compuestos Biodegradables presentes en el medio, hecho por el cual la DQO es generalmente de concentración mayor a la DBO.

Existe otra prueba importante, cuya utilidad se basa en el conocimiento de la cantidad de Carbono Orgánico dentro del sistema acuático, que pueda ser utilizado comúnmente de alimento para varios microorganismos, así como para tener una idea de la Materia Orgánica presente en el medio.

Dicha prueba se denomina como: Carbono orgánico total (COT).

De acuerdo a las concentraciones de Demandas (DBO) y DQO) que van de 713 a 102.7 mg/l. y de 1,244.0 a 158.7 mg/l. respectivamente, se puede observar que existe una gran demanda de O_2 disuelto en todos los sitios de muestreo, lo que causa que éste se agote rápidamente en el medio y ponga en peligro la vida acuática del cuerpo receptor, sobre todo en los lugares cercanos a la descarga, e incluso llegue a producir condiciones anaeróbicas en el medio, dándole un aspecto estético desagradable el cual es importante si se desea usar estas aguas para uso recreativo. En condiciones anaeróbicas la degradación de M.O. produce olores fétidos además de que el agua adquiere coloraciones anormales.

Sin embargo, existen procesos medioambientales de remoción para las Demandas (Tabla 7) que actúan disminuyendo los requerimientos de O_2 haciendo posible que las aguas, que sean inservibles para el buen desarrollo de la vida --

acuática y para recreación, sean aptas para tales propósitos; dichos procesos son:

Adsorción, Fotólisis, Biodegradación y Volatilización, actuando unos más que otros. Se han desarrollado en este sentido procesos de tratamiento "artificial" en donde se reduce la Demanda Química y Biológica de Oxígeno con el fin de darles un uso adecuado. De esto se hablará con más detalle posteriormente.

Amonio.

El amonio es altamente soluble en agua y es frecuentemente encontrado en el agua como producto de la degradación biológica de la materia orgánica además de que puede estar contenido en algunas aguas de desechos industriales.

Cuando el amonio se solubiliza en agua, reacciona -- con ésta última y forma iones amonio estableciéndose un -- equilibrio entre el NH_3 y el NH_4 junto con iones hidróxilo.

La toxicidad de iones amonio se debe principalmente al NH_3 y no al NH_4 . Esta toxicidad depende mucho del pH y de la concentración de amonio total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4$) Wohrmann et. al. (1947) se determinó esto al comprobar que el NH_3 es 10 veces mayor al NH_4 cuando ocurre un cambio en el pH del agua de 7.0 a 8.0, esto es, que el NH_4 se transforma en NH_3 a pH de valor alcalino. Muchos experimentos en laboratorio han demostrado que niveles que van de 0.2 a 2.0 -- mg/l. de NH_3 son letales para algunos peces como la trucha arcoiris (Salmo gairneri) (Liebman 1960). Por estos datos se estableció que un criterio adecuado para proteger la vida acuática es de 0.2 mg/l. Los valores encontrados tanto-

en zonas industriales como domésticas sobrepasan hasta en 186,650% el valor permitido para NH_3 (Tabla 3).

Sin embargo, no se puede asegurar que porcentaje de estas concentraciones sea de NH_3 porque se necesitaría hacer determinaciones exclusivas de este compuesto. No obstante, se puede inferir por los altos niveles encontrados, que el agua residual en estas condiciones presenta riesgos de toxicidad a la vida acuática, además de que estos niveles favorecen la eutroficación del cuerpo acuático receptor.

En lo que se refiere al uso para riego de las aguas estudiadas no existe problema alguno, sí hay niveles altos de Amonio, ya que este compuesto funciona como fertilizante del suelo.

NITRATOS Y NITRITOS.

Un producto obtenido por la completa oxidación de NH_4 es el NO_3 . Los iones nitrito son producidos en el medio a partir de NH_4 por algunos microorganismos que se encuentran en el suelo, el agua residual y el tracto digestivo; y se considera que es un producto intermedio de los procesos de nitrificación. En aguas con suficiente cantidad de oxígeno los nitritos son rápidamente transformados a nitratos. Por otro lado, las plantas para su desarrollo metabolizan los iones nitratos, amonio y los transforman en proteínas.

En los procesos de denitrificación en condiciones anaeróbicas los nitritos son transformados por bacterias en nitrógeno molecular. Los aportes de estos compuestos en

las aguas naturales provienen de suelos fertilizados - - (arrastre por lluvia), aguas residuales industriales y domésticas, desechos de fosas sépticas, desechos de granjas y de animales.

En algunas circunstancias, el ión nitrato puede ser convertido a nitrito en el tracto intestinal produciendo - reacción con la sangre y causando metahemoglobinemia en infantes.

Para que ocurra esta reacción con la sangre, los niveles de exposición generalmente son mayores a 10 mg/l. -- Aunque no se comprende bien el mecanismo de este proceso, - se ha asociado la presencia de esta enfermedad a la relación entre una alta concentración de NO_2 y la aparición de bacterias en el tracto digestivo. En el caso de los peces, hay grandes variaciones de concentración tolerables, siendo los salmonidos los más sensibles a menores concentraciones de NO_2 y NO_3 . Después de numerosos experimentos Knepp y Arkin (1973) llegaron a las siguientes conclusiones:

- 1) Los niveles menores o iguales que 90 mg/l. no producen efectos adversos en peces tropicales.
- 2) Los niveles de NO_2 y NO_3 menores o iguales a 5 -- mg/l. son un buen criterio para la protección de la vida acuática.
- 3) Los niveles menores de 0.06 mg/l. no afectan a -- las especies de salmonidos.

Todos los sitios de muestreo tienen niveles mayores del criterio establecido para protección de los salmónidos ya que sus valores fluctúan entre 9.66 y 1.52 mg/l.

En el caso de Río Tlalnepantla, Río Remedios, San Lázaro, Interruptor Poniente y Tepeji del Río, se tienen valores inferiores al aceptado como criterio para protección acuática (5 mg/l.), (Tabla 1). Mientras que el Río San Javier, Aragón, Cerro Gordo, Xochiaca y Canal de Miramontes presentan valores superiores al criterio antes expuesto; siendo las aguas de estos sitios, peligrosas para el desarrollo normal de la vida acuática en los cuerpos receptores.

Fosforo.

En fósforo sólo existe criterio para fósforo elemental (0.1 ug/lt), ya que éste es tan tóxico que se le puede comparar con la toxicidad del Mercurio. Pero la forma de fósforo que más nos ocupa es el fósforo en forma de fosfato. Para el cual no existe criterio numérico, sino más bien, las concentraciones máximas permitidas están en función de la presencia de fosfatos y de otros compuestos y nutrientes que puedan producir un crecimiento acelerado y abundante reproducción de plantas acuáticas, tanto inferiores como superiores de modo que tal crecimiento lleve al cuerpo de agua a condiciones de eutroficación.

Influyen también la transparencia del cuerpo acuático, profundidad, corrientes de agua, etc.

Sin embargo se ha observado experimentalmente que una concentración de 0.1 mg/l. en corrientes de agua que desembocan directamente en lagos y otros cuerpos receptores provocan un crecimiento y desarrollo exagerado de vegetales en agua.

Así también se ha visto que una concentración de 0.05 mg/l. de fosfatos en una corriente que entra en un lago o reservorio puede evitar el desarrollo de una eutrofización así como una concentración de 0.025 mg/l. dentro del lago o reservorio; Mackentum, (1973) y Hutchinson, (1957) encontraron que los cuerpos de agua no contaminados y que no presentan procesos de eutrofización contenían concentraciones de fosfatos que iban de 0.01 a 0.03 mg/l. En base a lo descrito anteriormente se decidió tomar la concentración de 0.1 mg/l. como criterio para proteger a la vida acuática y usar éste mismo criterio para aguas destinadas a la recreación y llenado de lagos, ya que ambos presentan las mismas exigencias en la calidad del agua.

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de este criterio se encuentran en la Tabla 3, Tabla 6, Tabla 13, Tabla 14.

Los resultados demuestran que todos los sitios muestreados presentan valores muy por arriba del criterio aceptado variando de un rango que va de 97,420% para Río San Javier, a un 3,880% de exceso al criterio en Tepeji del Río. Es necesario recalcar que aunque las concentraciones estén muy altas, esto no significa que se debe desarrollar una eutrofización en cuerpos receptores, ya que este fenómeno no solo depende del fosfato presente aunque es considerado como llave en el mecanismo de eutrofización, también hay que tomar en cuenta que en las aguas residuales están presentes una gran cantidad de sustancias tóxicas que pueden inhibir un desarrollo excesivo de algas y plan-

TABLA # 13: % DE EXCESO ENTRE LOS CRITERIOS MEXICANOS EN AGUA DE RIEGO Y LOS VALORES ENCONTRADOS

| SITIO DE MUESTREO | | RIO SAN JAVIER | RIO TLALNEPANTLA | RIO REMEDIOS | ARAGON | CERRO GORDO | XOCHIACA | SAN LAZARO | INTERCEPTOR PONIENTE | CAÑAL DE MIRAMONTES | TEPEJI DEL RIO |
|-------------------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| PARAMETRO | CRITERIO | | | | | | | | | | |
| pH (U) | 6.0-9.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Conductividad | 2000µhos | 213 | -2 | -41 | -34 | -32 | -35 | -49 | -59 | -53 | -58 |
| Nutrientes | * | | | | | | | | | | |
| Boro | 0.4 | 1,720 | 1,097 | 300 | 100 | 160 | 210 | 137 | 51 | 115 | 67 |
| Plomo | 5.0 | -96 | -96 | -96 | -95 | -97 | -90 | -98 | -96 | -99 | -95 |
| Colif. Totales | 1,000** | 2.7x10 ⁷ | 3.3x10 ⁷ | 2.2x10 ⁷ | 1.9x10 ⁷ | 1.5x10 ⁷ | 1.0x10 ⁷ | 1.8x10 ⁷ | 2.4x10 ⁶ | 1.4x10 ⁷ | 1.2x10 ⁶ |
| Grasas y Ac. | * | | | | | | | | | | |

* Ver notas de tabla # 2

*' En concentración tal que no produzcan hiperfertilidad vegetal.

** col /100 ml'

LOS CRITERIOS ESTAN DADOS EN mg/l. SALVO INDICACION CONTRARIA.

tas superiores en el agua, aún existiendo los nutrientes suficientes para producirlo (Fosfatos, Nitratos, Nitritos, Amonio). En fin, habría que verificar con más detalle el posible proceso de eutroficación para cada caso tal como ocurre en la presa Requena, cuyo embalse recibe aguas negras de la Ciudad de México, causa por la cual, posiblemente presente el desarrollo tan importante del lirio acuático.

Por otro lado, es importante recalcar que la utilización de las aguas residuales en el Distrito de Riego 03 -- (Tula, Hidalgo), constituyen un aporte importante de nutrientes al suelo. Este hecho resultaría más beneficioso si previamente al uso de estas aguas se les sometiera a un tratamiento que eliminara sustancias que son tóxicas a las plantas y suelo, tales como Boro, Carbonatos, Detergentes, Plaguicidas, etc.

Fierro.

El fierro es un elemento abundante en la corteza terrestre, es común encontrarlo en rocas y muchos tipos de suelo pero principalmente en suelos arcillosos. Es además un componente importante de la sangre y es micronutriente para las plantas. Dadas sus características químicas la disponibilidad de Fierro (soluble) tanto en cuerpos de agua como en suelos depende de muchos factores como son el Oxígeno disuelto, la alcalinidad, el pH, la temperatura y la presencia de ligandos que cambian su comportamiento químico.

De este modo, en presencia de O_2 disuelto se forman-

Óxidos de hierro que precipitan al fondo de los embalses - perjudicando a los organismos del bentos ya que en concentraciones altas el hierro es tóxico.

Para establecer los niveles de toxicidad se han hecho diversos estudios en donde se ha encontrado que a pH de 5.5 el hierro es tóxico a la carpa Cyprinus carpio - - (Brandt, 1948). Las truchas mueren con concentraciones de 1.0 a 2.0 mg/l. (Doudorff y Katz 1953). Warnick y Bell - - (1969) obtuvieron valores de LC_{50} a 96 hrs. (Concentración letal para el 50% de individuos a las 96 horas) de 0.32 -- mg/l. para algunos insectos. Con base en estos últimos resultados se han establecido los criterios para la protección de la vida acuática y plantas.

En nuestros resultados, los valores de hierro, si se consideran los criterios para la protección de la vida -- acuática, son excesivos, ya que se tiene un exceso de - - 4.603% en Río San Javier como valor máximo encontrado y un mínimo de 201% de exceso al criterio en Tepeji del Río. Encontrando en el resto de las estaciones excesos que van del 210% al 784%. Esto indica que todas las Aguas Muestreadas representan peligro potencial a la vida acuática de -- los cuerpos receptores (Tabla 3). Sin embargo los valores que encontramos de acuerdo con los criterios para riego -- nos muestran que el hierro no constituye ningún problema - si se utiliza para regar suelos alcalinos y solamente en 5 estaciones, tanto industriales como domésticas, se encontraron valores superiores a el criterio establecido para - suelos ácidos. Tales estaciones son: Río San Javier, Tlal-

nepantla, Río Remedios, Cerro Gordo, Interceptor Poniente. (Tabla 5).

Plomo.

El plomo soluble puede ser absorbido por el sedimento; forma también complejos con los ácidos húmicos del medio ambiente por lo que es fácilmente acumulable en arcilla y otros minerales. Los organismos bentónicos metilan el plomo formando tetrametilo de plomo que es volátil y mucho más tóxico que el plomo inorgánico, (Tabla 7).

Las vías de ingestión de plomo pueden ser a través de la cadena trófica, por ingestión de agua contaminada y por vía respiratoria. El plomo es acumulable y causa, en el hombre, daños irreversibles al cerebro y otras afecciones como enfermedades renales, anemia y disfunciones neurológicas.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta el plomo atmosférico ya que es éste el que produce efectos nocivos a las plantas al ser "arrastrado" por la lluvia y no el que se encuentra presente en el suelo.

Otra vía del plomo para llegar al agua es por el lavado de suelos y por supuesto por desechos industriales. Los valores de plomo presentes en las aguas de la Ciudad de México de acuerdo al criterio para la vida acuática está uniformemente distribuido en todas las estaciones muestreadas, en concentraciones que van de 1,633% por arriba del valor permitido hasta un 50% menos de este valor (Tabla 3). Estos valores máximos permitidos (Tabla 2) fueron determinados por la U.S. EPA basándose en los estudios de-

toxicidad llevados a cabo por Beisinger y Cristensen (1972) y Davies y Everhant (1973). Además, estos investigadores - determinaron que los valores de toxicidad de plomo varían de acuerdo a la alcalinidad y dureza del agua ya que en -- pruebas para aguas suaves permiten una mayor solubilidad - del plomo en el agua.

Por otro lado, el criterio para el agua de riego que se muestra en la Tabla 2, determinado por las característi- cas tóxicas del compuesto no fue rebasado por las concen- traciones encontradas en el presente estudio, siendo estas hasta en un 99.3% por debajo del máximo permitido tanto pa- ra suelos ácidos como alcalinos. En este punto, cabe hacer mención del hecho de que las concentraciones máximas permi- tidas para la vida acuática en el reglamento para la pre- vención y control de la contaminación de aguas, publicado- por la SRH y la SSA son excedidas pero en menor porcentaje que en el caso de los criterios propuestos por la U.S. EPA, ya que este exceso solo es, en su punto máximo de 340% (Ta- bla 14). Aunque claro está, este hecho no implica que es- tos valores no resulten perjudiciales para el medio ambien- te.

Mercurio.

El Mercurio no es elemento esencial para la vida ani- mal y vegetal y causa alteración a los organismos que es- tán en contacto con él, ha sido utilizado a gran escala pa- ra la producción de germicidas y fungicidas para propósi- tos agrícolas y médicos.

Existen 3 especies o formas de mercurio químicamente

hablando, el mercurio elemental, el ión mercúrico y el ión mercuroso, de ellas las sales mercúricas son las más peligrosas, ya que tienen una mayor solubilidad en agua. Dentro del medio acuático ocurren procesos que remueven el mercurio presente, estos procesos se presentan en la Tabla 7; en la Tabla 8 se resumen los daños que puede causar a la salud el mercurio.

El mercurio presenta fotólisis tanto en la atmósfera como en el agua por medio del rompimiento fotolítico de la molécula del Dimetil mercurio a Metil mercurio, también ocurre descomposición de la molécula del Fenil mercurio.

Este metal es bioacumulable y puede pasar a través de la cadena alimenticia donde las bacterias que lo metabolizan forman metil mercurio a partir de cualquier compuesto de mercurio, ya sea orgánico o inorgánico, pasando a los otros organismos y acumulándose en el tejido muscular principalmente, variando en ocasiones esta acumulación de especie en especie. Por ejemplo, los salmonidos acumulan el Metil mercurio y otros compuestos sobre todo en los órganos vitales. La ruta de acceso de los compuestos mercúricos no solo es por cadena trófica, ya que en el agua el Metil mercurio puede ser absorbido por todas las áreas del contacto del pez con el agua, lo que aumenta su peligrosidad en el medio y en la cadena trófica. El Dimetil mercurio puede ser excretado por medio de la orina y es una de las rutas para el desecho de mercurio. Otras transformaciones ocurren por acción bacteriana, donde el mercurio iónico y el acetato de difenil mercurio son transformados a --

formas volátiles (Iverson, Et. al. 1975).

El tiempo de permanencia media del Metil mercurio en un organismo va de 1 a 3 años en promedio (Phillips y Russo, 1978). Al ser transformados los compuestos de mercurio por bacterias comunes en los sedimentos y en la columna de agua a Metil mercurio es de esperarse que sedimentos altamente orgánicos y aguas con carga orgánica produzcan mayor cantidad de Metil mercurio.

Se han reportado casos graves de intoxicación por mercurio en la Bahía Minamata en Japón, Irak, Pakistan y Guatemala, en donde la intoxicación fué a través de la ingestión de peces, semillas y otros alimentos consumidos por el hombre.

Para evitar que ocurran estas intoxicaciones se ha dado un criterio de concentración máxima de mercurio total en agua, el cual es de 0.05 ug/l. para proteger la vida acuática y silvestre. En ese sentido la Legislación de México da un criterio de 0.01 mg/l. de mercurio para protección de la vida. En la Tabla 3 donde se dá el criterio de la EPA y los porcentos de exceso en el contaminante para cada sitio de muestreo se muestra que todos ellos sobrepasan con mucho los criterios, con valores que varían de 6,200% a 20,000% en el sitio más contaminado, estando además los porcentos más altos en los sitios industriales.

De acuerdo con el criterio dado para el mercurio (nacional) para la protección de la vida acuática y usos de agua para recreación se puede ver que con excepción del Gran Canal (Cerro Gordo) que excede al criterio en un 90%-

todos los demás sitios están por debajo del mismo que es de 0.1 mg/l. como máximo (Tabla 14).

Como ya se dijo antes, esta variación entre los criterios puede ser a consecuencia del avance tecnológico que se ha tenido en los últimos años en cuanto a las técnicas de investigación y a los más detallados estudios sobre la toxicidad de este metal sobre los organismos, hecho por el cual consideramos que el criterio que marca la EPA es más adecuado.

SAAM

Los detergentes, son todos aquellos productos que favorecen procesos según los cuales la suciedad es eliminada y puesta en solución o dispersión, están formados por compuestos activos; los surfactantes, y por compuestos complementarios que son los coadyuvantes, reforzadores, secuestradores, cargas y aditivos.

Los surfactantes o agentes tensioactivos son compuestos químicos orgánicos cuya molécula contiene al menos un grupo polar hidrófilo que se solubiliza en agua y un radical de cadena larga de carácter liófilo. Esta estructura modifica ciertas propiedades sólido-líquido que hace que se modifique la tensión superficial disminuyéndola.

Los surfactantes pueden ser de varios tipos como son:

Surfactantes anionicos: formados principalmente por alquilsulfonatos, alquisulfatos y alquilanilsulfonatos, -- que son sales alcalinas de ácidos orgánicos que poseen uno o varios grupos funcionales que se disocian en solución -- acuosa para suministrar iones negativos y que son los prin

TABLA # 14. % DE EXCESO DE ACUERDO CON LOS CRITERIOS NACIONALES
 PARA AGUAS DE USO RECREATIVO, PROTECCION A LA VIDA
 ACUATICA Y USO INDUSTRIAL, CON RELACION A LOS VALO-
 RES ENCONTRADOS.

| PARAMETRO. | SITIO DE MUESTREO | | | | | | | | | | |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| | CRITERIO | RIO SAN JAVIER | RIO TLALNEPANTLA | RIO REMEDIOS | ARAGON | CERRO GORDO | XOCHIACA | SAN LAZARO | INTERCEPTOR PONIENTE | CANAL DE MIRAMONTES | TEPEJI DEL RIO |
| pH | 6.0-9.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S.D.T. | 2,000 | 58 | - 32 | - 66 | - 53 | - 56 | - 56 | - 65 | - 32 | - 66 | - 68 |
| NUTRIENTES | ** | | | | | | | | | | |
| SAAM | 3.0 | 48 | 36 | 128 | 114 | 117 | 106 | 60 | 135 | 70 | - 6.3 |
| GRASAS Y ACEIT | * | | | | | | | | | | |
| Hg | 0.01 | - 36 | 0 | - 47 | - 12 | 90 | - 45 | - 43 | - 54 | - 69 | - 52 |
| Pb | 0.1 | 99 | 94 | 63 | 140 | 30 | 390 | - 36 | 71 | - 85 | 130 |
| FENOLES | 1.0 | - 98 | - 97 | - 81 | - 96 | - 99 | - 93 | - 99 | - 96 | - 95 | - 99 |
| COLIF. TOTALES | ** | 2.0×10^6 | 3.3×10^6 | 2.2×10^6 | 1.9×10^6 | 1.1×10^6 | 1.0×10^6 | 1.8×10^6 | 2.4×10^5 | 1.4×10^6 | 1.2×10^5 |

** En concentración tal, que no produzcan hiperfertilidad.

* Ver notas de la tabla # 2.

** 10,000 colonias/100 ml.

LOS CRITERIOS ESTAN DADOS EN mg/l. SALVO INDICACION CONTRARIA.

cipales causantes de los efectos perjudiciales y los más ampliamente usados.

- Surfactantes no iónicos. Estos no se ionizan en solución y se obtienen por fijación de polímeros de óxidos de etileno sobre moléculas de hidrógeno intercambiable. Su empleo está destinado básicamente a las industrias.
- Surfactantes catiónicos. (Sales de amonio) poseen uno o varios grupos funcionales que en solución acuosa dan iones cargados positivamente, son muy poco usados.
- Surfactantes anfóteros. Poseen varios grupos funcionales y pueden ionizarse según las condiciones del medio confiriendo al compuesto las características de surfactante aniónico o catiónico.

En el caso de los coadyuvantes, que completan la acción de lavado propiamente dicha, pueden estar constituidos por polifosfatos, carbonatos o silicatos. Los reforzadores mejoran la actividad de los principios activos (surfactantes y coadyuvantes) y pueden ser alcanolamida y óxidos de amina.

Los secuestrantes impiden la precipitación de sales de calcio y magnesio aumentando el poder espumante del

del H_2O dura (derivados del EDTA).

Por último, los aditivos son compuestos que introducen sustancias ajenas a la acción principal de lavado como son: agentes de blanqueo óptico, colorantes, perfumes, bactericidas, etc.

Podríamos decir que en general la toxicidad de los detergentes radica en el hecho de que estas sustancias producen cambios importantes en el aspecto físico de un cuerpo de agua como se mencionó anteriormente. Otro ejemplo -- ilustrativo de este fenómeno es el que al reducir la tensión superficial del agua puede producir cambios en el proceso respiratorio de las branquias de los peces. Estos cambios se pueden presentar con alguna frecuencia en concentraciones de 2 a 3 mg/l. (Wurtz, Arlet 1959).

En el caso del hombre y los mamíferos superiores se ha determinado que concentraciones muy superiores a las máximas permitidas por la O.M.S. (Organización Mundial de la Salud) (que es de 0.5 mg/l.) en agua potable, no causan algún trastorno grave, (Feeman, 1945), sin embargo se sabe que los surfactantes favorecen la absorción intestinal de ciertos productos que pueden ser cancerígenos (como es el caso de los hidrocarburos).

Por las razones antes expuestas se considera como -- una necesidad el incrementar el uso de detergentes que -- sean rápidamente biodegradados, ya sea en plantas de tratamiento o en los cursos de agua.

Esto es posible, ya que a pesar de que los detergentes son productos sintéticos, son susceptibles de biodegra

dación por microorganismos. El metabolismo de esta biodegradación es bien conocido y empieza con el rompimiento de la cadena en un extremo de la misma con la formación de un radical alcohólico, y después, por sucesivas oxidaciones - sucede una reducción de la cadena hasta que se abre su núcleo y se degrada progresivamente. Ahora bien, esta degradación depende de varios factores, como son: la concentración del detergente, el pH, la temperatura, duración de -- contacto, aereación, concentración de la materia orgánica y concentración de minerales.

Cuando las concentraciones de materia orgánica fácilmente degradables son altas, los organismos encargados de biodegradarla aumentan su biomasa y hacen que la degradación sea más rápida.

Los valores que encontramos para este contaminante - también sobrepasan y por mucho, todos los criterios establecidos tanto por la EPA como por otras organizaciones internacionales, en todos los sitios de muestreo y para todos los usos. Cabe mencionar aquí que la Legislación Mexicana que da criterios de SAAM para varios usos es la que permite valores mayores (Tablas 3, 6 y 14), por lo que el valor encontrado en Tepeji del Río para agua utilizable en industrias y para la protección de la vida acuática está - por debajo del criterio mencionado (Tabla 14).

GRASAS Y ACEITES.

Se ha estimado que entran al mar anualmente entre 5- y 10 millones de toneladas métricas de aceites (Blumer, -- 1970).

El mayor obstáculo para dar un criterio en grasas y aceites es que no son consideradas como químicos propiamente dichos, sin embargo incluyen miles de compuestos orgánicos con propiedades físicas, químicas y toxicológicas propias que afectan al medio ambiente acuático y a la vida -- que ahí se desarrolla. Las grasas y aceites pueden ser: volátiles, involátiles, solubles, insolubles, persistentes o de fácil degradación.

Trabajos realizados en campo y laboratorio han demostrado la existencia de toxicidad letal y subletal en organismos que han sido expuestos a compuestos grasos. También se tiene noticia de muchos derrames de petróleo, tanto de embarcaciones como de pozos petroleros que han causado la muerte casi inmediata a gran cantidad de organismos. Igualmente la gasolina produce toxicidad mortal a la vida acuática tal como ocurrió en Dakota del Sur en donde un derrame de gasolina en Noviembre de 1969 (Bugbee y Walter, 1973) produjo la muerte a la mayoría de los invertebrados presentes y aproximadamente a 2,500 peces.

Entre los organismos marinos más susceptibles a los derivados grasos del petróleo se encuentran las larvas marinas que presentan intolerancia a concentraciones de 0.1-mg/l.

EFFECTOS SOBRE LA VIDA ACUATICA.

Las grasas y aceites en dosis subletales producen interferencia con procesos celulares y fisiológicos tales como alteraciones al aparato reproductor. Estas alteraciones pueden ocurrir a concentraciones tan bajas como 10 a 100 -

microgramos por litro. (Minorov, 1967) reporta que 0.01 -- mg/l. de aceite deformó e inactivó a larvas de "Flatfish". También reporta la inhibición de la división celular en algas a concentraciones de aceite de 10^{-4} a 10^{-1} mg/l.

La bioacumulación de los productos de petróleo presenta dos problemas de salud importantes: 1) el manchado de especies acuáticas comestibles. 2) la posibilidad de incorporación de compuestos grasos y oleaginosos cancerígenos en los tejidos de peces y otras especies comestibles, que al ser consumidas en la cadena trófica pueden causar efectos cancerígenos a los organismos que los consumen. Se ha demostrado que el aceite crudo que contiene 3,4 Benzopireno puede ser acumulado en el tejido graso de peces y causar cáncer al hombre y otros animales que consuman peces contaminados.

Existen grasas y aceites de origen animal y/o vegetal en el medio acuático los cuales no son tóxicos a la salud humana ni a la vida acuática directamente.

Las grasas y aceites se pueden encontrar en un cuerpo acuático de la siguiente manera:

- a) Flotando en la superficie.
- b) Emulsificadas en la columna de agua.
- c) Solubles.
- d) Sedimentadas en el fondo

y pueden causar los siguientes efectos además de los ya citados:

- 1) Efectos letales en peces cuando el aceite cubre el epitelio de las branquias impidiendo el inter-

cambio gaseoso y sobreviniendo la muerte por asfixia.

- 2) La muerte de peces y otros organismos aumenta potencialmente la demanda bioquímica de oxígeno; -- por lo que los peces tienen que subir a la superficie para poder respirar, contaminando así sus agallas con el aceite que allí se encuentra.
- 3) Asfixia de las formas de vida bentónicas al ser cubiertas por aceite y grasa que se precipita de la superficie.
- 4) Ahogamiento de aves acuáticas por pérdida de flotabilidad causada por la pérdida de impermeabilidad que poseen en las plumas.
- 5) Efectos estéticos adversos por el ensuciamiento de playas y riberas.

CRITERIO

No se puede dar un criterio general para todas las grasas y aceites que existen, ya que su toxicidad varía de acuerdo a las propiedades específicas de cada compuesto. Lo que si se puede hacer es dar el criterio de acuerdo a cada compuesto en base a los organismos que se piense proteger mediante la aplicación de un factor de 0.01 a el flujo continuo más bajo de 96 horas LC_{50} para las especies residentes más sensitivas e importantes. Existe otro criterio que permite una concentración máxima de grasas y aceites de 5.0 mg/l.; hay que hacer notar que este criterio es aplicado solo para aguas que se utilicen con fines de recreación, (Ver Tabla No. 6) y no para protección de la vi-

da acuática, (Ver Tabla No. 3).

Comparando los niveles de grasas y aceites encontrados en los sitios de muestreo, (Tabla No. 1,) se puede ver que todos los sitios poseen altas cantidades de estos compuestos lo cual afecta y afectará gravemente a la vida acuática por ser esta, muy sensible a la presencia de aceites como ya se dijo anteriormente. Con el criterio de la Tabla No. 3, es fácil concluir que ninguno de los sitios de muestreo podrían pasar dicho criterio dada la alta toxicidad de los compuestos grasos a la vida acuática en general. Lo mismo ocurre en la Tabla No. 6 donde el criterio es de 5.0 mg/l. y todos los sitios de muestreo presentan concentraciones de compuestos grasos que lo sobrepasan hasta en un 1,114% como mínimo y con un máximo de hasta 19,442% con lo que no queda duda en que ninguna de las aguas estudiadas sirve para usos de recreación en cuanto a grasas se refiere.

En la legislación mexicana el criterio para grasas y aceites en aguas usadas para riego y recreación, protección a la vida acuática (Tabla No. 13 y 14) respectivamente, es la ausencia de película visible. Parece ser que en este sentido la legislación nacional para los compuestos grasos pasa por alto que dichos compuestos pueden ser solubles o sedimentarse y estar presentes en el agua causando daños potenciales como los ya citados anteriormente a los cultivos y animales que están en contacto con estas aguas.

COMPUESTOS ORGANICOS

1,3 y 1,4 Diclorobenceno

Estos dos compuestos han sido objeto de pocos estudios por lo que la información es escasa. Aún no está determinado el riesgo que presentan estos compuestos en el agua aunque existe alguna evidencia de que los diclorobencenos tienen tendencia a reaccionar en el aire y formar radicales hidroxilo, con una vida media aproximada de 3 - - días.

El 1,3 diclorobenceno ha sido detectado en agua potable y de riego y el 1,2 Diclorobenceno además ha sido detectado en aguas residuales e hiperclorinadas y en la atmósfera. Mc. Klay y Wolkoff (1973) han determinado que la volatilización de estos compuestos es muy rápida considerando su alto peso molecular y su poca solubilidad en agua.

BIOACUMULACION

No existe alguna evidencia experimental de bioacumulación en ambos compuestos, sin embargo Neely et. al 1974- y Lu y Metcalf 1975, mostraron que dado su coeficiente de adsorción (log octanol/coeficiente de partición del agua) - que es de 3.38 p/1,3 Diclorobenceno y de 3.39 p/1,4 Diclorobenceno pueden ser bioacumulados en el tejido graso de los organismos vivos. Además la incorporación de Cloro en la molécula orgánica aumenta el carácter lipofílico de ambos compuestos, lo que puede producir un aumento en el potencial de bioacumulación. Por otro lado, se ha demostrado la bioacumulación del Clorobenceno (con una molécula de -- cloro) por lo que se puede esperar que el 1,3 y 1,4 diclo-

robenceno puedan ser bioacumulados por los organismos acuáticos en cantidades mayores que el clorobenceno.

BIODEGRADACION

De acuerdo con Ware y West (1977) los compuestos orgánicos halogenados son difícilmente degradados por microorganismos. Alexander y Lustigman (1966) encontraron que la presencia de un átomo de cloro en un anillo bencénico - retarda la velocidad de biodegradación. En contraste Thom y Agg (1977) enlistan al 1,3 y 1,4 Diclorobenceno como susceptibles de degradación en un sistema de tratamiento biológico de desecho. Sin embargo en ausencia de una sólida - información experimental no se puede concluir nada acerca de su biodegradación aunque se puede inferir que ésta es - muy lenta.

Dado que estos compuestos se han estudiado muy poco, no existen criterios de referencia para determinar que tan perjudiciales sean al medio ambiente y al hombre.

De los sitios muestreados solo Tlalnepantla, Remedios, Cerro Gordo y San Lázaro presentan concentraciones - que van de 3.40 mg/l. en Tlalnepantla a 0.076 mg/l. en Remedios de 1,3 Diclorobenceno.

Presentan concentraciones de 1,4 Diclorobenceno: - - Tlalnepantla (1.43 mg/l.) y Tepeji del Río (0.046 mg/l.), - sin haberse detectado dichos compuestos en los otros sitios.

2,6 DINITROTOLUENO

El 2,6 Dinitrotolueno es uno de los compuestos entre

los 300 ó 359 nitroaromáticos que existen y que son utilizados en la industria de los explosivos, así como también en la fabricación de colorantes, productos derivados del hule, productos farmacéuticos, en la fabricación de perfumes y como intermediarios químicos en la formación de otros compuestos. El 2,6 DNT es usado junto con el TNT en la elaboración de explosivos aunque en menor escala.

En realidad son pocas las investigaciones que se han realizado sobre este compuesto y todos los datos o la mayoría de los que se disponen han sido supuestos en base a sus propiedades físicas y químicas o a su relación con la investigación de otros compuestos como el TNT. (Trinitrotolueno).

En lo que respecta a su bioacumulación se puede decir que en general los compuestos nitroaromáticos están presentes en el agua en concentraciones muy bajas. Sin embargo la presencia de estos compuestos en el medio pueden afectar a las partes más bajas de una cadena alimenticia por su alta solubilidad en agua, las concentraciones bioacumuladas y que pueden ser excretadas no permanecen mucho tiempo en este medio. Otro factor que evita que su acumulación sea mayor es el hecho de que los compuestos nitroaromáticos pueden ser utilizados por algunos organismos del género Pseudomonas como recursos de NO_2 y carbón por lo que se puede inferir que su porcentaje de biodegradación es alto y su permanencia en el medio acuático es relativamente corto. Sin embargo al contrario de lo que sucede en el agua (Bringmann y Kuehn 1972), demostraron que la des--

composición de 2,6 DNT por microorganismos del suelo como (Azotobacter) se lleva a cabo muy lentamente. Por otro lado, el coeficiente de absorción por humus se puede considerar como importante.

FOTOLISIS

El enlace N-O es energéticamente disociarlo a longitudes de onda mayores de 190 nm. la fotoreducción de los compuestos nitroaromáticos ocurre al menos a 436 nm. (Leighton y Lucy 1934, Morrison 1969) demostró que el 2.6-DNT tiene propiedades fotocromicas ya que el compuesto presenta un color definido, color que disminuye cuando el compuesto está en la obscuridad. En soluciones acuosas diluidas de 2,6 DNT o compuestos similares irradiados con luz UV. se colorean intensamente; disminuyendo esta intensidad conforme decrece la irradiación. Parece que el "fotocromismo" de este compuesto depende de la facilidad de formación de un isomero análogo: el aci nitroparafina. La consecuencia de este fenómeno en el medio ambiente, en presencia de luz solar, puede ser la reducción del grupo nitro a hidroxilamina, seguido de la oxidación del grupo metil a alcohol aldehído o grupos de ácidos carboxílicos.

TRANSPORTE

Su transporte en el medio puede ser debido a la gran absorción que presenta este compuesto por el sedimento. La medida de esta absorción se expresa de la siguiente manera:

$$\text{COEFICIENTE DE ADSORCION} = \frac{\text{Log. Octanol}}{\text{Coeficiente de partición del agua}}$$

El 2,6 DNT solo se encontró en 8 sitios de muestreo-
teniendo la concentración más alta en Cerro Gordo con 0.15
mg/l. y la menor concentración en Tepeji del Río con 0.017
mg/l.

No se detectó en Tlalnepantla y Río Remedios. A lo -
igual que el 1,3 y 1,4 Diclorobenceno se desconocen aún --
los efectos que este contaminante produzca al medio ambien-
te por lo que no existen criterios en las legislaciones ex
tranjeras ni nacional.

NAFTALENO

El Naftaleno es un hidrocarburo aromático policíclico
que está ampliamente distribuido en el medio ambiente; -
ha sido detectado en plantas, tejidos animales, sedimentos,
efluentes industriales, en aguas de ríos y en agua potable.

FOTOLISIS

La mayoría de los hidrocarburos policíclicos absor--
ben fuertemente las radiaciones solares lo que probablen-
te produzca una rápida descomposición fotolítica de estos-
compuestos.

Muchos autores han estudiado los procesos fotolíti--
cos de estos hidrocarburos y han demostrado, que la descom-
posición por oxidación tiene como productos a las quinonas
(Stivens y Algar, 1968). Por otro lado, debido a las altas
solubilidades de estos compuestos, la fotolisis puede ser-
potencialmente un buen medio de descomposición. Contrastan
do con esta conclusión, Lee y Anderson (1977) reportan que
el Naftaleno no se descompone fotolíticamente cuando se --

agrega a un ecosistema controlado. Este resultado sin embargo, no puede ser conclusivo dado que los niveles de Naftaleno pueden ser afectados por otros procesos en una reproducción del ecosistema dentro de un laboratorio. De esta manera, el papel de la fotólisis como proceso de descomposición del Naftaleno está indefinido.

ADSORCION

El Naftaleno es adsorbido por la materia suspendida en el agua, especialmente por las partículas con alto contenido orgánico (Radding et. al. 1976). Sin embargo, si se compara el coeficiente de adsorción del Naftaleno con el de los demás hidrocarburos aromáticos policíclicos podemos determinar que es el compuesto menos adsorbido por la materia orgánica siendo esta adsorción el medio más eficaz de transporte en el medio ambiente.

BIOACUMULACION:

Lee y Anderson (1977), hicieron mediciones de Naftaleno en zooplancton expuestos a grandes concentraciones de este compuesto encontrando concentraciones significativas en estos organismos. Lee et. al. estudiaron la acumulación del Naftaleno en organismos marinos exponiéndolos a una concentración inicial que variaba de 32 a 100 Ugr/l. Después de 4 horas los organismos habían acumulado aproximadamente un 10% de la concentración inicial presente de Naftaleno.

Anderson, (1974) expuso al pez Ciprinodon variegatus a una concentración de 10 Ugr/l. de Naftaleno en agua de mar durante 4 horas y determinó que los niveles del com

puesto en el tejido eran de 60 P.P.M. Después de colocar a los individuos en un medio no contaminado, las concentraciones de Naftaleno en tejido disminuyeron a 10 P.P.M.

El trabajo de Lee también da evidencia de una rápida acumulación de Naftaleno en el tejido del hígado donde es rápidamente metabolizado, generalmente en CIS-1,2-DIHI-DRO-1,2-DIHI-DROXI NAFTALENO. En general, todos los estudios de bioacumulación realizados con los hidrocarburos aromáticos policíclicos han demostrado que éstos son rápidamente acumulados en niveles comparables a su coeficiente de adsorción, pero que también son rápidamente metabolizados y excretados.

BIODEGRADACION:

De todos los hidrocarburos aromáticos policíclicos - el Naftaleno es el que más rápidamente se biodegrada, Lee y Ryan (1976) midieron los rangos de biodegradación por microorganismos y determinaron que éste se degrada aproximadamente en 4 Ugr/lit/día y reportan que después de un día de exposición al Naftaleno a poblaciones de microorganismos en un río las cantidades de este compuesto se redujeron en un 50%. En cuanto a la degradación en mamíferos, -- Evans et. al. (1971) encontraron que ésta se realiza rápidamente pero de manera incompleta; aunque los metabolitos resultantes de la degradación son eliminados por vía urinaria. Herbs y Schwal, (1978) determinaron que la vida media del Naftaleno en el suelo es de 280 horas. Probablemente, - la biodegradación de este compuesto en agua ocurra más lentamente, ya que se hace mucho más difícil en sistemas acuá

ticos contaminados por otros compuestos.

PIRENO

El pireno también es un hidrocarburo aromático policíclico de 4 anillos y que está ampliamente distribuido en el medio ambiente. Sin embargo, no se conocen muchos datos de este compuesto, como son: Sus reacciones fotolíticas, - su vida media o su coeficiente de adsorción; aunque se sabe que como en el caso de otros hidrocarburos aromáticos - policíclicos son fuertemente adsorbidos por partículas en suspensión, especialmente por aquellas que presentan grandes cantidades de materia orgánica.

BIODEGRADACION:

Aunque son muy pocos los estudios que se han hecho con este compuesto, se presume que puede ser fuertemente biodegradado o metabolizado por bacterias del género Pseudomonas; y que en el caso de su biodegradación por mamíferos ésta ocurre de manera incompleta y sus desechos son excretados después por vía urinaria (Radding et. al., 1976).

Cabe hacer aquí la aclaración de que los compuestos mencionados anteriormente han sido poco estudiados y que por esta razón se desconoce actualmente el papel que juegan como contaminantes del medio ambiente. Motivo por el cual no están citados en ninguna legislación.

En el Pireno así como en el Naftaleno no existen criterios ya que han sido compuestos poco estudiados y se desconocen sus efectos en el medio ambiente.

Pireno se encontró en Río San Javier con 0.15 mg/l.- como concentración mayor y la más baja concentración en --

San Lázaro, Interceptor Poniente y Aragón 0.0025 mg/l. no detectándose en Río Remedios y en Xochiaca.

El Naftaleno se encontró en San Lázaro con una concentración de 0.087 mg/l. siendo este el valor más alto de todas las estaciones de muestreo, el valor más bajo fue de 0.0042 mg/l. en las Estaciones de Río Remedios y Aragón, no detectándose en Interceptor Poniente y Tepeji del Río.

FENOL

El fenol es un compuesto ampliamente usado en la industria, ya que es intermediario en la elaboración de plásticos y otros compuestos químicos. También es utilizado en la elaboración de enzimas, productos farmacéuticos, herbicidas, fungicidas, etc.

BIODEGRADACION:

Se sabe que el fenol puede ser biodegradado por algunos microorganismos entre los que se encuentran Pseudomonas putida, Trichosporon cutaneus y otros. El proceso ocurre con el paso de Fenol a Catecol y el rompimiento del anillo aromático al formarse el 2-Semialdehído Hidroximuconico, de lo que se desprende que el Fenol es fuente de carbón para los microorganismos que lo degradan. La degradación del Fenol en el medio ambiente consume altos niveles de oxígeno disuelto lo que puede producir algunos efectos nocivos para la vida acuática. Los estudios de toxicidad realizados por McLeay, (1976) y la E.P.A. (1978). Arrojan los siguientes resultados:

Dentro de un grupo de invertebrados estudiados se en

contró un amplio rango de variación con valores de LC_{50} a 96 horas de 14,000 Ug/l. para Dafnia magna y 57,000 Ug/l. para Poliphemus pediculus. En estudios hechos con peces se encontró que la trucha es el organismo más sensible a este compuesto, ya que tiene valores de LC_{50} a 96 horas de 5,020 Ug/l. y que el organismo más resistente fue el pez "Fathead" con valores de 67,000 Ug/l.

El Fenol es un constituyente normal en el cuerpo humano y en el de otros mamíferos. Las concentraciones reportadas por Ruedeman y Deichman, (1953) son de 1.5 mg/l. para Fenol libre. Sin embargo en concentraciones mayores puede ser tóxico, llegando a ser letal a concentraciones de 10 a 20 grs/kg. de peso.

En México el reglamento para la Prevención y el Control de la Contaminación, admite 1 mg/l. para agua destinada a la industria y para la protección de la vida acuática. En todos los sitios de muestreo, se encontraron valores menores hasta en un 99.3% que el máximo permitido (Ver Tabla No. 14). El valor más alto se encontró en Río Remedios que es uno de los ríos en los que hay grandes descargas industriales (Tabla No. 1).

Los daños a la salud producidos por este compuesto así como los procesos medioambientales a los que está sujeto, son ejemplificados en las tablas No. 8 y 7 respectivamente.

DDT

El DDT es uno de los pesticidas más ampliamente usa-

dos en el mundo, debido a su bajo costo de producción y -- sus características de insecticida de amplio espectro. Este compuesto presenta 7 metabolitos que son: DDD, DDA, DDE, DDMS, DDMU, DDNU, DDOH; éstos se forman dependiendo de los radicales que intervengan en la formación del compuesto.

Se ha demostrado que el DDT es muy persistente en el medio ambiente por lo que se le puede encontrar en todos - los eslabones de la cadena trófica. En lo que a su toxicidad se refiere se han hecho numerosos estudios para determinar cuales son las especies más sensibles al DDT. En un grupo de 18 invertebrados el organismo más resistente fué la mosca Pteronarcys californica, cuyo valor LC_{50} a las 96 horas fué de 1,800 Ug/l. (Gaufin et. al., 1965) y el más - sensible fué el cangrejo de río Orconectes nais con un valor LC_{50} a las 96 horas de 0.18 Ug/l. Sanders, (1972). En peces de agua dulce se encontró un amplio rango de resistencia a este contaminante, ya que se encontraron valores de LC_{50} a las 96 horas que van de 0.6 Ug/l. para la perca amarilla hasta los 180 Ug/l. para el pez dorado (Jarvinen et. al., 1977).

Los mamíferos (ratas, ratones, perros y conejos) también presentan un rango amplio de tolerancia al DDT, aunque a concentraciones mayores de 60 Ug/l. sufren muchas alteraciones en diversos órganos y sistemas (Tabla 8).

En el caso del hombre, se han hecho estudios sometiéndolo voluntarios a dosis, de DDT de 35 Ug/día durante períodos prolongados (21 meses). Ninguno de los sujetos presentó alteraciones en sus signos neurológicos, ni en los -

conteos de hematocritos, hemoglobina y leucocitos. Tampoco fueron detectadas alteraciones en el funcionamiento del hígado o en el sistema cardiovascular (Hayes et. al., 1971).

Para determinar el potencial cancerígeno del DDT, -- LAUG et. al. (1950) realizó estudios en ratas a las que -- les administró 10 ppm de DDT durante un período que varió -- de 15 a 27 semanas sin que se presentara ninguna altera -- ción, sin embargo, para concentraciones superiores a 10 -- ppm se observaron alteraciones citológicas en el hígado, -- lo que indica que el DDT es potencialmente cancerígeno. -- Con todo lo anterior se han desarrollado criterios para -- protección de la vida acuática, esos criterios se muestran en la Tabla No. 2. Otros factores que se tomaron en cuenta para formular dichos criterios fueron los procesos ambientales a los que está sujeto el DDT y se muestran en la Tabla 7.

En lo que respecta a los valores del contaminante en contrados en zonas industriales como en zonas domésticas -- todos resultaron muy por arriba de los valores máximos permitidos para la protección de la vida acuática, como se ve en la Tabla No. 3.

Esto resulta verdaderamente alarmante dada la peli-- grosidad del compuesto. No existen criterios para este compuesto en aguas destinadas al riego y el uso recreativo.

ALDRIN/DIELDRIN

El Aldrin y el Dieldrin, eran los pesticidas domésticos más ampliamente usados en los Estados Unidos hasta que quedó demostrada su toxicidad en todos los seres vivos. Es

te hecho, derivó en la prohibición de su uso en ese país, aunque en la actualidad se sigue produciendo y exportando hacia algunos países de Latinoamérica. Estos compuestos se reportan juntos en toda la literatura ya que el Aldrín es rápidamente transformado en Dieldrín por numerosas especies de mamíferos, aves de corral, insectos, microorganismos del suelo, lepidópteros, peces e invertebrados de agua dulce como son: protozoarios, celenterados, gusanos, artrópodos y moluscos. Esta transformación se debe a que el Dieldrín es una molécula más estable y muy persistente en el medio, además es muy poco volátil y poco soluble en agua, fácilmente bioacumulable en tejido graso animal y en ceras vegetales por lo que al igual que el DDT también se le encuentra en todos los eslabones de la cadena trófica, sin embargo, cuando este compuesto es acumulado se vuelve estable y de este modo puede removerse del organismo. Por ejemplo: si un pez es colocado en un medio exento de Dieldrín, al poco tiempo la cantidad acumulada puede ser evacuada del organismo; la velocidad con que este hecho sucede varía con la dieta del pez (Brockway, 1973). El problema en este caso, es que al salir de un organismo, el Dieldrín queda disponible en el medio y puede ser entonces consumido por otro organismo, lo que hace fácilmente transportable en el medio (Tabla 7). Por otro lado, se han realizado estudios para determinar el grado de toxicidad de Aldrín/Dieldrín así como su potencial carcinogénico; y es en este punto precisamente donde se establecieron los criterios para la protección de la vida acuática, ya que se ha-

demostrado que estos compuestos son responsables de la formación de hepatocarcinomas, así como también de causar alteraciones genéticas y otros trastornos, (Véase Tabla 8). Según Walker et. al. (1972), las concentraciones máximas permitidas tanto para la protección de la vida acuática, como para el consumo humano, deben ser menores de 0.74 - ng/l. Sin embargo, la E.P.A. (1971), determinó otros criterios; mismos que se muestran en la Tabla No. 3.

Aunque tampoco se reportan concentraciones para el uso del agua en la industria y el riego, hay que tomar en cuenta que esos compuestos presentan grandes períodos de permanencia en el suelo (hasta 15 años) y que pueden afectar la vida que en él se desarrolla durante este tiempo.

Aunque estos compuestos no fueron detectados en todos los sitios de muestreo (Ver Tabla 3), en los sitios donde sí fueron detectados sobrepasaron los valores máximos permitidos hasta en un $1.42 \times 10^6\%$, lo que implica un severo daño potencial al medio ambiente y a la vida que se desarrolla a la salida del drenaje de la ciudad y aún en sitios más alejados.

B I O L O G I C O S

COLIFORMES FECALES Y TOTALES

Las coliformes fecales son organismos indicadores de contaminación fecal. Este grupo de microorganismos de entre los cuales la mayoría son Gramm negativos está constituido por especies de los géneros: Klebsiella, Escherichia, Serratia, Salmonella, Erwinia, Enterobacter entre otros. Estos organismos pueden producir enfermedades disintéricas.

Como este grupo se encuentra en las heces fecales -- tanto humanas como de otros animales, son frecuentemente encontrados en aguas residuales y su presencia limita su uso, tanto para riego como para usos recreativos y suministros de agua potable. En el caso de la vida acuática, los organismos que más coliformes pueden acumular en sus tejidos son los llamados filtradores (ostras y ostiones); hecho que repercute en la salud humana por el consumo de estos organismos. El grupo de los coliformes pueden también ser acumulados por plantas si éstas son regadas con aguas contaminadas por materia fecal, lo que constituye un riesgo potencial a la salud de las personas que consuman los cultivos regados con estas aguas.

En el caso de las concentraciones encontradas en las aguas residuales analizadas, se esperaba encontrar una -- gran cantidad de coliformes. Los sitios donde menor número de colonias fueron detectadas son: Xochiaca, Interceptor Poniente, Canal de Miramontes y Tepeji del Río, en donde se reportan concentraciones de hasta 100 millones de colonias/100 ml. (Ver Tabla No. 1).

Las concentraciones encontradas sobrepasan con mucho los criterios establecidos por diversas organizaciones como son: la U.S.E.P.A. y el Department of National Health and Welfare de Canada (Tabla No. 5), lo que constituye como un grave riesgo para la salud, ya que sabemos que el -- agua negra que sale del D. F., es vertida en ríos y presas tales como: el Río el Salto, Río Tepeji, Presa Requena, -- Río Salado, Río Tula entre otros y que esta agua es usada-

para riego en las regiones aledañas a estos cuerpos de - -
agua.

Por último, debemos dejar en claro que los criterios establecidos se determinaron con base a los riesgos epidemiológicos que implican concentraciones muy altas de estos microorganismos.

PLANTAS DE TRATAMIENTO

En el Distrito Federal, se usan aguas residuales tanto en riego, como en el llenado de lagos destinados a la recreación. Como resultaría sumamente riesgoso vertirlas crudas en el medio, estas aguas son renovadas en plantas de tratamiento de aguas negras.

Con el fin de determinar la calidad del agua que sale de dichas plantas, se hicieron muestreos en tres de las ocho plantas que operan en la ciudad: Planta de Tratamiento Chapultepec, Ciudad Deportiva y Cerro de la Estrella, tanto en su influente como en su efluente de manera que se pudiera cuantificar en por ciento, la remoción de los contaminantes estudiados (Ver Tabla 12) y verificar si el tratamiento es el adecuado en base a los criterios establecidos según el uso que se le da a estas aguas (Tabla 9, 10 y 11). En la ciudad de México, el agua tratada se concentra principalmente en los lagos de Chapultepec, Canales de Xochimilco, en áreas verdes de Chapultepec, Bosques de las Lomas, Cd. Deportiva y zonas aledañas a Xochimilco. (Riego de hortalizas, invernaderos, etc.).

El haber obtenido un promedio del por ciento de remoción, nos da una idea comparativa de la eficiencia en el funcionamiento de las plantas. Así, podemos ver que la planta con mayor eficiencia es Chapultepec, con un promedio del 60% de remoción. Para Cd. Deportiva fué del 57% y para Cerro de la Estrella fué del 47%. Cabe hacer la aclaración que la eficiencia de una planta de tratamiento, está en --

TABLA # 11 EFECTIVIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON BASE A LOS CRITERIOS EXTRANJEROS PARA LA PROTECCION DE LA VIDA ACUATICA.

| | P L A N T A S D E T R A T A M I E N T O . | | |
|-----------------------------------|---|-----------------------|---------------|
| | CHAPULTEPEC | CERRO DE LA ESTRELLA. | CD. DEPORTIVA |
| ALCALINIDAD | o | o | o |
| pH | o | o | o |
| SST | o | o o | o |
| NH ₇ | o o | o o | o o |
| NO ₃ , NO ₂ | o o | o o | o o |
| FOSFATOS | o o | o o | o o |
| SAAM | o o | o o | o o |
| Fe | o o | o o | o o |
| Pb | o o | o | o |
| Hg | o o | o o | o o |
| DDT | o | o | o |
| ALDRIN | o | o | o |
| DIELDRIN | o | o | o |

o VALORES POR DEBAJO DEL CRITERIO.
o o VALORES POR ARRIBA DEL CRITERIO.

en función de las condiciones propias de cada una de ellas, ya que cada planta recibe cantidades distintas de agua con diferente calidad, por lo que debe operar bajo condiciones distintas (tiempos de retención de agua, en cada fase del proceso, capacidad volumétrica de los tanques de degradación orgánica, volumen y presión de aire, etc.). De las tres plantas estudiadas Chapultepec, es la que recibe descargas con los valores más bajos para la mayoría de los parámetros analizados (15 de 29) lo que influye en su mayor eficiencia. En esta planta, se encontraron los más altos porcentajes de remoción para los parámetros orgánicos, para casi todos los metales (Exceptuando el Pb total y Hg soluble), nutrientes (Excepto fósforo total), SAAM, alcalinidad, pH y boro. La remoción de sólidos disueltos fué demasiado pequeña, lo que se tradujo en una baja remoción de la conductividad. Otro grupo de parámetros que presenta un bajo porcentaje de remoción es el de las demandas (DBO y DQO), hecho que no concuerda con el tipo de tratamiento que se lleva a cabo en estas plantas como se verá más adelante. La remoción en este caso fué de 39 y 38% para DBO y DQO respectivamente (usualmente la remoción debe ser del orden de 85 y 90% (Middleton, 1977)).

La planta de Cd. Deportiva presentó un buen porcentaje en la remoción de las demandas, ya que tiene un 86% para DBO y un 77% para DQO, siendo la remoción del COT de 61.2%. También en esta planta la remoción de sólidos disueltos disueltos es pobre y por lo tanto, la conductividad eléctrica solo se reduce en un 7%. En lo que se refie-

re a nutrientes, Cd. Deportiva tiene el más alto porcentaje de remoción de fósforo, nitratos y nitritos y nitrógeno total. También encontramos el mayor descenso en las concentraciones de Pb total y de coliformes fecales (los muestras de los efluentes se hicieron en la salida del sedimentador secundario, antes de la clorinación, por ese motivo las concentraciones de coliformes son aún muy altas - 9.54 millones de col./100 ml. como media de efluente) Ver-Tabla 12. En lo que corresponde a los compuestos orgánicos, esta planta tiene la remoción más baja para fenol y 2,6-DNT. Por último, la remoción de alcalinidad también es muy baja (8.1%).

No obstante de que la planta de Cerro de la Estrella es la más grande de la ciudad, (2,000 l/seg. de capacidad instalada, en contraste con los 160 l/seg. de Chapultepec y 230 l/seg. de Cd. Deportiva) es la que tiene mayor deficiencia en el tratamiento de aguas residuales, ya que tiene en la mayoría de los parámetros los porcentajes más bajos de remoción (14 de 29), siendo los valores más importantes de considerar el descenso en la concentración de las grasas y aceites que es de 86%, un 72% para DBO 60% de remoción para sólidos suspendidos.

Es posible que esta deficiencia en el tratamiento se deba a fallas propias de la planta y al tipo de descargas que recibe (predominantemente industrial); además de que en México por lo regular existen impedimentos técnicos que permitan un mejor funcionamiento en las plantas de tratamiento. Algunos de los problemas que se reflejan en los --

| PLANTA DE TRATAMIENTO PARAMETRO | CHAPULTEPEC | | | CERRO DE LA ESTRELLA | | | CIUDAD DEPORTIVA | | |
|--|-----------------|----------------|--------|----------------------|----------------|--------|------------------|----------------|--------|
| | \bar{X} INFL. | \bar{X} EFL. | % REM. | \bar{X} INFL. | \bar{X} EFL. | % REM. | \bar{X} INF. | \bar{X} EFL. | % REM. |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 162.3 | 105.6 | 34.9 | 289.6 | 259.0 | 10.56 | 460.8 | 420.0 | 8.8 |
| PH (unidades) | 6.3 | 7.1 | - | 7.1 | 7.1 | - | 7.4 | 6.9 | 6.7 |
| Cond. Electrica (Ums/cm) | 566.3 | 509.4 | 10.04 | 902.8 | 899.5 | 0.36 | 1,5490 | 1,4406 | 6.9 |
| boro | 0.589 | 0.285 | 56.1 | 0.768 | 0.574 | 25.26 | 1.54 | 0.900 | 41.5 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 444.7 | 383.6 | 13.7 | 675.5 | 619.5 | 8.28 | 963.8 | 935.3 | 2.9 |
| Solidos Disueltos Totales | 370.3 | 361.3 | 2.4 | 615.8 | 603.0 | 2.07 | 942.0 | 914.7 | 2.8 |
| Solidos Suspendidos Totales | 36.0 | 22.5 | 37.5 | 85.9 | 34.0 | 60.4 | 48.4 | 21.8 | 54.9 |
| Solidos Sedimentables (ml/lit) | 3.6 | 0.116 | 96.68 | 3.0 | 0.166 | 96.13 | 0.36 | 0.12 | 66.6 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | | |
| D O O | 107.96 | 65.4 | 39.3 | 297.4 | 139.8 | 52.9 | 587.1 | 133.7 | 27.2 |
| D B O | 89.3 | 28.0 | 68.6 | 195.7 | 53.9 | 72.4 | 373.8 | 52.5 | 85.9 |
| C O T | 28.6 | 11.9 | 58.8 | 65.3 | 25.3 | 61.2 | 183.0 | 22.5 | 87.7 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 76.6 | 22.9 | 70.01 | 48.4 | 32.6 | 32.6 | 69.04 | 36.3 | 47.6 |
| Nitrogeno Amomiacal | 25.6 | 6.9 | 73.0 | 19.7 | 14.9 | 24.3 | 27.6 | 20.1 | 27.1 |
| Nitratos, Nitritos | 43.3 | 11.2 | 74.1 | 5.7 | 4.3 | 24.5 | 4.1 | 2.2 | 46.3 |
| Fosforo Total | 4.6 | 3.5 | 23.9 | 6.1 | 4.9 | 19.6 | 9.06 | 4.8 | 47.0 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | | |
| C A A M | 5.5 | 3.8 | 30.9 | 5.4 | 4.9 | 9.2 | 6.9 | 4.9 | 28.9 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 112.3 | 84.2 | 25.0 | 96.6 | 13.5 | 86.0 | 134.7 | 61.9 | 54.0 |

TABLA #12 EFICIENCIA EN PLANTAS DE TRATAMIENTO

| PLANTA DE TRATAMIENTO PARAMETRO | CHAPULTEPEC | | | CERRO DE LA ESTRELLA | | | CIUDAD DEPORTIVA | | |
|------------------------------------|-----------------|----------------|--------|----------------------|----------------|--------|------------------|----------------|--------|
| | \bar{X} INFL. | \bar{X} EFL. | % REM. | \bar{X} INFL. | \bar{X} EFL. | % REM. | \bar{X} INF. | \bar{X} EFL. | % REM. |

1.7 METALES PESADOS:

| | | | | | | | | | |
|------------------|--------|-------|------|--------|--------|------|--------|---------|------|
| Hierro Soluble | 0.503 | 0.156 | 68.9 | 0.342 | 0.206 | 39.7 | 1.24 | 0.479 | 61.8 |
| Hierro Total | 3.300 | 1.044 | 68.3 | 4.55 | 1.893 | 58.3 | 2.69 | 1.01 | 62.4 |
| Plobo Soluble | 0.023 | 0.01 | 56.5 | 0.023 | 0.014 | 56.5 | 0.033 | 0.018 | 45.4 |
| Plobo Total | 0.095 | 0.061 | 35.7 | 0.039 | 0.028 | 28.2 | 0.116 | 0.0114 | 90.1 |
| Mercurio Soluble | 0.0057 | 0.002 | 64.9 | 0.0019 | 0.0009 | 72.7 | 0.0018 | 0.00068 | 64.0 |
| Mercurio Total | 0.0102 | 0.002 | 80.3 | 0.0033 | 0.0023 | 30.3 | 0.0095 | 0.0034 | 64.2 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|------|--------|--------|-------|--------|--------|------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | 0.023 | 0.0001 | 99.6 | 0.0604 | ND | 100 | 0.053 | ND | 100 |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | - | ND | ND | - | ND | ND | - |
| Naftaleno | 0.0215 | 0.002 | 90.6 | 0.0116 | 0.0065 | 43.96 | 0.023 | 0.010 | 56.5 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.032 | 0.0024 | 92.5 | ND | ND | - | 0.055 | 0.0135 | 75.4 |
| Pireno | 0.003 | 0.002 | 33.3 | 0.0081 | 0.0028 | 65.4 | 0.0066 | 0.0013 | 79.6 |
| Penol | 0.0008 | ND | 100 | 0.008 | ND | 100 | 0.139 | 0.013 | 90.6 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | | |
|----------|----|----|---|----|----|---|----|----|---|
| D D T | ND | ND | - | ND | ND | - | ND | ND | - |
| Aldrin | ND | ND | - | ND | ND | - | ND | ND | - |
| Dieldrin | ND | ND | - | ND | ND | - | ND | ND | - |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|------|------|--------|------|------|-------|------|-------|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 11.31 | 1.09 | 90.3 | 45.53 | 4.44 | 90.3 | 97.2 | 6.06 | 93.7 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 14.58 | 2.05 | 85.9 | 147.23 | 5.49 | 96.2 | 127.6 | 9.54 | 92.52 |

sistemas de operación de las plantas son los siguientes: - Utilización incompleta de la capacidad instalada, mantenimiento deficiente, causado en parte por el mal adiestramiento del personal encargado, reducido desarrollo tecnológico en este campo y limitados recursos económicos. Todos estos factores se traducen en una deficiente calidad del agua que se obtiene de las plantas y que es utilizada en riego de áreas verdes y llenado de lagos; para ilustrar este hecho, comparamos los criterios máximos permitidos, tanto nacionales como extranjeros para el agua que se destina a dichos usos. Los resultados se resumen en las Tablas 9 y 10; en lo que a la planta de Chapultepec se refiere, el agua que se obtiene de ella solo cubre los criterios máximos para tres parámetros y en los demás parámetros legislados se excede de ellos. El mismo caso es para las otras dos plantas evaluadas; las concentraciones encontradas en Pb, Hg y fenoles caen dentro de los rangos máximos permitidos tanto en legislaciones nacionales como extranjeras, para ambos usos.

Es necesario aclarar que las tres plantas muestreadas funcionan con un tratamiento secundario denominado deodos Activados. En este tratamiento, el agua que se va a depurar es pasada primero a un tratamiento preliminar en donde se separan los cuerpos suspendidos mayores, tales como: madera, papeles, plásticos, etc.; así como la extracción de grasas insolubles por medio de un decantador especial. Después, el agua pasa a un sedimentador primario, en donde algunos sólidos orgánicos y otros cuerpos como son -

EFFECTIVIDAD DEL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS CON BASE A LOS CRITERIOS
(NACIONALES Y EXTRANJEROS), PARA USO AGRICOLA Y RECREATIVO.

TABLA # 9

USO RECREATIVO.

| PARAMETRO | PLANTA DE TRATAMIENTO | | |
|------------------|-----------------------|------------------|----------------------|
| | CHAPULTEPEC | CIUDAD DEPORTIVA | CERRO DE LA ESTRELLA |
| pH | ° * | ° * | ° * |
| SDT | * | * | * |
| SST | ° | ° | °° |
| FOSFATOS | °° ** | °° ** | °° ** |
| SAAM | °° ** | °° ** | °° ** |
| GRASAS Y ACEITES | °° | °° | °° |
| Pb | * | * | * |
| Hg | * | * | * |
| FENOLES | * | * | * |

TABLA # 10

R I E G O

| PARAMETRO | PLANTA DE TRATAMIENTO | | |
|---------------|-----------------------|------------------|----------------------|
| | CHAPULTEPEC | CIUDAD DEPORTIVA | CERRO DE LA ESTRELLA |
| ALCALINIDAD | ° * | ° * | ° * |
| pH | ° * | ° * | ° * |
| CONDUCTIVIDAD | * | * | * |
| BORO | ° * | °° ** | °° ** |
| SDT | ° | °° | °° |
| Pb TOTAL | ° * | ° * | ° * |
| Fe TOTAL | ° | ° | ° |

- ° VALORES POR ABAJO DEL CRITERIO EXTRANJERO.
- °° VALORES POR ARRIBA DEL CRITERIO EXTRANJERO.
- * VALORES POR ABAJO DEL CRITERIO NACIONAL.
- ** VALORES POR ARRIBA DEL CRITERIO NACIONAL.

las arenas, son removidos. Este proceso de sedimentación es llamado tratamiento primario.

El paso siguiente, es llevar el agua, después de decantarla, a los tanques de oxidación biológica, en donde una gran masa de microorganismos entran en contacto con los compuestos orgánicos solubles y coloidales, degradándolos hasta sus formas elementales. Este proceso ocurre en condiciones aerobias por medio de la inyección de aire a presión dentro de los tanques de oxidación. Después de este proceso, el agua es llevada a un sedimentador secundario en donde los Lodos Activados son separados del agua ya tratada, la que después de ser decantada es desinfectada por medio de la adición de cloro u ozono.

Los microorganismos que se encuentran dentro de los Lodos, son entre otros los que corresponden a los géneros: Nitrosomonas, Nitrobacter, Pseudomonas, Acheromobacter, Asinetobacter, Flavobacterium, Xantomonas, Aeromonas, Arthrobacter, Vibro, Spirillum, Nocardia, Streptomyces, Protozoarios tales como; Zooglea, Vorticela, Opercularia, Paramecium, Colpidium, Amoeba, Algas, Geotrichum, Esporotrichum.

Durante las sedimentaciones que se llevan a cabo, se remueven algunos virus y bacterias que se encuentran asociados con los sólidos que se sedimentan.

Los Lodos Activados que se recogen en el segundo sedimentador son en parte recirculados al tanque de oxidación y en parte se desechan de la planta para ser tratados en sistemas de digestión anaeróbica con el fin de anular -

la gran cantidad de microorganismos patógenos que contiene, pudiendo ser utilizados después en la fertilización de sue los agrícolas, dado el gran contenido de materia orgánica y nutrientes; ya que, uno de los objetivos de este tipo de tratamiento es el de remover hasta donde sea posible la DBO y la DQO del agua tratada. El agua que se obtiene del tratamiento primario, puede ser usada en el riego de culti vos que no sean consumidos por el hombre; y el agua proveniente del tratamiento secundario se puede usar en riego de cultivos para consumo humano, si es que la calidad del agua tratada cubre las normas de calidad establecidas para este propósito.

En México, también es utilizado otro tipo de tratamiento secundario, el llamado Lagunas de Oxidación. En este método también se remueven grandes cantidades de materia orgánica, pero su funcionamiento es muy diferente al de Lodos Activados ya que el oxígeno utilizado en la degra dación es aportado por organismos autótrofos que se desa rrollan en la Laguna. Este método tiene la desventaja de que las cantidades de agua que se pueden tratar son reduci das y los requerimientos de espacio para la instalación de una Laguna de este tipo son muy grandes.

Cabe mencionar, que existen algunos contaminantes que son muy difíciles de remover dados sus altos grados de permanencia en el medio ambiente. Sin embargo, es posible removerlos si se somete el agua a algún tratamiento tercia rio como son por ejemplo: La Filtración, Coagulación y Flo culación, Absorción con Carbón activado, Osmosis Inversa,-

Electrodiálisis, Intercambio iónico, etc. La mayoría de estos procesos se pueden eslabonar en algún paso del tratamiento de Lodos Activados, dependiendo de las características de operación de la planta. A continuación se describen algunos de estos procesos de tratamiento de aguas residuales.

FILTRACION

La filtración, como su nombre lo indica, es un proceso por medio del cual se hace pasar el agua obtenida del efluente secundario de una planta de Lodos Activados, a través de un filtro de arena o carbón para remover la materia coloidal o suspendidas reduciéndola hasta concentraciones que van de 0.5 a 1.0 mg/l. de sólidos suspendidos. Esto se logra generalmente haciendo pasar el agua de desecho por una cama granular de 30 a 36 pulg. de profundidad compuesta de partículas relativamente pequeñas (menores a 1.5 mm.). Estas partículas pueden ser de arena, carbón o una mezcla de ambas. Las aguas residuales son pasadas por el filtro hacia abajo durante un ciclo normal de operación y eventualmente se invierte el flujo para remover los sólidos y los materiales atrapados en la cama filtradora. A esta operación se le llama de "lavado inverso". El agua usada en esta operación es reciclada al efluente primario de Lodos Activados para su tratamiento; una ventaja adicional de este método es que también se logra una gran remoción de Fósforo reduciendo sus concentraciones hasta 0.1 mg/l. o menos.

COAGULACION Y FLOCULACION

La coagulación y la floculación por medio de productos químicos, es necesaria para incrementar la remoción de sólidos que normalmente no sedimentan. Los términos coagulación y floculación son usados indistintamente aunque en realidad son dos procesos distintos; el primero ocurre en el instante en que la sustancia agregada se mezcla con la solución la floculación requiere de algún tiempo para la aglomeración y desarrollo de flóculos.

Por medio de este proceso, pueden ser removidas cantidades importantes de Fósforo y metales además de que la formación de flóculos y su posterior sedimentación son un buen medio para remover importantes cantidades de bacterias y virus. Las sustancias químicas usadas con mayor frecuencia para favorecer la coagulación son: cal, sales de fierro y aluminio y algunos compuestos orgánicos sintéticos. La más común es la cal, que eleva el pH del agua por arriba de diez favoreciendo con esto la precipitación de algunos compuestos de magnesio y otros. La elección de la sustancia adecuada dependerá de las condiciones de la misma, ya que por ejemplo: el aluminato de sodio (NaAlO_2), puede servir como recurso de iones aluminio (que son coagulantes) pero este pierde efectividad en aguas suaves (Middleton, 1977). Por otro lado, sustancias como el cloruro férrico y el sulfato ferroso, funcionan bien ya sea como floculadores o coaguladores, sin embargo, su mecanismo químico dentro del agua no es bien comprendido aún.

ADSORCIÓN POR CARBÓN ACTIVADO

Aún después de un tratamiento de Lodos Activados e incluso después de usar el método de filtración y coagulación y floculación, pueden persistir en el agua algunos -- contaminantes orgánicos que frecuentemente son responsables del color y el olor del efluente de un sedimentador secundario en una planta de Lodos Activados. Una manera de remover estos contaminantes es usando el método de Adsorción por Carbón Activado. En este proceso, el contaminante se pone en contacto con la superficie del carbón y de esta manera es adsorbido, de modo que la superficie de carbón disponible es muy importante. El Carbón Activado puede ser -- usado en forma granulada o en polvo, sin embargo cuando se usa este último se debe tener cuidado en su manejo, ya que se puede dispersar fácilmente. La forma de usarlo es esparciéndolo dentro del efluente del agua residual pretratada por algunos de los procesos arriba mencionados, dejándolo en contacto con el agua algunos minutos y retirándolo después por sedimentación.

Cuando el tipo de carbón activado que se usa es de forma granular, se coloca en columnas de 20 a 25 pies de grosor y se hace pasar el agua a través de ella, dejándola en contacto aproximadamente 40 min.

El grado de remoción alcanzado por este método debe estar en función del reuso que se piense dar al agua. Cuando se necesitan altos niveles de remoción este proceso debe ser precedido de algún tratamiento terciario para asegurar un máximo descenso de las concentraciones de los com--

puestos orgánicos.

Combinando estos métodos avanzados, se pueden obtener aguas libres de bacterias y con una DBO de 1.0 mg/l. y una DQO menor que 10 mg/l. Como se ve, las principales ventajas de usar este proceso son su alto nivel de remoción de algunos contaminantes que no son eliminados por procesos biológicos, además, su operación tolera grandes variaciones en cuanto al volumen de aguas residuales que se manejan y la calidad que se desea obtener; requiriendo para este proceso muy poco espacio. Sin embargo, su principal desventaja es el costo de operación, ya que se necesitan grandes cantidades de carbón activado y los procesos que existen actualmente para reactivarlo y volverlo a usar son muy costosos.

Todos los procesos explicados anteriormente, no se llevan a cabo en México, en parte, por los altos costos que implican y por el poco desarrollo tecnológico que aún se tiene en este campo.

C O N C L U S I O N E S

- Los sitios de muestreo con descargas de agua residual -- predominantemente industrial, presentan por lo regular -- las mayores concentraciones en: metales pesados, compues-- tos orgánicos, sólidos, nutrientes, demandas y colifor-- mes fecales y totales. Siendo los más contaminados en ór-- den de mayor a menor: Río San Javier, Río Tlalnepantla, Río Remedios, Aragón y Cerro Gordo.
- Los sitios de muestreo que reciben cargas predominante-- mente domésticas presentan por lo general las mayores -- concentraciones en: SAAM, grasas y aceites, pesticidas-- y las más bajas concentraciones en: sólidos, demandas, - nutrientes, metales pesados, compuestos orgánicos y coli-- formes fecales y totales; aunque dichos contaminantes se encuentran en concentraciones importantes. Los sitios -- con descargas domésticas son, de mayor a menor grado de-- contaminación: Xochiaca, San Lázaro, Interceptor Ponien-- te, Miramontes y Tepeji del Río.
- De acuerdo a las concentraciones máximas aceptables para la protección de la vida acuática, para cada uno de los-- parámetros cuantificados, se concluye que todas las -- aguas estudiadas representan un grave riesgo para la vi-- da acuática existente en los cuerpos acuáticos donde -- sean vertidas, dada su alta concentración en la mayoría-- de los parámetros cuantificados.
- De todos los parámetros cuantificados, los que son toma--

dos en cuenta para aguas de uso industrial (alcalinidad, pH, sólidos disueltos totales, nitratos, nitritos, coliformes totales y fecales), los que no alcanzan a cubrir los criterios dados para tal uso, son los coliformes fecales y totales, por lo que sería necesario dar tratamiento a estas aguas para controlar la población de bacterias y hacerlas óptimas para el uso industrial.

- Los criterios extranjeros dados para el uso de aguas residuales en riego indican que las concentraciones halladas en los sitios muestreados sobrepasan los valores máximos en sólidos disueltos totales y coliformes fecales. El criterio de Boro para suelos ácidos, es excedido por todos los sitios de muestreo; así como el criterio que se da para suelos salinos, a excepción de los sitios: -- Aragón, San Lázaro, Interceptor Poniente, Canal de Miramontes y Tepeji del Río.

En cuanto al criterio dado para fierro, las aguas analizadas sólo pueden ser usadas para riego de suelos salinos, a excepción de las aguas del Río San Javier; en sue los ácidos sólo pueden usarse las aguas de Aragón, Xochiaca, San Lázaro, Canal de Miramontes y Tepeji del Río. Las concentraciones halladas en plomo no interfieren en el riego de suelos ácidos ni salinos en ninguna de las aguas.

Aunque en algunos sitios de muestreo se cubren satisfactoriamente algunos de los criterios dados, ninguna de las aguas analizadas cubren satisfactoriamente todos los valores máximos permitidos, por lo que dichas aguas no

son aptas para el riego.

México da criterios sobre el pH, conductividad eléctrica, nutrientes, boro, plomo, coliformes totales, grasas y aceites. Para el uso de aguas en actividades de riego. De estos criterios, todos los sitios muestreados acreditan los valores propuestos para el pH, plomo y conductividad eléctrica a excepción del Río San Javier, no acreditando el resto de los criterios en los demás parámetros. Por lo que al igual que en la legislación extranjera, estas aguas no deben ser usadas en riego.

- Todos los criterios extranjeros dados para el uso de aguas con fines recreativos, a excepción del pH, son excedidos por todas las aguas estudiadas, por lo que ninguna de ellas puede ser utilizada en tal actividad.
- La Legislación mexicana para el control de la contaminación de las aguas, da los mismos criterios para protección a la vida acuática, así como en las aguas de uso recreativo e industrial.

Estos criterios son para los siguientes parámetros: pH, sólidos disueltos totales, nutrientes, SAAM, grasas y aceites, mercurio, plomo, fenoles y coliformes totales. Todos los sitios de muestreo logran acreditar los criterios propuestos en el pH, fenoles, sólidos disueltos totales (excepto Río San Javier). El criterio de mercurio lo pasan todos, a excepción de Cerro Gordo, el criterio de plomo, sólo lo acreditan los sitios San Lázaro, Canal de Miramontes.

El resto de los criterios en los demás parámetros no son pasados por ningún sitio de muestreo (nutrientes, grasas y aceites y coliformes totales).

En general ninguna de las aguas estudiadas, de acuerdo a los criterios nacionales propuestos para los usos ya descritos podría utilizarse en estas actividades.

- De las tres plantas de tratamiento la que mayor eficiencia presenta es la planta de Chapultepec siguiendole Ciudad Deportiva y la de menor eficiencia en la remoción de contaminantes es la planta de tratamiento Cerro de la Estrella.
- Los porcentos de remoción de cada contaminante en las distintas plantas de tratamiento son diferentes debido a las condiciones propias de operación de cada una de las plantas.
- Las coliformes no se incluyen en los diferentes tipos de uso del agua ya tratada por haberse tomado la muestra antes de la cloración, hecho por el cual no se puede apreciar la remoción total de bacterias.
- Con la remoción de contaminantes lograda en las distin--tas plantas de tratamiento de aguas negras, el uso más -adecuado para las aguas obtenidas es el de riego, ya que solo el boro es el parámetro en donde no se logra una removición satisfactoria en las plantas de ciudad Deportiva- y Cerro de la Estrella.
- El uso de las aguas renovadas para actividades recreati-

vas no cubre satisfactoriamente los criterios propuestos para fosfatos, SAAM, grasas y aceites, tanto en la legislación nacional como extranjera, debiéndose implementar tratamientos terciarios para su remoción.

- En lo que concierne a la legislación extranjera referente a la protección de la vida acuática, se concluye que la remoción obtenida en las distintas plantas de tratamiento no es satisfactoria para los nutrientes, SAAM, metales pesados, por lo que se deben aplicar métodos de tratamiento terciario para una remoción efectiva de dichos contaminantes y así proteger a la vida acuática.
- Las legislaciones extranjeras son más estrictas en relación a la legislación nacional. Hecho por el cual consideramos que es necesaria una revisión a esta legislación de acuerdo a los niveles encontrados y hacer las modificaciones necesarias.
- De entre los parámetros cuantificados hay algunos como el plomo, mercurio, DDT, aldrín y dieldrín que son potencialmente cancerígenos y teratogénicos al hombre y cuya presencia en las aguas residuales representa un grave riesgo a la salud humana, ya que estas aguas, tarde o temprano son usadas en riego y/o llenado de presas, donde existen organismos que acumulan dichos contaminantes haciéndolos llegar al hombre por medio de la cadena trófica.

Algo semejante sucede con las coliformes, que pueden ocasionar enfermedades al quedar sobre la superficie de los vegetales que son regados con aguas contaminadas.

RECOMENDACIONES

Recomendamos realizar un monitoreo de aguas de desecho permanente y el análisis de un mayor número de contaminantes, haciendo hincapié en los metales pesados y compuestos orgánicos por el impacto que estos pueden ejercer sobre la biota. Con el fin de que se evite un mayor deterioro del medio.

De manera paralela es necesario hacer un análisis serio de la legislación nacional vigente en el control de la contaminación de las aguas para adecuarla a las necesidades actuales, de acuerdo al desarrollo industrial y urbano del país. De igual manera establecer los elementos necesarios para asegurar el cumplimiento de la misma.

Con el presente trabajo se ha visto también, la necesidad que tienen las aguas residuales de ser sometidas a tratamiento antes de ser vertidas a los cuerpos receptores, con el propósito de disminuir la carga de contaminantes -- que poseen dichas aguas, protegiendo así la vida acuática existente y/o restablecer la que existía en dichos receptores. Además de proteger los suelos y cultivos que son regados con este tipo de aguas.

Recomendamos también hacer un estudio de operación de las plantas de tratamiento de agua residual, con el propósito de detectar fallas y mejorar el funcionamiento eficiente de las mismas.

B I B L I O G R A F I A

- AKIN E.W. et. al. "Health Hazards Associated With Wastewater Effluente and Sludge: Microbiological Considerations" en; Risk Assessment and Health Effects of Land Application of Municipal Wastewater and Sludges. Sn. Antonio Texas, 1978.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Control de Calidad y Tratamiento de Agua, Madrid, Instituto de Administración Local, 1975.
- ANNE J. R. et. al. "Chemical Agents of Potential Health Significance for Land Disposal of Municipal Wastewater Effluents and Sludges" en; Risk Assessment - an Health Effects of Land Application of Municipal Wastewater and Sludges. Sn. Antonio Texas, 1978, -- pp. 27.
- BARNHART E.L. "Nitrogen As Consideration in Industrial Pollution Control. By: Hydrosience, Inc. Emerson New Jersey. 1978., en Water: No. 67, vol. 73 pp. 221 -- 226.
- DONOSO J. et. al. Reviews of the Environmental Effects of Pollutants XIII. Endrin. U.S. EPA. Wash. D.C. 1979- pp. 356.
- GYGER R.F. et. al. "Nitrification in Oxigen Activated Sludge Systems". By: Union Carbide Corporation, Tonawanda New York., en Water: No. 67, vol. 73 pp. 233-248.
- HILLEBOE H.E. Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Ed. - LIMUSA; México, 1976. 5a. Reimpresión.

- HEIDMAN, J.R. Sequential Nitrification-Denitification in a Plug Flow Activated Sludge System. Municipal Environmental Research Laboratory, Cinn. Ohio, U.S.A. 1979.
- METCALF, R. et. al. WasteWater Engineering and Reuse, - - McGraw Hill Book and Co, New York, U.S.A., 1979, - pp. 976.
- MORRISON & BOYD. Química Orgánica, Ed. Fondo Educativo Interamericano, México, D.F., 1976, pp. 1292.
- ODUM, E.P. Ecología, Ed. Interamericana, México, D.F., - - 1974, 3a. ed.
- PESSON, P. La Contaminación de las Aguas Continentales, Ed. Mundi Prensa, Madrid, España, 1979, pp. 327.
- PODUSKA, R.A. et. al. "Activated Sludges Effluent Quality-Control for a Combined Organic Chemicals, Plastics-and Synthetics Fibers Industrial Wastewater". By: - Tennessee Eastman Co., Kingsport Tennessee, U.S.A., 1978, en Water, No. 67, vol. 73, pp. 193-198.
- REID & WOOD. Ecology of Inland Waters and Estuaries, Ed. - Van Nostrand, London, England, 1976, pp. 483
- SZEKELY, F. (compilador) El Medio Ambiente en México y América Latina, Ed. Nueva Imágen, México, D.F. 1978, - pp. 163.
- U.S. EPA "Ambient Water Quality Criteria for Phenol", - - Washington, D.C. U.S.A., 1980.
- U.S. EPA "Ambient Water Quality Criteria for DDT", Wash. D. C., U.S.A., 1980.
- U.S. EPA "Ambient Water Quality Criteria for Aldrin/Dieldrin", Wash. D.C. U.S.A., 1980.

- U.S. EPA "Ambient Water Quality Criteria for Lead", Wash. -
D.C. U.S.A., 1980.
- U.S. EPA "Ambient Water Quality Criteria for Mercury" - -
Wash. D.C. U.S.A., 1980.
- U.S. EPA "Ambient Water Quality Criteria for Polynuclear -
Aromatic Hydrocarbons", Wash. D.C. U.S.A. 1980.
- U.S. EPA "Ambient Water Quality Criteria for Naphtalene", -
Wash, D.C. U.S.A., 1980.
- U.S. EPA "Water Related Environmental Fate of 129 Priority
Pollutans" vol. I, Springfield, Va., 1979.
- U.S. EPA "Water Related Environmental Fate of 129 Priority
Pollutans" vol. II. Springfield, Va. U.S.A., 1979.
- U.S. EPA "Reviews of the Environmental Effects of Pollu- -
tans: VII Lead", Columbus, Ohio, 1978.
- U.S. EPA "Effects of Pesticides on the Immune Response", -
Wash. D.C., U.S.A., 1980.
- U.S. EPA "Quality Criteria for Water", Wash. D.C., U.S.A. -
1976.
- U.S. EPA "Treatability of Carcinogenic and Other Hazardous
Organic Compounds", Wash. D.C., U.S.A., 1979.
- U.S. EPA "Effects of Pollution on Freshwater Fish", Duluth,
Minnesota, 1979.
- U.S. EPA "Effect of Phosphorus Control Options on Lake Wa-
ter Quality", Wash. D.C., U.S.A., 1979.
- U.S. EPA "Investigations of Selected Potential Environmen-
tal Contaminants: Nitroaromatics", Syracuse, N.Y., -
U.S.A., 1976.
- U.S. EPA "Environmental Control Alternatives: Municipal --
Wastewater", Cinn. Ohio. U.S.A., 1979

U.S. Environmental Research Laboratory. "Biodegradation and Treatability of Specific Pollutants", Cinn. Ohio. -- 1979.

W. O. BRANCHE, Water Quality Source Book, "Inland waters - directoriate", Ottawa, Canada. 1979.

WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION, AMERICAN WATER WORKS - ASSOCIATION & AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, -- (editores), Standar Methods, "For the Examination - of Water and Wastewater", 15a. ed., Wash. D.C., - - 1980, pp. 1134.

BIBLIOGRAFIA

CITADA

- ALEXANDER, M. and B.K. LUSTIGMAN. 1966 Effect of chemical structure on microbial degradation of substituted benzens, J. Agr Food Chem. 14 (4) : 410-413.
- ANDERSON, J.W. 1974 The Effects of Oil on Estuarine Animals: Toxicity, Uptake, Depuration and Respiration. Pollution and Physiology of Marine Organisms. Academic Press Inc., New York.
- BLUMER, M. (1970). Oil Contamination and the living Resources of the Sea. Food and Agriculture Organization. Tech. Conf. Rome. FIRE: MP/70/R-I, IIP.
- BIESINGER, K.E. and G.M. CHRISTIANSEN (1972) Effects of Various Metals on Survival Growth, Reproduction and Metabolism of Daphnia magna. Jour. Fish. Res. VD. of CANADA, 29:1691.
- BRANDT, H.H. (1948) Intensified Injurious effects of Fish, Especially the Increased Toxic effect Produced by Combination of Sewage Poisons. Beitr. Was. Abwass - Fischereicheimi. 15.
- BRINGMANN, G. and R. Kuehn (1972) Biological Descomposition of Nitrotoluenes and Nitrobenzenes by Azotobacter agilis. Geoundh. Ing. 92(9) : 273-276; ca. 76:49516f (Abstract only).
- BROCKWAY, D.C. (1973). The Uptake, Storage and Release of Dieldrin and some effects of its release in the Fish, Cichlosoma bimaculatum (Linnaeus). Diss. Abst. Int. 33:34, 236.

- BUGBEE, L. and C.M. Walter (1973). "The Response of Macro-invertebrates to Gasoline Pollution in a Mountain -- Stream". Page 725. in: Prevention and Control of Oil Spills, Proceedings of Simposium March 13-17, Washington D.C.
- DAVIS, P.H. and W.H. EVERHART (1973). Effects of Chemical-Variations in Acuatic Evironment: Vol. III. Lead Toxicity to Rainbow Trout and Testing Applications Factor Concept, Ecol. Res. Series Report, EPA-R3-73-011, US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.
- DOUDORFF, P. and M. KATZ. (1953). Critical Review of Literature on the Toxicity of Industrial Waste and their Components to Fish. II, the Metals, as salts Sew. -- Ind. Wastes, 25: 302.
- GAUFIN, A. R. et. al. (1965). The Toxicity of ten Organic-Insecticides of Various Aquatic Invertebrates, Water Sem. Works. 12:376.
- HERBES, S. E. and L.R. SCHWALL (1978). Microbial Transformation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Pristine and Petroleum Contaminated Sediment. Appl. Environ. Microbiol. 35(2):302-316.
- IVERSON, W.P. et. al. (1975). "Biological and Nonbiological Transformations of Mercury in Aquatics Systems." pp. 193-195. in: Heavy Metals in the Aquatic Environment, P.A. KRENKEL (ed.) Pergamon Press. Oxford ENGLAND. 352p.
- JARVINEN, A.W., et. al. (1977). Long term Toxic effects of DDT Food and Water exposure an Fathead Minnows --

- (Pimephales promelas) Jour. Fish. Res. Board. CANADA. 34:2089.
- KNEPP, G.L. and G.F. ARKIN (1973). Ammonia Toxicity Levels and Nitrate Tolerance of Channel Catfish. The Progressive Fish Culturist. 35:221.
- LAUG, E.P. et. al. (1950). Liver Cell Alteration and DDT Storage in the Fat of the Rat Induced by Dietary Levels by/ to 50 ppm DDT. Jour. Pharmacol. Exp. Ther. 98:268.
- LeCLERCK, E. and F. DEULAMINCK (1955). Fish Toxicity Test and Water Quality, Bull. de Belge Condument Eaux. 28:11.
- LEE, R.F. and J.W. ANDERSON. (1967) Fate and Effect of Naphthalenes: Controlled Ecosystem Pollution experiment. Bull. Mar. Sci. 27:127.
- LEE, R.F. and C. RYAN. (1976) "Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons by Marine Microbes." in: Proceedings of Third International Conference on Biodegradation. Applied Science Publishers. LONDON.
- LEIGHTON, P.A. and F.A. LUCY (1934). The Photoisomerization of the O-Nitrobenzaldehydes. J. Chem. Phys. 2:756-759.
- LIEBMAN, H. (1960) Handbuch der Fishwasser und Abwasserbiologie II. München.
- LU, P. and R.L. METCALF (1975). Environmental Fate and Biodegradability of Benzene Derivates as Studied in a Model Aquatic Ecosystem. Environ. Health Perspect. 10: 269-284.

- MACKAY, D. and A.W. WALKOFF (1973). Rate of Evaporation of Low Solubility Contaminants from Water Bodies to Atmosphere Environ. Sci. Technol. 9(13):1178-1180.
- MACKENTHUM, K.M. (1973) Toward a Cleaner Aquatic Environment. U.S. EPA WASHINGTON D.C.
- MINOROU, D.G. (1970). "The Effect of Oil Pollution on Flora and Fauna of the Black Sea." In: Proceeding: FAO -- conference on Marine Pollution and its effects on -- living resources and fish Rome December 1970, E-92. -- Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- MC.KEE and WOLF (1963). Water Quality Criteria. State Water Quality Control. Board. Sacramento, California.
- MC.LEAY, D.J. (1976). Rapid Method for Measuring acute Toxicity of Pulpmill Effluents and other Toxicants to Salmonid Fish at Ambient Room Temperature. Jour. -- Fish. Res. Board. CANADA. 33:1303.
- MORRISON, H.A. (1969). The Photochemistry of the Nitro and Nitroso Groups H. Feuer (ed). The Chemistry of the Nitro and Nitroso Groups. Part 1, Chap. IV. pp. 165-212. Interscience Publishers, New York.
- NEELY, W.B. et. al. (1974). Partition Coefficient to Measure Bioconcentration Potential of Organic Chemicals in Fish. Environ. Sci. Technol. 8:1113-1115.
- PHILLIPS, G.R. and R.C. RUSSO (1978). Metal Bioaccumulation in Fishes and Aquatic Invertebrates. U.S. EPA, Environmental Research Laboratory, Duluth, Minn (EPA 600/3-78-103). 116P.

- RADDING, S.B. et. al. (1976). The Enviromental Fate of Selected Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. U.S. EPA - (Office of Toxic Sub.). Wash. D.C., 122p. (EPA 560/5-75-009).
- RUEDEMAN, R. and W.B. DERCHMANN (1953). Blood Phenol Level after Topical Application of Phenol-Containing Preparations. Jour. Am. Med. Assoc. 152:506.
- SANDERS, H.O. (1972). Toxicity of Some Insecticides to - - Four Species of Malacostracans crustaceans. Bur. - - Sport Fish. Wild. Tech. 6619.
- STEVENS, B. and B.e. ALGAR (1968). Photo Peroxidation of - Unsaturated Organic Molecules. II. Autoperoxidation of Aromatic Hydrocarbons. Jour. Chem. 72(0):3468-3474.
- THOM, N.S. and A.R. AGG (1975) The Breakdown of Synthetic-Organic Compouns in Biological Processes. Proc. Roi. Soc. Land. B189:347-357.
- WALKER, A.I.T. et. al. (1972). The Toxicology of Dieldrin. Long-term Oral Toxicity Studies in Mise. Food Cosmet. Toxicol. 11:415.
- WARE, S.A. and W.L. WEST (1977). Investigation of Selected Potential Enviromental Contaminants: Halogenated Benenes. U.S. EPA, Office of Toxic Substances. Washington D.C. (EPA 560/2-77-004), 283p.
- WUHRMAN, K. et. al. (1947). Uber die Fischereibiologische-Bedeutung des Ammonium-und Ammonioakgehaltes Fliess-ender Gewässer. Vjchr. Naturf. Ges. Zurich. 92:198.

SITIO DE MUESTRO. RIO SAN JAVIER

| PARAMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|---------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 340.0 | 345.0 | 568.0 | 140.0 | 194.0 | 546.0 | 355.5 | 18.86 |
| PH (unidades) | 7.5 | 6.0 | 6.0 | 6.5 | 7.2 | 7.6 | 6.8 | 0.72 |
| Cond. Electrica (Uoms/cm) | 3532.5 | 6594.0 | 3249.9 | 3061.5 | 5691.1 | 3532.5 | 4276.9 | 1483.85 |
| Boro | 3.9 | 4.9 | 5.5 | 5.5 | 12.0 | 11.6 | 7.28 | 3.57 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 5351.7 | 10476.0 | 5007.3 | 3861.8 | 4966.6 | 5239.3 | 5817.11 | 2343.42 |
| Solidos Disueltos Totales | 2324.0 | 5236.0 | 2256.0 | 2270.0 | 4024.0 | 2876.0 | 3164.0 | 1220.0 |
| Solidos Suspendedos Totales | 3027.7 | 5240.0 | 2751.3 | 1591.8 | 942.6 | 2363.3 | 2652.7 | 1481.76 |
| Solidos Sedimentables (ml/lit) | 50.0 | 180.0 | 28.0 | 50.0 | 60.0 | 70.0 | 73.0 | 54.24 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D Q O | 916.32 | 2420.0 | 660.0 | 1428.4 | 1146.8 | 892.8 | 1244.0 | 632.17 |
| D B O | 475.0 | 1100.0 | 490.0 | 920.0 | 697.0 | 601.0 | 713.83 | 249.71 |
| C O T | 230.0 | 650.0 | 315.0 | 475.0 | 410.0 | 345.0 | 404.2 | 146.47 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 75.6 | 66.3 | 79.6 | 60.8 | 60.7 | 51.5 | 65.75 | 10.41 |
| Nitrogeno Amoniacal | 68.14 | 50.48 | 38.91 | 17.0 | 26.9 | 22.1 | 37.25 | 19.38 |
| Nitratos, Nitritos | 5.06 | 12.88 | 8.96 | 13.83 | 2.36 | 4.71 | 7.96 | 4.69 |
| Fosforo Total | 48.61 | 48.1 | 229.98 | 78.88 | 67.73 | 111.24 | 97.39 | 68.97 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A A M | 3.82 | 1.33 | 9.11 | 4.97 | 4.26 | 3.25 | 4.45 | 2.59 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 722.0 | 2293.3 | 1093.6 | 346.4 | 652.8 | 724.8 | 972.15 | 689.56 |

Cont....

SITIO DE MUESTREO: RIO SAN JAVIER

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-----------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 18.6 | 8.39 | 5.81 | 18.1 | 36.0 | 26.9 | 18.96 | 11.34 |
| Hierro Total | 21.2 | 18.21 | 29.0 | 29.72 | 115.7 | 68.4 | 47.03 | 38.19 |
| Plobo Soluble | 0.030 | 0.297 | 0.062 | 0.030 | 0.274 | 0.059 | 0.125 | 0.125 |
| Plobo Total | 0.070 | 0.417 | 0.172 | 0.063 | 0.307 | 0.169 | 0.199 | 0.138 |
| Mercurio Soluble | 0.0065 | 0.0037 | 0.0004 | 0.0029 | 0.0055 | 0.0018 | 0.0034 | 0.0022 |
| Mercurio Total | 0.0131 | 0.0094 | 0.0005 | 0.0042 | 0.0040 | 0.0074 | 0.0064 | 0.0044 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | ND | 0.004 | ND | 0.125 | 0.003 | 0.091 | 0.055 | 0.061 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.0109 | 0.0147 | 0.0258 | 0.0369 | 0.0201 | 0.0284 | 0.022 | 0.0095 |
| Pireno | 0.126 | 0.147 | 0.214 | 0.263 | 0.134 | 0.064 | 0.15 | 0.070 |
| Fenol | 0.001 | 0.014 | 0.069 | 0.021 | 0.012 | 0.051 | 0.028 | 0.026 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|
| D D T | NE | 0.005 | 0.147 | 0.259 | ND | 0.171 | 0.145 | 0.105 |
| Aldrin | NE | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | NE | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 47.0 | 163.0 | 198.0 | 121.0 | 137.2 | 129.74 | 132.65 | 50.38 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 89.0 | 193.0 | 367.0 | 280.0 | 167.5 | 142.4 | 206.48 | 100.77 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/Lt, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO. RIO TLALNEPANTLA

| PARÁMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|--------|--------|--------|---------|--------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 588.0 | 636.0 | 622.0 | 456.0 | 522.0 | 438.0 | 543.66 | 64.79 |
| PH (unidades) | 7.5 | 7.0 | 6.5 | 6.5 | 7.5 | 7.5 | 7.08 | 0.49 |
| Cond. Eléctrica (Uhm/cm) | 2001.1 | 1884.0 | 2331.4 | 1789.8 | 2449.2 | 1224.6 | 1946.6 | 436.6 |
| Duro | 3.2 | 3.6 | 4.4 | 4.4 | 5.2 | 7.6 | 4.7 | 1.5 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Sólidos Totales | 1732.7 | 1400.6 | 2330.4 | 1484.2 | 1847.7 | 1127.0 | 1653.76 | 417.61 |
| Sólidos Disueltos Totales | 1616.0 | 978.0 | 1422.0 | 1330.0 | 1786.0 | 958.0 | 1348.3 | 334.2 |
| Sólidos Suspendidos Totales | 116.7 | 422.6 | 908.4 | 154.2 | 61.7 | 169.0 | 305.4 | 320.5 |
| Sólidos Sedimentables (ml/lt) | 1.2 | 3.0 | 1.5 | 3.0 | 1.5 | 1.5 | 1.95 | 0.82 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D Q O | 756.9 | 500.0 | 460.0 | 833.2 | 1.034.0 | 781.2 | 722.5 | 215.4 |
| D B O | 520.0 | 425.0 | 386.0 | 580.0 | 405.9 | 389.9 | 451.13 | 80.0 |
| C O T | 183.3 | 246.0 | 110.5 | 210.4 | 160.2 | 145.9 | 176.0 | 48.1 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrógeno Total | 48.7 | 31.3 | 49.6 | 56.4 | 35.7 | 42.8 | 44.1 | 9.36 |
| Nitrógeno Amóniacal | 40.6 | 24.6 | 23.8 | 15.0 | 29.1 | 37.8 | 28.4 | 9.51 |
| Nitratos, Nitritos | 2.1 | 6.7 | 2.3 | 1.4 | 1.8 | 3.0 | 2.5 | 1.1 |
| Fósforo Total | 8.8 | 15.4 | 13.2 | 9.9 | 4.4 | 3.6 | 9.2 | 4.6 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A A M | 1.3 | 4.08 | 9.11 | 3.48 | 3.76 | 2.91 | 4.10 | 2.64 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 267.2 | 88.0 | 65.6 | 490.8 | 70.4 | 34.8 | 55.7 | 23.1 |

Cont....

SITIO DE MUESTREO: RIO ILALNEPANILA

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 8.0 | 1.4 | 1.3 | 2.6 | 4.3 | 1.2 | 3.16 | 2.64 |
| Hierro Total | 17.0 | 7.4 | 3.4 | 8.3 | 6.2 | 2.0 | 7.39 | 5.27 |
| Plobo Soluble | 0.080 | 0.01 | 0.238 | 0.120 | 0.098 | 0.119 | 0.110 | 0.074 |
| Plobo Total | 0.089 | 0.179 | 0.355 | 0.122 | 0.204 | 0.219 | 0.194 | 0.092 |
| Mercurio Soluble | 0.0012 | 0.0010 | 0.003 | 0.0029 | 0.0023 | 0.008 | 0.0030 | 0.0025 |
| Mercurio Total | 0.0129 | 0.0028 | 0.0008 | 0.0034 | 0.017 | 0.026 | 0.010 | 0.0098 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | 2.45 | 3.65 | 5.89 | 2.87 | 2.61 | 2.97 | 3.40 | 1.28 |
| 1.4 - Dicloro Benceno | 1.1 | 1.69 | 1.52 | 1.68 | 1.02 | 1.58 | 1.43 | 0.29 |
| Naftaleno | 0.035 | 0.047 | 0.0058 | 0.071 | 0.036 | 0.029 | 0.037 | 0.021 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Pireno | 0.0055 | 0.0125 | 0.0147 | 0.0036 | 0.006 | 0.003 | 0.0075 | 0.0048 |
| Fenol | 0.19 | 0.009 | 0.025 | 0.214 | 0.054 | 0.041 | 0.088 | 0.089 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|-------|-------|-------|----|-------|--------|--------|
| D D T | NE | 0.007 | 0.004 | 0.004 | ND | 0.004 | 0.0047 | 0.0015 |
| Aldrin | NE | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | NE | 0.008 | 0.006 | 0.009 | ND | 0.004 | 0.0067 | 0.0022 |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Coliformes Fecales | 68.0 | 115.0 | 310.0 | 296.0 | 117.0 | 116.0 | 170.33 | 104.52 |
| Coliformes Totales | 126.0 | 370.0 | 410.0 | 469.0 | 284.0 | 349.0 | 334.66 | 119.40 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/lit, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO. RIO REMEDIOS

| PARAMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 308.0 | 364.0 | 350.0 | 412.0 | 326.0 | 282.0 | 340.33 | 45.70 |
| pH (unidades) | 7.5 | 6.0 | 6.0 | 6.5 | 7.5 | 7.5 | 6.83 | 0.75 |
| Cond. Electrica (Uhans/cm) | 1083.0 | 1139.8 | 1295.2 | 1530.7 | 1318.8 | 654.69 | 1170.36 | 297.3 |
| Boro | 1.25 | 0.93 | 1.65 | 1.65 | 2.23 | 1.88 | 1.60 | 0.45 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 1089.4 | 950.0 | 1293.6 | 784.4 | 1178.5 | 1029.3 | 1054.2 | 177.91 |
| Solidos Disueltos Totales | 840.0 | 664.0 | 812.0 | 516.0 | 770.0 | 472.0 | 679.0 | 155.9 |
| Solidos Suspendidos Totales | 249.4 | 286.0 | 481.6 | 288.4 | 408.5 | 557.3 | 375.2 | 127.1 |
| Solidos Sedimentables (ml/lit) | 15.0 | 6.0 | 7.5 | 5.5 | 7.5 | 5.5 | 7.8 | 3.62 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D O O | 398.4 | 420.0 | 300.0 | 634.8 | 282.0 | 297.6 | 388.81 | 133.58 |
| D H O | 235.0 | 360.0 | 280.0 | 440.0 | 196.0 | 215.0 | 287.66 | 94.81 |
| C O T | 89.9 | 135.1 | 183.0 | 236.0 | 100.5 | 160.1 | 150.76 | 54.53 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrógeno Total | 34.44 | 39.48 | 50.7 | 64.0 | 48.1 | 29.6 | 44.38 | 12.48 |
| Nitrógeno Amoniacoal | 30.04 | 30.80 | 26.9 | 22.0 | 23.5 | 24.3 | 26.25 | 3.6 |
| Nitratos, Nitritos | 1.20 | 3.68 | 2.96 | 3.8 | 1.0 | 2.3 | 2.50 | 1.2 |
| Fósforo Total | 22.48 | 13.73 | 10.12 | 8.6 | 4.7 | 7.48 | 11.18 | 6.28 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A A M | 3.7 | 6.25 | 10.57 | 6.97 | 6.90 | 6.74 | 6.85 | 2.19 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 741.2 | 26.0 | 77.7 | 84.0 | 367.2 | 56.8 | 225.4 | 281.4 |

Cont....

SITIO DE MUESTREO: RIO REMEDIOS

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|--------|-------|--------|--------|--------|-----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 3.17 | 1.03 | 1.6 | 2.6 | 6.42 | 1.6 | 2.73 | 1.96 |
| Hierro Total | 8.0 | 8.9 | 4.5 | 8.2 | 6.8 | 7.8 | 7.36 | 1.55 |
| Picno Soluble | 0.004 | 0.120 | 0.120 | 0.10 | 0.003 | 0.112 | 0.076 | 0.057 |
| Picno Total | 0.089 | 0.297 | 0.132 | 0.179 | 0.162 | 0.119 | 0.163 | 0.072 |
| Mercurio Soluble | 0.0033 | 0.0008 | 0.003 | 0.0027 | 0.0031 | 0.0019 | 0.0024 | 0.00095 |
| Mercurio Total | 0.0084 | 0.0021 | 0.008 | 0.0033 | 0.0074 | 0.0029 | 0.0053 | 0.0028 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | 0.042 | 0.054 | 0.114 | 0.098 | 0.061 | 0.09 | 0.076 | 0.0 28 |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | ND | 0.005 | 0.004 | 0.036 | 0.003 | 0.006 | 0.0108 | 0.0141 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Pireno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Fenol | 0.31 | 0.098 | 0.123 | 0.258 | 0.108 | 0.201 | 0.183 | 0.087 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|--------|-------|-------|----|-------|--------|-------|
| D D T | NE | ND | 0.008 | 0.006 | ND | 0.005 | 0.006 | 0.001 |
| Aldrin | NE | 0.0007 | ND | ND | ND | ND | 0.0007 | 0.0 |
| Dieldrin | NE | ND | 0.009 | ND | ND | ND | 0.002 | 0.0 |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Coliformes Fecales | 113.0 | 57.0 | 125.0 | 256.0 | 148.5 | 161.0 | 143.41 | 65.91 |
| Coliformes Totales | 147.0 | 191.0 | 257.0 | 376.0 | 186.1 | 170.3 | 221.23 | 84.24 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/lt, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO. GRAN CANAL (ARAGON)

| PARAMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 424.0 | 482.0 | 424.0 | 354.0 | 454.0 | 428.0 | 427.66 | 42.65 |
| PH (unidades) | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.5 | 7.6 | 7.16 | 0.25 |
| Cond. Electrica (Uohms/cm) | 1318.8 | 1365.9 | 1417.7 | 1177.5 | 1460.0 | 1083.3 | 1303.86 | 145.61 |
| Boro | 0.53 | 0.28 | 0.86 | 0.82 | 1.08 | 1.25 | 0.8 | 0.35 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 980.2 | 1352.5 | 1234.0 | 921.0 | 935.6 | 923.4 | 1057.78 | 187.41 |
| Solidos Disueltos Totales | 962.0 | 1132.0 | 978.0 | 798.0 | 872.0 | 820.0 | 927.0 | 124.06 |
| Solidos Suspendedos Totales | 18.2 | 220.5 | 256.0 | 123.0 | 63.6 | 103.4 | 130.78 | 91.35 |
| Solidos Sedimentables (ml/lit) | 1.5 | 3.0 | 4.0 | 2.0 | 3.0 | 1.5 | 2.5 | 1.0 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D O O | 818.72 | 420.0 | 358.0 | 396.8 | 545.2 | 372.0 | 485.12 | 176.57 |
| L B O | 328.0 | 320.0 | 260.0 | 342.8 | 319.0 | 336.8 | 317.76 | 29.78 |
| C O P | 189.9 | 200.2 | 210.5 | 205.3 | 190.5 | 178.95 | 195.89 | 11.59 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 35.0 | 43.68 | 61.97 | 67.37 | 34.7 | 32.4 | 34.06 | 16.44 |
| Nitrogeno Amiacal | 21.8 | 30.8 | 26.4 | 17.0 | 15.7 | 22.4 | 22.21 | 5.44 |
| Nitratos, Nitritos | 8.2 | 6.88 | 13.42 | 17.36 | 6.65 | 5.46 | 9.66 | 4.96 |
| Fosforo Total | 5.28 | 16.9 | 10.56 | 9.83 | 4.69 | 5.03 | 8.71 | 4.75 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A M | 4.72 | 4.57 | 7.65 | 7.65 | 6.14 | 7.90 | 6.43 | 1.52 |
| 1.6 ACEPITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 44.88 | 60.4 | 92.0 | 110.4 | 307.6 | 112.4 | 121.28 | 95.19 |

Cont...

SITIO DE MUESTREO: GRAN CAMAL (ARAGON)

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 1.5 | 2.78 | 0.3 | 0.9 | 0.29 | 1.76 | 1.37 | 0.85 |
| Hierro Total | 3.0 | 5.0 | 2.78 | 1.39 | 4.67 | 2.46 | 3.21 | 1.37 |
| Plomo Soluble | 0.060 | 0.01 | 0.01 | 0.061 | 0.023 | 0.033 | 0.032 | 0.023 |
| Plomo Total | 0.162 | 0.297 | 0.266 | 0.279 | 0.178 | 0.258 | 0.24 | 0.056 |
| Mercurio Soluble | 0.0100 | 0.0009 | 0.0005 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.0039 | 0.0034 |
| Mercurio Total | 0.0135 | 0.0027 | 0.0091 | 0.0038 | 0.015 | 0.009 | 0.0088 | 0.0049 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | 0.00057 | 0.0021 | 0.0065 | 0.0098 | 0.001 | 0.0053 | 0.0042 | 0.0036 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.0642 | 0.0540 | 0.0231 | 0.00289 | 0.009 | 0.08 | 0.043 | 0.027 |
| Pireno | 0.0062 | 0.0012 | 0.0023 | 0.0014 | 0.0009 | 0.001 | 0.0025 | 0.0028 |
| Fenol | 0.003 | 0.021 | 0.042 | 0.060 | 0.018 | 0.045 | 0.031 | 0.021 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|----|----|---|---|
| D D T | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Aldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Coliformos Fecales Mill.col/100ml | 127.0 | 137.0 | 196.0 | 143.0 | 125.0 | 189.0 | 152.18 | 31.47 |
| Coliformos Totales Mill.col/100ml | 169.0 | 168.0 | 235.0 | 174.0 | 167.0 | 234.0 | 191.16 | 33.65 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/Lt, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO. GRAN CANAL (CERRO GORDO)

| PARAMETRO CONTAMINANTE, | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 484.0 | 458.0 | 488.0 | 400.0 | 352.0 | 352.0 | 422.33 | 62.89 |
| PH (unidades) | 6.0 | 6.0 | 6.5 | 6.0 | 7.0 | 7.5 | 6.5 | 0.63 |
| Cond. Electrica (Umoms/cm) | 1413.0 | 1365.9 | 1766.2 | 1554.3 | 1036.2 | 942.0 | 1346.26 | 311.13 |
| Boro | 1.092 | 0.932 | 0.936 | 0.976 | 0.810 | 1.514 | 1.04 | 0.24 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 1210.6 | 1242.5 | 1447.9 | 1164.9 | 704.1 | 613.1 | 1064.3 | 329.94 |
| Solidos Disueltos Totales | 1044.0 | 814.0 | 1170.0 | 1028.0 | 594.0 | 592.0 | 873.66 | 245.66 |
| Solidos Suspensidos Totales | 166.6 | 428.5 | 277.9 | 136.9 | 110.1 | 21.1 | 190.18 | 143.44 |
| Solidos Sedimentables (ml/lt) | 1.8 | 4.5 | 4.0 | 2.5 | 2.0 | 1.5 | 2.71 | 1.24 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D O O | 914.3 | 420.0 | 300.0 | 555.5 | 244.4 | 323.2 | 459.9 | 248.88 |
| B B O | 470.0 | 260.0 | 234.6 | 354.8 | 168.2 | 221.0 | 284.76 | 109.54 |
| C O T | 178.6 | 110.7 | 123.6 | 98.7 | 80.12 | 125.1 | 119.48 | 33.49 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 32.5 | 43.12 | 54.30 | 66.92 | 20.7 | 30.2 | 41.24 | 17.08 |
| Nitrogeno Amnical | 24.9 | 22.96 | 23.7 | 21.0 | 15.6 | 16.6 | 20.82 | 3.81 |
| Nitratos, Nitritos | 5.43 | 12.16 | 13.67 | 15.92 | 3.1 | 3.4 | 8.94 | 5.63 |
| Fosforo Total | 10.35 | 14.85 | 12.78 | 9.83 | 8.914 | 7.91 | 10.77 | 2.58 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A M | 4.05 | 4.76 | 8.98 | 8.15 | 4.72 | 8.54 | 6.53 | 2.24 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 18.4 | 51.6 | 92.8 | 126.0 | 186.4 | 49.6 | 87.46 | 61.30 |

Cont....

SITIO DE MUESTREO: GRAN CANAL (CERRO GORDO)

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-----------------------------|-----------------|-------|-------|--------|--------|-------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 6.00 | 1.6 | 1.03 | 0.51 | 7.02 | 2.35 | 3.08 | 2.74 |
| Hierro Total | 8.250 | 3.9 | 4.13 | 2.84 | 8.56 | 4.12 | 5.3 | 2.45 |
| Plomo Soluble | 0.075 | 0.002 | 0.012 | 0.061 | 0.015 | 0.052 | 0.036 | 0.030 |
| Plomo Total | 0.210 | 0.006 | 0.035 | 0.297 | 0.153 | 0.101 | 0.13 | 0.10 |
| Mercurio Soluble | 0.0046 | 0.003 | 0.001 | 0.0032 | 0.0095 | 0.015 | 0.0060 | 0.0052 |
| Mercurio Total | 0.0137 | 0.054 | 0.004 | 0.0024 | 0.017 | 0.021 | 0.019 | 0.017 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | 0.137 | 0.098 | 0.129 | 0.095 | 0.105 | 0.112 | 0.112 | 0.017 |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | ND | 0.0098 | 0.0010 | 0.009 | 0.0015 | 0.0012 | 0.0045 | 0.0044 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.124 | 0.159 | 0.196 | 0.231 | 0.013 | 0.215 | 0.15 | 0.08 |
| Pireno | 0.033 | 0.025 | 0.016 | 0.032 | 0.035 | 0.032 | 0.028 | 0.007 |
| Fenol | 0.006 | 0.009 | 0.005 | ND | 0.006 | 0.008 | 0.0068 | 0.0016 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|--------|--------|--------|----|-------|--------|-------|
| D D T | NE | 0.0025 | 0.0035 | 0.0028 | ND | 0.001 | 0.0024 | 0.001 |
| Aldrin | NE | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | NE | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 128.0 | 116.0 | 68.0 | 137.0 | 117.6 | 113.14 | 113.29 | 23.89 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 178.0 | 154.0 | 131.0 | 175.0 | 161.3 | 126.4 | 153.98 | 22.19 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/Lt, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO. GRAN CANAL (SAN LAZARO)

| PARAMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|-------|--------|-------|--------|-------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 360.0 | 370.0 | 392.0 | 308.0 | 352.0 | 352.0 | 355.66 | 27.72 |
| pH (unidades) | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 7.0 | 0.0 |
| Corri. Electrica (Uhrs/Cm) | 1036.0 | 989.0 | 1083.0 | 942.0 | 1036.2 | 942.0 | 1004.7 | 58.94 |
| boro | 0.52 | 0.75 | 0.99 | 1.14 | 0.81 | 1.51 | 0.95 | 0.34 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 864.0 | 776.6 | 888.0 | 916.0 | 704.1 | 613.1 | 791.96 | 116.55 |
| Solidos Disueltos Totales | 732.0 | 670.0 | 784.0 | 718.0 | 594.0 | 592.0 | 681.66 | 77.70 |
| Solidos Suspendidos Totales | 132.0 | 106.6 | 104.0 | 198.0 | 110.1 | 21.1 | 111.96 | 56.84 |
| Solidos Sedimentables (ml/lit) | 1.0 | 1.5 | 4.0 | 1.5 | 2.0 | 1.5 | 1.91 | 1.06 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D Q O | 597.6 | 340.0 | 380.0 | 595.0 | 244.4 | 223.2 | 396.73 | 165.26 |
| D B O | 143.0 | 250.0 | 198.5 | 234.6 | 205.3 | 168.2 | 206.6 | 30.87 |
| C O T | 108.6 | 123.9 | 108.6 | 165.7 | 120.3 | 110.5 | 122.93 | 21.91 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 23.5 | 52.64 | 45.76 | 56.5 | 20.71 | 36.41 | 39.22 | 14.98 |
| Nitrogeno Amoniacal | 21.0 | 21.84 | 23.6 | 18.0 | 15.6 | 16.8 | 19.43 | 3.13 |
| Nitratos, Nitritos | 2.0 | 3.8 | 1.76 | 2.98 | 1.36 | 2.56 | 2.41 | 0.89 |
| Fosforo Total | 1.58 | 14.51 | 8.36 | 11.61 | 2.91 | 1.91 | 6.81 | 5.50 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A A M | 1.38 | 4.76 | 3.54 | 6.34 | 4.72 | 8.15 | 4.81 | 2.31 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 16.8 | 48.0 | 199.2 | 105.2 | 186.4 | 99.6 | 109.2 | 72.73 |

SITIO DE MUESTREO: GRAN CANAL (SAN LAZARO)

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 2.8 | 1.0 | 0.96 | 1.12 | 1.32 | 1.56 | 1.46 | 0.69 |
| Hierro Total | 3.5 | 3.42 | 1.46 | 1.21 | 3.65 | 5.36 | 5.10 | 1.54 |
| Plobo Soluble | 0.043 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.021 | 0.013 | 0.012 | 0.013 |
| Plobo Total | 0.023 | 0.01 | 0.059 | 0.01 | 0.125 | 0.089 | 0.064 | 0.046 |
| Mercurio Soluble | 0.0048 | 0.0015 | 0.0065 | 0.0027 | 0.006 | 0.001 | 0.0037 | 0.0023 |
| Mercurio Total | 0.0085 | 0.0025 | 0.0072 | 0.0031 | 0.008 | 0.005 | 0.0057 | 0.0025 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | 0.117 | 0.105 | 0.096 | 0.087 | 0.098 | 0.088 | 0.098 | 0.011 |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | 0.079 | 0.028 | 0.069 | 0.123 | 0.082 | 0.0763 | 0.082 | 0.012 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.0169 | 0.0012 | 0.026 | 0.032 | 0.021 | 0.019 | 0.019 | 0.010 |
| Pireno | 0.0030 | 0.0018 | 0.0036 | ND | 0.0015 | 0.0030 | 0.0025 | 0.00028 |
| Fenol | 0.044 | 0.089 | 0.123 | 0.079 | 0.018 | 0.045 | 0.066 | 0.032 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|----|--------|--------|----|----|---------|---------|
| D D T | NE | ND | 0.0015 | 0.0012 | ND | ND | 0.00085 | 0.00049 |
| Aldrin | NE | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | NE | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 170.0 | 96.0 | 132.0 | 187.0 | 125.8 | 149.6 | 143.4 | 32.6 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 186.0 | 169.0 | 165.0 | 219.0 | 188.6 | 198.9 | 187.7 | 19.8 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/lit, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO. XOCHITLACA

| PARÁMETRO CONTAMINANTE | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|---------|---------|---------|---------|----------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 418.0 | 474.0 | 396.0 | 250.0 | 422.0 | 356.0 | 386.0 | 76.8 |
| PH (unidades) | 8.0 | 7.5 | 7.5 | 7.0 | 6.5 | 7.5 | 7.3 | 0.33 |
| Cond. Electrica (Uhm/cm) | 1,365.9 | 1,507.2 | 1,413.0 | 1,130.0 | 1,154.0 | 1,224.60 | 1,299.18 | 152.1E |
| Boro | 0.594 | 2.176 | 0.742 | 0.742 | 1.250 | 2.240 | 1.24 | 0.74 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 1,414.6 | 1,961.6 | 1,127.1 | 2,268.0 | 968.8 | 911.2 | 1,441.8 | 558.18 |
| Solidos Disueltos Totales | 872.0 | 1,006.0 | 874.0 | 806.0 | 894.0 | 756.0 | 868.0 | 85.04 |
| Solidos Suspendidos Totales | 542.0 | 955.6 | 253.1 | 1,462.0 | 74.8 | 155.2 | 573.8 | 540.8 |
| Solidos Sedimentables (ml/lt) | 10.2 | 13.0 | 7.5 | 11.0 | 1.25 | 2.0 | 7.49 | 4.88 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| DQO | 293.04 | 300.0 | 300.0 | 372.82 | 244.4 | 223.2 | 288.9 | 52.2 |
| BBO | 175.0 | 210.0 | 193.0 | 162.0 | 171.3 | 190.1 | 184.5 | 16.06 |
| COT | 80.6 | 110.4 | 158.6 | 101.3 | 109.6 | 79.61 | 106.68 | 28.89 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 31.1 | 56.3 | 60.1 | 67.2 | 43.1 | 27.7 | 47.5 | 16.17 |
| Nitrogeno Amoniacal | 22.4 | 30.8 | 27.3 | 25.0 | 19.6 | 16.2 | 23.5 | 5.28 |
| Nitratos, Nitritos | 6.70 | 5.5 | 3.4 | 4.2 | 7.2 | 10.4 | 6.28 | 2.49 |
| Ph. Fono Total | 3.29 | 13.06 | 10.56 | 10.16 | 2.35 | 3.69 | 7.18 | 4.59 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S.A.M | 4.23 | 5.06 | 7.90 | 7.42 | 5.85 | 6.74 | 6.2 | 1.41 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 305.6 | 221.6 | 125.6 | 231.2 | 201.2 | 52.0 | 186.2 | 95.08 |

Cont.....

SITIO DE MUESTREO. XOCHIACA

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 1.5 | 0.696 | 0.121 | 0.333 | 1.342 | 0.302 | 0.715 | 0.579 |
| Hierro Total | 3.78 | 4.75 | 3.0 | 6.67 | 3.06 | 5.48 | 4.46 | 1.44 |
| Plomo Soluble | 0.123 | 0.25 | 0.10 | 0.170 | 0.368 | 0.09 | 0.173 | 0.112 |
| Plomo Total | 0.60 | 0.415 | 0.266 | 1.000 | 0.49 | 0.19 | 0.49 | 0.28 |
| Mercurio Soluble | 0.0028 | 0.0018 | 0.0002 | 0.0027 | 0.0015 | 0.002 | 0.0018 | 0.00044 |
| Mercurio Total | 0.0086 | 0.0051 | 0.0004 | 0.0029 | 0.007 | 0.007 | 0.0055 | 0.0033 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | 0.022 | 0.066 | 0.053 | 0.032 | 0.0316 | 0.0215 | 0.037 | 0.017 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.0360 | 0.0121 | 0.0266 | 0.0111 | 0.0258 | 0.0258 | 0.022 | 0.0095 |
| Pireno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Fenol | 0.10 | 0.097 | 0.0572 | 0.0465 | 0.012 | 0.105 | 0.069 | 0.037 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|-------|-------|--------|----|-------|-------|-------|
| D D T | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Aldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | ND | 0.012 | 0.016 | 0.0095 | ND | 0.015 | 0.026 | 0.007 |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|------|--------|-------|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 88.0 | 126.0 | 109.0 | 58.10 | 79.0 | 21.0 | 80.18 | 37.36 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 147.0 | 140.0 | 112.25 | 60.79 | 138.0 | 48.0 | 107.60 | 43.10 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/Lt, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO. CANAL DE MIRAMONTES

| PARAMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|-------|-------|--------|-------|-------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 312.0 | 280.0 | 288.0 | 224.0 | 252.0 | 266.0 | 270.3 | 30.4 |
| PH (unidades) | 8.0 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 6.8 | 7.0 | 7.34 | 0.426 |
| Concl. Electrica (Uhoms/cm) | 989.1 | 942.0 | 989.1 | 847.8 | 942.0 | 847.8 | 926.2 | 64.3 |
| Boro | 0.214 | 1.14 | 0.686 | 0.686 | 0.519 | 1.8 | 0.863 | 0.549 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 668.8 | 779.8 | 790.5 | 728.6 | 633.7 | 539.7 | 723.5 | 118.8 |
| Solidos Disueltos Totales | 774.0 | 694.0 | 760.0 | 630.0 | 586.0 | 518.0 | 660.3 | 100.68 |
| Solidos Suspendidos Totales | 124.8 | 85.8 | 30.5 | 98.6 | 47.7 | 53.4 | 73.3 | 53.35 |
| Solidos Salimentables (ml/lit) | 3.0 | 2.8 | 9.5 | 7.5 | 8.0 | 2.5 | 5.5 | 3.12 |
| 1.3 DIAMANDAS: | | | | | | | | |
| D O O | 192.0 | 300.0 | 340.0 | 317.44 | 169.2 | 223.2 | 258.17 | 70.106 |
| D H O | 165.0 | 190.0 | 154.0 | 160.0 | 95.0 | 109.0 | 145.5 | 36.12 |
| C O T | 85.0 | 76.5 | 70.4 | 98.8 | 60.5 | 115.6 | 84.6 | 20.05 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 29.0 | 24.9 | 37.8 | 44.1 | 32.4 | 29.1 | 32.9 | 6.48 |
| Nitrogeno Amoniacal | 15.9 | 15.4 | 12.5 | 13.0 | 15.1 | 14.0 | 14.3 | 1.37 |
| Nitratos, Nitritos | 1.03 | 7.5 | 10.5 | 11.1 | 7.3 | 8.1 | 7.6 | 3.59 |
| Fosforo Total | 23.3 | 9.7 | 6.3 | 6.9 | 3.1 | 2.5 | 8.67 | 7.64 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A A M | 3.4 | 4.4 | 5.06 | 7.4 | 5.7 | 4.9 | 5.1 | 1.34 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 258.4 | 30.4 | 40.0 | 226.4 | 206.4 | 16.8 | 129.2 | 111.75 |

Cont.....

SITIO DE MUESTREO: CANAL DE MIRAMONTES

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 1.5 | 1.300 | 0.757 | 1.0 | 3.89 | 7.56 | 2.66 | 0.64 |
| Hierro Total | 5.2 | 1.475 | 1.211 | 1.78 | 6.18 | 11.23 | 4.17 | 2.10 |
| Plomo Soluble | 0.0100 | <0.01 | 0.017 | <0.01 | 0.004 | 0.006 | 0.0095 | 0.0044 |
| Plomo Total | 0.0234 | 0.020 | 0.019 | <0.01 | 0.016 | 0.009 | 0.015 | 0.005 |
| Mercurio Soluble | 0.0036 | 0.0010 | 0.0002 | 0.0002 | 0.006 | 0.001 | 0.0019 | 0.0031 |
| Mercurio Total | 0.0036 | 0.0010 | 0.0008 | 0.0033 | 0.0021 | 0.008 | 0.0031 | 0.0026 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | ND | 0.003 | 0.012 | ND | 0.009 | 0.0118 | 0.0058 | 0.0054 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.0232 | 0.036 | 0.069 | 0.045 | 0.052 | 0.031 | 0.042 | 0.016 |
| Pireno | 0.0012 | 0.019 | 0.0069 | 0.0098 | 0.0091 | 0.0121 | 0.0096 | 0.0058 |
| Fenol | 0.005 | 0.025 | 0.036 | 0.096 | 0.051 | 0.035 | 0.041 | 0.030 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| D D T | NE | ND | 0.369 | 0.025 | 0.0181 | 0.301 | 0.178 | 0.183 |
| Aldrin | NE | 0.125 | 0.036 | 0.025 | 0.063 | 0.034 | 0.056 | 0.040 |
| Dieldrin | NE | 0.014 | 0.025 | 0.036 | 0.021 | 0.04 | 0.027 | 0.010 |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| Coliformes Fecales mill.col/100ml | 69.0 | 105.0 | 74.0 | 123.0 | 89.25 | 105.36 | 74.26 | 80.67 |
| Coliformes Totales mill.col/100ml | 120.0 | 185.0 | 103.0 | 159.0 | 108.5 | 175.6 | 141.85 | 85.76 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN MG/L, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO. INTERCEPTOR PONIENTE

| PARCELA CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|-------|---------|-------|---------|-------|-----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 238.0 | 222.0 | 278.0 | 190.0 | 264.0 | 228.0 | 245.33 | 35.43 |
| PH (unidades) | 7.0 | 7.5 | 7.5 | 7.0 | 7.5 | 7.0 | 7.25 | 0.27 |
| Cond. Electrica (Ucans/cm) | 753.6 | 852.5 | 942.0 | 654.6 | 989.1 | 668.2 | 810.10 | 140.4 |
| boro | ND | ND | ND | ND | 0.31 | 0.904 | 0.607 | 0.420 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 677.3 | 743.4 | 1,148.9 | 686.5 | 5,597.1 | 707.2 | 1,593.5 | 1,969.55 |
| Solidos Disueltos Totales | 604.0 | 484.0 | 734.0 | 396.0 | 5,480.0 | 326.0 | 1,347.66 | 2,028.71 |
| Solidos Suspendidos Totales | 73.3 | 259.4 | 414.9 | 290.5 | 117.1 | 259.8 | 235.83 | 123.85 |
| Solidos Sedimentables (ml/lt) | 2.0 | 1.5 | 4.5 | 4.0 | 7.25 | 6.5 | 4.12 | 3.13 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D Q O | 318.7 | 500.0 | 320.0 | 317.0 | 545.2 | 248.2 | 375.01 | 118.34 |
| D B O | 280.0 | 170.0 | 230.0 | 210.0 | 229.5 | 127.9 | 217.90 | 62.58 |
| C O T | 115.6 | 90.4 | 78.6 | 100.1 | 81.6 | 62.8 | 88.19 | 12.3 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 41.4 | 68.8 | 54.7 | 57.8 | 49.0 | 58.2 | 55.01 | 9.22 |
| Nitrogeno Ammoniacal | 28.1 | 31.6 | 26.9 | 17.0 | 24.7 | 21.5 | 24.96 | 5.15 |
| Nitratos, Nitritos | 0.44 | 3.52 | 1.25 | 0.88 | 0.99 | 2.02 | 1.92 | 1.11 |
| Fosforo Total | 11.56 | 19.42 | 9.46 | 5.36 | 4.74 | 4.69 | 9.10 | 5.84 |
| 1.5 DEMAGENTES: | | | | | | | | |
| S A A M | 4.2 | 5.9 | 9.2 | 8.08 | 7.1 | 7.6 | 7.05 | 1.76 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 68.12 | 24.4 | 86.8 | 101.6 | 159.2 | 118.8 | 93.15 | 45.79 |

Cont....

SITIO DE MUESTREO: INTERCEPTOR PONIENTE

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-----------------------------|-----------------|--------|-------|--------|--------|--------|-----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 5.0 | 6.36 | 2.1 | 1.26 | 5.48 | 2.15 | 3.72 | 2.13 |
| Hierro Total | 5.7 | 7.03 | 6.68 | 3.63 | 13.61 | 16.42 | 8.24 | 5.00 |
| Pbmo Soluble | 0.002 | 0.092 | 0.060 | 0.179 | 0.058 | 0.046 | 0.072 | 0.059 |
| Pbmo Total | 0.006 | 0.356 | 0.120 | 0.297 | 0.099 | 0.148 | 0.171 | 0.130 |
| Mercurio Soluble | 0.0041 | 0.0018 | 0.003 | 0.0022 | 0.0018 | 0.0022 | 0.0025 | 0.00089 |
| Mercurio Total | 0.0085 | 0.0023 | 0.008 | 0.0032 | 0.0028 | 0.003 | 0.0046 | 0.0028 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| 2,6 - Dinitro Tolueno | 0.024 | 0.058 | 0.047 | 0.045 | 0.036 | 0.046 | 0.043 | 0.011 |
| Pireno | 0.0038 | ND | 0.005 | ND | 0.0028 | 0.0037 | 0.0025 | 0.0020 |
| Peril | 0.045 | 0.012 | 0.017 | 0.056 | 0.047 | 0.021 | 0.033 | 0.018 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|-------|-------|----|----|--------|-------|-------|
| D D T | ND | 0.005 | 0.001 | ND | ND | 0.0025 | 0.003 | 0.002 |
| Aldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|-----|------|------|------|------|-------|-------|
| Coliformes Fecales M.U.c.c./100ml | 6.8 | 2.0 | 15.0 | 47.0 | 13.6 | 10.6 | 15.83 | 15.98 |
| Coliformes Totales M.U.c.c./100ml | 11.9 | 5.0 | 26.0 | 61.0 | 22.8 | 18.4 | 24.18 | 19.56 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/Lt, EXEPIO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTRO. TEPEJI DEL RIO

| PARAMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|--------|-------|--------|--------|----------|-----------|--------|
| 1.- INORGANICOS. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 350.0 | 348.0 | 292.0 | 140.0 | 642.0 | 324.0 | 349.33 | 163.34 |
| PH (unidades) | 7.0 | 7.0 | 6.5 | 6.0 | 7.5 | 7.0 | 6.83 | 0.51 |
| Cond. Electrica (Umoms/cm) | 942.0 | 843.09 | 659.4 | 758.3 | 777.15 | 1,059.75 | 839.94 | 142.79 |
| Boro | 1.35 | 0.168 | 0.584 | 0.782 | 0.508 | 1.744 | 0.67 | 0.43 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 680.6 | 729.9 | 619.1 | 561.0 | 933.0 | 963.2 | 747.8 | 165.52 |
| Solidos Disueltos Totales | 632.0 | 532.0 | 500.0 | 548.0 | 862.6 | 646.0 | 620.1 | 131.9 |
| Solidos Suspendidos Totales | 48.6 | 197.9 | 119.1 | 13.0 | 70.4 | 317.2 | 127.7 | 112.7 |
| Solidos Sedimentables (ml/lit) | 1.0 | 3.5 | 2.25 | 0.5 | 1.2 | 4.0 | 2.08 | 1.42 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D Q O | 119.52 | 220.0 | 140.0 | 119.04 | 56.4 | 297.6 | 158.7 | 85.9 |
| D B O | 76.4 | 200.0 | 80.0 | 90.0 | 32.0 | 138.0 | 102.7 | 58.4 |
| C O T | 19.3 | 75.4 | 60.6 | 58.7 | 12.9 | 60.1 | 47.8 | 25.4 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 36.4 | 60.9 | 36.4 | 23.3 | 50.9 | 27.7 | 39.21 | 14.22 |
| Nitrogeno Amiacal | 15.9 | 11.76 | 8.90 | 4.0 | 9.2 | 20.10 | 11.64 | 5.68 |
| Nitratos, Nitritos | 3.48 | 1.28 | 2.10 | 1.32 | 0.109 | 0.910 | 1.53 | 1.15 |
| Fosforo Total | 5.83 | 2.69 | 6.38 | 1.35 | 1.25 | 5.81 | 5.88 | 2.31 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A M | 3.29 | 3.48 | 2.08 | 1.85 | 2.41 | 3.80 | 2.81 | 0.80 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 554.8 | 66.8 | 76.0 | 274.8 | 591.6 | 635.0 | 349.7 | 242.9 |

Cont. ...

SITIO DE MUESTREO: TEPEJI DEL RIO

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|--------|-------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 0.9 | 1.54 | 0.515 | 0.030 | 0.716 | 0.215 | 0.652 | 0.538 |
| Hierro Total | 4.0 | 3.30 | 3.43 | 0.787 | 2.79 | 3.81 | 3.01 | 1.17 |
| Plomo Soluble | 0.080 | 0.232 | 0.237 | <0.01 | 0.120 | 0.080 | 0.12 | 0.092 |
| Plomo Total | 0.103 | 0.238 | 0.415 | 0.238 | 0.215 | 0.180 | 0.23 | 0.10 |
| Mercurio Soluble | 0.0087 | 0.0022 | 0.003 | 0.0014 | 0.0018 | 0.0016 | 0.0031 | 0.0027 |
| Mercurio Total | 0.0115 | 0.0030 | 0.004 | 0.0033 | 0.0037 | 0.0028 | 0.0042 | 0.0032 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.3 - Diclora Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| 1.4 - Diclora Benceno | 0.0439 | 0.022 | 0.069 | 0.036 | 0.071 | 0.036 | 0.046 | 0.019 |
| Naftaleno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.0182 | ND | 0.015 | ND | 0.020 | 0.018 | 0.017 | 0.0021 |
| Pireno | 0.009 | 0.0022 | 0.0014 | 0.0023 | 0.0036 | 0.0018 | 0.0023 | 0.0028 |
| Penol | 0.001 | 0.009 | 0.001 | ND | 0.002 | 0.006 | 0.005 | 0.0036 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| D D T | NE | 0.002 | 0.009 | 0.003 | 0.003 | 0.008 | 0.0046 | 0.0037 |
| Aldrin | NE | 0.003 | 0.002 | ND | 0.001 | ND | 0.0025 | 0.0007 |
| Dieldrin | NE | ND | ND | 0.004 | ND | ND | 0.004 | - |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|-----|------|-----|------|------|-------|------|
| Coliformos Fecales Mill.col/100ml | 4.8 | 4.0 | 9.6 | 7.5 | 12.6 | 7.9 | 7.73 | 3.15 |
| Coliformos Totales Mill.col/100ml | 8.9 | 8.0 | 12.1 | 9.3 | 12.1 | 16.4 | 12.13 | 6.22 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/lit, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SIPIO DE MUESTREO. CHAPULTEPEC (INFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|-------|-------|--------|--------|-------|-----------|--------|
| 1.- INORGANICOS. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 172.0 | 166.0 | 160.0 | 150.0 | 162.0 | 164.0 | 162.33 | 7.31 |
| PH (unidades) | 6.5' | 6.5 | 7.0 | 6.5 | 7.5 | 7.0 | 6.83 | 0.40 |
| Concl. Electrica (Unans/cm) | 447.4 | 471.0 | 471.0 | 1175.0 | 494.5 | 475.7 | 589.1 | 287.42 |
| Boro | 0.0032 | 0.536 | 0.49 | 0.49 | 0.738 | 1.217 | 0.579 | 0.395 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 393.05 | 392.7 | 455.1 | 749.6 | 373.5 | 412.7 | 397.75 | 238.32 |
| Solidos Disueltos Totales | 336.0 | 334.0 | 426.0 | 606.0 | 318.0 | 334.0 | 392.33 | 111.61 |
| Solidos Suspendidos Totales | 57.05 | 58.7 | 52.7 | 143.6 | 55.5 | 78.7 | 74.37 | 35.16 |
| Solidos Sedimentables (ml/lit) | 5.0 | 2.0 | 3.5 | 5.0 | 3.5 | 2.2 | 3.53 | 1.29 |
| 1.3 DISUUELDAS: | | | | | | | | |
| D Q O | 140.0 | 140.0 | 180.0 | 119.4 | 105.46 | 98.6 | 130.57 | 29.65 |
| D B O | ND | 110.0 | 129.0 | 92.7 | 94.0 | 74.4 | 100.02 | 20.52 |
| C O T | 15.9 | 31.8 | 54.0 | 21.6 | 28.2 | 20.2 | 28.61 | 13.68 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrógeno Total | 37.2 | 63.52 | 125.1 | 36.66 | 63.0 | 48.4 | 78.98 | 52.91 |
| Nitrógeno Amoniacal | 19.4 | 91.9 | 80.7 | 26.66 | 35.0 | 22.9 | 46.09 | 31.77 |
| Nitratos, Nitritos | 2.9 | 61.6 | 36.8 | 10.0 | 12.6 | 13.7 | 22.94 | 22.11 |
| Fósforo Total | 1.4 | 7.2 | 6.82 | 8.0 | 2.35 | 2.91 | 4.79 | 2.86 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A A M | 4.88 | 5.49 | 6.04 | 3.41 | 7.53 | 8.86 | 6.03 | 1.93 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 200.8 | 218.0 | 117.2 | 89.6 | 214.0 | 60.4 | 150.0 | 69.35 |

Cont. ...

SITIO DE MUESTREO: CHAPULTEPEC (INFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 0.3 | 0.606 | 0.01 | 0.363 | 0.89 | 1.4 | 0.59 | 0.49 |
| Hierro Total | 2.7 | 1.39 | 0.515 | 2.95 | 6.46 | 5.9 | 3.31 | 2.39 |
| Plomo Soluble | 0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.08 | 0.09 | 0.035 | 0.038 |
| Plomo Total | 0.05 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.254 | 0.289 | 0.0955 | 0.118 |
| Mercurio Soluble | 0.0083 | 0.0098 | 0.0010 | 0.0015 | 0.006 | 0.008 | 0.0056 | 0.0035 |
| Mercurio Total | 0.0091 | 0.017 | 0.0054 | 0.0032 | 0.009 | 0.014 | 0.0096 | 0.0051 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | 0.055 | 0.0014 | 0.021 | 0.041 | 0.019 | 0.028 | 0.027 | 0.018 |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Baftaleno | 0.94 | 0.023 | 0.0014 | 0.0032 | 0.0029 | 0.0065 | 0.194 | 0.417 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.0159 | 0.0147 | 0.0088 | 0.0123 | 0.013 | 0.0128 | 0.012 | 0.0025 |
| Pireno | 0.0062 | 0.0021 | ND | 0.0032 | 0.0037 | 0.008 | 0.0046 | 0.0024 |
| Fenol | ND | 0.002 | 0.001 | ND | 0.0009 | 0.0012 | 0.0012 | 0.00049 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|----|----|---|---|
| D D T | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Aldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |

3.- BIOLOGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 14.0 | 11.0 | 8.0 | 12.0 | 10.8 | 12.1 | 11.31 | 1.98 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 18.0 | 13.0 | 10.0 | 21.0 | 12.0 | 13.5 | 14.58 | 4.1 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/LI, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO. CHAPULTEPEC (EFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 118.0 | 112.0 | 150.0 | 110.0 | 90.0 | 137.0 | 119.5 | 21.23 |
| pH (unidades) | 7.0 | 7.2 | 7.2 | 5.0 | 7.3 | 7.0 | 6.78 | .881 |
| Cond. Electrica (UMans/cm) | 435.0 | 395.0 | 423.9 | 753.6 | 447.7 | 466.3 | 486.8 | 133.30 |
| Cond | ND | 0.47 | ND | ND | 0.225 | 1.018 | 5.71 | .406 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 345.25 | 327.1 | 346.7 | 515.2 | 535.0 | 324.1 | 365.5 | 73.88 |
| Solidos Disueltos Totales | 334.0 | 302.0 | 294.0 | 476.0 | 312.0 | 318.0 | 339.3 | 68.34 |
| Solidos Suspensidos Totales | 11.9 | 25.1 | 29.5 | 39.2 | 23.3 | 6.1 | 22.51 | 11.97 |
| Solidos Sedimentables (ml/lit) | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.3 | 0.116 | 0.098 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D Q O | 39.6 | 80.0 | 60.0 | 79.36 | 94.0 | 40.0 | 65.48 | 22.65 |
| D B O | ND | 15.0 | 25.5 | 68.5 | 39.1 | 20.1 | 53.64 | 21.45 |
| C O T | 15.0 | 10.0 | 70.0 | 15.5 | 21.0 | ND | 14.3 | 4.57 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 23.3 | 20.7 | 19.8 | 16.3 | 26.2 | 17.3 | 20.6 | 3.70 |
| Nitrogeno Amoniacal | 19.4 | 13.7 | 10.6 | 12.3 | 15.6 | 10.0 | 13.6 | 3.50 |
| Nitratos, Nitritos | 2.9 | 7.0 | 3.6 | 2.0 | 8.4 | 6.9 | 5.13 | 2.62 |
| Fosforo Total | 0.54 | 6.7 | 5.2 | 3.9 | 1.57 | 2.57 | 3.41 | 2.30 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A H | 2.0 | 2.15 | 5.14 | 3.41 | 3.08 | 6.53 | 3.71 | 1.77 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 3.2 | 21.2 | 64.4 | 24.8 | 134.4 | 31.6 | 46.92 | 47.44 |

Cont. ...

SITIO DE MUESTREO: CHAPULTEPEC (EFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|---------|---------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 0.07 | 0.03 | <0.01 | <0.01 | 0.301 | <0.01 | 0.071 | 0.011 |
| Hierro Total | 0.57 | 1.180 | <0.01 | 0.818 | 0.906 | 0.351 | 0.639 | 0.419 |
| Plomo Soluble | 0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 0.01 | 0.0 |
| Plomo Total | 0.02 | <0.01 | <0.01 | 0.01 | 0.038 | 0.026 | 0.019 | 0.011 |
| Mercurio Soluble | 0.0030 | 0.0001 | 0.0007 | 0.0004 | 0.0022 | 0.0024 | 0.0014 | 0.0012 |
| Mercurio Total | 0.0037 | 0.00094 | 0.00096 | 0.0022 | 0.0037 | 0.0026 | 0.0023 | 0.0012 |

2.- COMPUSTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.3 - Difenilo Benzeno | ND | 0.0007 | ND | ND | ND | ND | 0.0007 | 0.0 |
| 1.4 - Difenilo Benzeno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | ND | 0.0041 | ND | 0.0023 | ND | 0.0034 | 0.0032 | 0.0009 |
| 2.6 - Dimilito Tolueno | 0.0042 | 0.0021 | 0.0063 | ND | 0.0021 | ND | 0.0036 | 0.0028 |
| Piceno | 0.0041 | 0.0012 | ND | 0.0021 | ND | 0.0041 | 0.0028 | 0.0014 |
| Fenol | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|----|----|---|---|
| D D T | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Aldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----|------|-------|-----|-----|-----|------|------|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 2.6 | 0.03 | 0.01 | 1.2 | 1.2 | 1.5 | 1.09 | 0.97 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 6.0 | 0.08 | 0.045 | 2.4 | 1.9 | 1.9 | 2.05 | 2.17 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/lit, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESITRO. CIUDAD DEPORTIVA (INFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|----|---------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 450.0 | NE | 492.0 | 422.0 | 498.0 | 442.0 | 460.81 | 32.91 |
| PH (unidades) | 7.7 | NE | 8.0 | 7.0 | 7.0 | 7.5 | 7.44 | 0.43 |
| Cond. Electrica (Uhm/cm) | 1601.4 | NE | 2001.7 | 1460.1 | 1520.0 | 1702.0 | 1657.04 | 212.99 |
| boro | 0.832 | NE | 1.08 | 1.14 | 1.94 | 2.72 | 1.54 | 0.77 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 1162.4 | NE | 1.051.3 | 902.5 | 925.0 | 946.0 | 997.44 | 108.42 |
| Solidos Disueltos Totales | 1128.0 | NE | 1018.0 | 892.0 | 860.0 | 923.1 | 964.22 | 108.95 |
| Solidos Suspensidos Totales | 34.4 | NE | 33.3 | 23.2 | 44.3 | 46.2 | 36.28 | 9.30 |
| Solidos Sedimentables (ml/lt) | 0.5 | NE | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.38 | 0.13 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D O O | 956.1 | NE | 380.0 | 555.5 | 625.6 | 418.8 | 587.2 | 229.05 |
| B B O | 410.0 | NE | 340.5 | 390.6 | 341.2 | 387.6 | 373.98 | 31.49 |
| C O P | 178.7 | NE | 136.9 | 245.7 | 149.5 | 204.3 | 183.02 | 43.73 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrógeno Total | 64.0 | NE | 67.8 | 71.3 | 81.65 | 60.51 | 69.05 | 8.121 |
| Nitrógeno Amoniacal | 32.5 | NE | 29.0 | 18.0 | 24.0 | 38.21 | 28.34 | 7.76 |
| Nitratos, Nitritos | 2.98 | NE | 3.87 | 5.32 | 4.58 | 3.89 | 4.12 | 0.87 |
| Fosforo Total | 2.39 | NE | 13.88 | 11.61 | 6.25 | 11.19 | 9.06 | 4.65 |
| 1.5 DEPENDIENES: | | | | | | | | |
| C A A M | 4.57 | NE | 9.8 | 6.34 | 5.06 | 6.13 | 6.38 | 2.04 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 196.4 | NE | 58.8 | 208.4 | 99.8 | 129.2 | 138.52 | 63.58 |

Cont.

SITIO DE MUESTREO: CIUDAD DEPORTIVA (INFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|----|--------|--------|---------|--------|-----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 2.0 | NE | 0.96 | 0.9 | 0.991 | 2.05 | 1.38 | 0.589 |
| Hierro Total | 3.7 | NE | 1.78 | 2.03 | 1.69 | 4.28 | 2.69 | 1.20 |
| Plomo Soluble | 0.01 | NE | 0.179 | 0.179 | 0.093 | 0.115 | 0.115 | 0.070 |
| Plomo Total | 0.9 | NE | 0.260 | 0.228 | 0.115 | 0.185 | 0.339 | 0.318 |
| Mercurio Soluble | 0.0036 | NE | 0.0006 | 0.0017 | 0.00105 | 0.0025 | 0.00189 | 0.00119 |
| Mercurio Total | 0.0131 | NE | 0.006 | 0.0088 | 0.0195 | 0.0091 | 0.0113 | 0.0052 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|----|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | 0.057 | NE | 0.099 | 0.023 | 0.036 | 0.054 | 0.0538 | 0.028 |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | NE | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | 0.017 | NE | 0.036 | 0.028 | 0.021 | 0.021 | 0.0246 | 0.0075 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.083 | NE | 0.023 | 0.069 | 0.032 | 0.069 | 0.055 | 0.026 |
| Pireno | 0.0062 | NE | 0.009 | 0.004 | 0.0016 | 0.0015 | 0.0043 | 0.0033 |
| Peril | 0.114 | NE | 0.125 | 0.196 | 0.115 | 0.148 | 0.139 | 0.034 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|----|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| D D T | NE | NE | 0.008 | 0.005 | 0.009 | 0.009 | 0.0077 | 0.0018 |
| Aldrin | NE | NE | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | NE | NE | 0.005 | 0.008 | 0.005 | 0.007 | 0.0062 | 0.0015 |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 125.0 | NE | 63.0 | 109.0 | 55.0 | 104.0 | 97.2 | 23.85 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 137.0 | NE | 107.0 | 147.0 | 135.0 | 112.0 | 127.6 | 17.22 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/lt, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO: CIUDAD DEPORTIVA (EFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE, | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|----|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 448 | NE | 476 | 348 | 406 | 422 | 420.0 | 48.22 |
| PH (unidades) | 7.2 | NE | 8.0 | 6.6 | 6.5 | 7.2 | 7.1 | 0.6 |
| Cond. Electrica (Umoms/cm) | 1,600 | NE | 1,648 | 1,224 | 1,501 | 1,229 | 1,440.4 | 202.3 |
| boro | 0.81 | NE | 0.87 | 0.87 | 1.16 | 0.75 | 0.89 | 0.15 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 1,005.9 | NE | 877.3 | 874.6 | 857.2 | 913.0 | 905.6 | 59.62 |
| Solidos Disueltos Totales | 994.0 | NE | 754.0 | 852.0 | 836.6 | 837.0 | 854.6 | 86.9 |
| Solidos Suspendidos Totales | 11.9 | NE | 23.3 | 10.5 | 20.6 | 32.9 | 19.84 | 9.12 |
| Solidos Salimentables (ml/lit) | 0.2 | NE | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.070 |
| 1.3 DIFUNDIDAS: | | | | | | | | |
| D O O | 79.6 | NE | 260.0 | 198.4 | 56.4 | 74.4 | 133.7 | 90.21 |
| D H O | ND | NE | 69.0 | 60.0 | 29.6 | 50.1 | 52.17 | 16.91 |
| C O T | 25.0 | NE | 36.4 | 19.7 | 19.6 | 11.8 | 22.5 | 9.08 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrógeno Total | 23.7 | NE | 39.5 | 49.0 | 32.4 | 37.3 | 36.38 | 9.30 |
| Nitrógeno Amoniacal | 19.3 | NE | 18.6 | 15.0 | 20.5 | 24.0 | 19.48 | 3.25 |
| Nitratos, Nitritos | 2.15 | NE | 1.89 | 4.07 | 1.25 | 1.7 | 2.21 | 1.08 |
| Fósforo Total | 0.012 | NE | 9.02 | 6.37 | 2.57 | 5.03 | 4.60 | 3.46 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A A M | 2.9 | NE | 6.14 | 6.24 | 2.98 | 4.69 | 4.59 | 1.62 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 5.6 | NE | 40.0 | 51.2 | 82.8 | 60.7 | 48.06 | 28.47 |

Cont.

TITULO DE MUESTREO: CIUDAD DEPORTIVA (EFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|----|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 0.33 | NE | 0.303 | 0.100 | 0.215 | 0.781 | 0.345 | 0.259 |
| Hierro Total | 1.22 | NE | 1.621 | 0.454 | 0.810 | 0.960 | 1.013 | 0.430 |
| Plomo Soluble | 0.01 | NE | 0.01 | <0.01 | 0.082 | 0.050 | 0.052 | 0.032 |
| Plomo Total | 0.03 | NE | 0.06 | 0.238 | 0.109 | 0.073 | 0.102 | 0.081 |
| Mercurio Soluble | 0.0015 | NE | 0.0005 | 0.0002 | 0.0008 | 0.0034 | 0.00068 | 0.00050 |
| Mercurio Total | 0.0045 | NE | 0.0015 | 0.0026 | 0.0019 | 0.0026 | 0.0026 | 0.0011 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|----|--------|--------|-------|--------|--------|---------|
| 1.3 - Dicloro Benzeno | ND | NE | ND | ND | ND | ND | - | - |
| 1.4 - Dicloro Benzeno | ND | NE | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | 0.0038 | NE | 0.011 | 0.009 | 0.016 | 0.0098 | 0.0099 | 0.0043 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.0201 | NE | 0.009 | 0.0125 | 0.010 | 0.016 | 0.012 | 0.004 |
| Pireno | 0.003 | NE | 0.0011 | 0.0018 | ND | ND | 0.0019 | 0.00096 |
| Fenol | 0.013 | NE | ND | ND | ND | ND | 0.013 | - |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|----|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| D D T | NE | NE | 0.006 | 0.003 | 0.005 | 0.004 | 0.0045 | 0.0013 |
| Aldrin | NE | NE | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | NE | NE | 0.005 | 0.006 | 0.0023 | ND | 0.004 | 0.0019 |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|----|------|------|------|------|------|------|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 16.0 | NE | 0.13 | 0.01 | 14.0 | 0.19 | 6.06 | 8.18 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 31.0 | NE | 0.22 | 0.1 | 16.0 | 0.38 | 9.54 | 13.8 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/Lt, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO. CERRO DE LA ESTRELLA (INFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|-------|-------|--------|-------|--------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.- INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 302.0 | 310.0 | 302.0 | 230.0 | 276.0 | 312.0 | 289.66 | 32.47 |
| PH (unidades) | 7.5 | 7.5 | 7.0 | 7.0 | 6.5 | 7.0 | 7.08 | 0.37 |
| Cond. Electrica (Umoms/cm) | 937.2 | 937.2 | 984.9 | 871.3 | 942.0 | 892.2 | 928.46 | 39.25 |
| Boro | 0.744 | 0.420 | 0.876 | 0.876 | 0.738 | 1.38 | 0.839 | 0.317 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 684.9 | 662.8 | 822.2 | 691.4 | 695.8 | 724.4 | 724.68 | 65.78 |
| Solidos Disueltos Totales | 660.0 | 596.0 | 718.0 | 634.0 | 578.0 | 564.0 | 625.00 | 57.83 |
| Solidos Suspensidos Totales | 24.9 | 66.6 | 110.2 | 57.4 | 117.9 | 120.4 | 22.9 | 39.13 |
| Solidos Sedimentables (ml/lit) | 4.0 | 1.5 | 3.5 | 1.0 | 3.0 | 5.0 | 3.0 | 1.51 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D Q O | 219.0 | 260.0 | 620.0 | 277.76 | 292.2 | 209.21 | 314.12 | 153.61 |
| D B O | 160.0 | 150.0 | 320.5 | 170.0 | 188.0 | 129.0 | 196.25 | 62.77 |
| C O P | 23.0 | 70.0 | 75.0 | 40.6 | 53.4 | 70.0 | 65.3 | 15.73 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrogeno Total | 24.9 | 44.24 | 53.5 | 70.51 | 28.5 | 37.2 | 43.14 | 16.97 |
| Nitrogeno Amiacal | 18.5 | 22.4 | 26.8 | 32.0 | 4.5 | 21.8 | 21.0 | 9.33 |
| Nitratos, Nitritos | 2.9 | 2.84 | 2.15 | 3.85 | 4.8 | 4.1 | 4.44 | 0.976 |
| Fosforo Total | 1.7 | 15.5 | 9.4 | 7.93 | 3.36 | 3.91 | 7.13 | 5.43 |
| 1.5 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| :: A A M | 3.43 | 4.69 | 7.65 | 6.54 | 5.40 | 7.10 | 5.20 | 1.59 |
| 1.6 ACEITES: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 225.6 | 18.8 | 41.2 | 179.6 | 62.8 | 61.6 | 96.6 | 84.63 |

Cont.....

SITIO DE MUESTREO: CERRO DE LA ESTRELLA (INFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro Soluble | 0.2 | 0.303 | 0.60 | 0.10 | 0.601 | 0.519 | 0.387 | 0.215 |
| Hierro Total | 7.2 | 5.09 | 1.40 | 2.70 | 10.08 | 2.60 | 4.96 | 3.53 |
| Ploomo Soluble | 0.01 | <0.01 | 0.179 | <0.01 | 0.041 | 0.051 | 0.051 | 0.0656 |
| Ploomo Total | 0.05 | 0.02 | 0.178 | <0.01 | 0.041 | 0.052 | 0.0581 | 0.0601 |
| Mercurio Soluble | 0.0030 | 0.001 | 0.0005 | 0.0028 | 0.0021 | 0.0009 | 0.0017 | 0.0010 |
| Mercurio Total | 0.0060 | 0.004 | 0.0005 | 0.0035 | 0.0038 | 0.0027 | 0.0034 | 0.0017 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | 0.1008 | 0.110 | ND | 0.065 | 0.087 | ND | 0.0907 | 0.0195 |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | 0.0065 | 0.0041 | ND | ND | 0.010 | 0.0014 | 0.0055 | 0.0036 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | 0.006 | ND | ND | ND | ND | ND | 0.006 | 0.0 |
| Pireno | 0.0035 | 0.0052 | 0.0012 | 0.0090 | ND | ND | 0.0047 | 0.0032 |
| Penol | 0.009 | 0.012 | 0.004 | 0.009 | 0.10 | 0.009 | 0.0238 | 0.0374 |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|----|----|---|---|
| D D T | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Aldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|-------|------|-------|-------|--------|--------|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 46.0 | 30.0 | 60.0 | 58.0 | 36.6 | 42.6 | 45.53 | 11.78 |
| Coliformos Totales Mill.col/109ml | 78.0 | 69.0 | 360.0 | 96.0 | 120.4 | 160.0 | 147.23 | 109.26 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/Lt, EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

SITIO DE MUESTREO. CERRO DE LA ESTRELLA (EFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE. | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|--|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1. INORGANICOS. | | | | | | | | |
| 1.1 MINERALES: | | | | | | | | |
| Alcalinidad Total (CaCO ₃) | 280.0 | 276.0 | 290.0 | 176.0 | 260.0 | 272.0 | 259.0 | 41.83 |
| pH (unidades) | 7.5 | 7.5 | 7.0 | 7.0 | 6.5 | 7.0 | 7.08 | 0.376 |
| Cond. Electrica (Uhoms/cm) | 894.9 | 849.9 | 965.5 | 847.7 | 918.4 | 767.9 | 874.05 | 68.27 |
| Boro | 0.064 | 0.168 | 0.478 | 0.478 | 0.621 | 1.21 | 0.503 | 0.400 |
| 1.2 SOLIDOS: | | | | | | | | |
| Solidos Totales | 577.9 | 588.4 | 659.6 | 626.6 | 574.9 | 611.2 | 605.6 | 32.28 |
| Solidos Disueltos Totales | 572.0 | 582.0 | 626.0 | 604.0 | 540.0 | 534.0 | 572.3 | 36.34 |
| Solidos Suspendidos Totales | 5.9 | 30.4 | 33.6 | 22.6 | 34.9 | 77.2 | 34.1 | 23.66 |
| Solidos Solimentables (ml/lt) | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.166 | 0.081 |
| 1.3 DEMANDAS: | | | | | | | | |
| D Q O | 139.8 | 180.0 | 180.0 | 158.7 | 169.2 | 111.6 | 156.55 | 26.70 |
| D B O | 71.3 | 90.0 | 50.0 | 45.0 | 79.8 | 58.6 | 65.72 | 17.58 |
| C O T | 15.9 | 31.6 | 30.1 | 36.0 | 21.4 | 16.8 | 25.3 | 8.40 |
| 1.4 NUTRIENTES: | | | | | | | | |
| Nitrógeno Total | 22.4 | 27.16 | 29.14 | 53.5 | 24.0 | 24.0 | 30.07 | 11.75 |
| Nitrógeno Amoniacal | 16.5 | 17.6 | 15.8 | 18.0 | 0.162 | 14.5 | 13.76 | 6.78 |
| Nitratos, Nitritos | 4.8 | 3.52 | 3.39 | 5.5 | 9.0 | 13.8 | 6.66 | 4.04 |
| Fósforo Total | 0.10 | 6.9 | 6.6 | 3.9 | 3.13 | 3.13 | 3.96 | 2.52 |
| 1.5 DETERGENTES: | | | | | | | | |
| S A A M | 3.40 | 2.45 | 6.97 | 4.41 | 4.26 | 5.9 | 4.56 | 1.64 |
| 1.6 ACIDITOS: | | | | | | | | |
| Grasas y Aceites | 130.8 | 15.2 | 4.0 | 4.0 | 11.2 | 33.2 | 33.1 | 49.01 |

Cont.....

SITIO DE MUESTREO: CERRO DE LA ESTRELLA (EFLUENTE)

| PARAMETRO CONTAMINANTE: | M U E S T R E O | | | | | | \bar{X} | S |
|-------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| 1.7 METALES PESADOS: | | | | | | | | |
| Hierro soluble | 0.02 | 0.24 | 0.181 | 0.01 | 0.306 | 0.48 | 0.206 | 0.178 |
| Hierro Total | 1.7 | 1.27 | 1.39 | 1.48 | 1.68 | 2.14 | 1.61 | 0.308 |
| Plomo soluble | 0.01 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.018 | 0.020 |
| Plomo Total | 0.04 | 0.01 | 0.079 | 0.01 | 0.04 | 0.036 | 0.035 | 0.025 |
| Mercurio soluble | 0.0010 | 0.0012 | 0.0002 | 0.0014 | 0.0007 | 0.0017 | 0.00103 | 0.00053 |
| Mercurio Total | 0.0021 | 0.0033 | 0.0005 | 0.0026 | 0.002 | 0.0026 | 0.00213 | 0.00094 |

2.- COMPUESTOS ORGANICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|--------|--------|--------|-------|----|--------|--------|
| 1.3 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| 1.4 - Dicloro Benceno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Naftaleno | 0.0021 | 0.0023 | ND | ND | 0.009 | ND | 0.0044 | 0.0039 |
| 2.6 - Dinitro Tolueno | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Pireno | 0.00168 | 0.0026 | 0.0010 | 0.0037 | ND | ND | 0.0022 | 0.0011 |
| Fenol | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |

2.1 PESTICIDAS CLORADOS:

| | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|----|----|---|---|
| D D T | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Aldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |
| Dieldrin | ND | ND | ND | ND | ND | ND | - | - |

3.- BIOLÓGICOS:

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Coliformes Fecales Mill.col/100ml | 0.30 | 0.29 | 2.50 | 0.18 | 0.01 | 0.90 | 0.696 | 0.933 |
| Coliformes Totales Mill.col/100ml | 0.45 | 0.54 | 3.0 | 0.25 | 0.10 | 1.60 | 0.99 | 1.11 |

NOTA: TODAS LAS CONCENTRACIONES ESTAN DADAS EN mg/lit EXCEPTO INDICACIONES EN LA TABLA

G L O S A R I O

- COT: Carbón Orgánico Total.
- DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.
- DQO: Demanda Química de Oxígeno.
- EIFAC: European Inland Fisheries Advisory Commission.
- EPA: Enviromental Protection Agency.
- LC₅₀ 96 hrs.: Concentración Letal al 50% de Individuos a -
las 96 horas.
- NAS: National Academy of Sciences.
- NTAC: National Technical Advisory Committe.
- OMS: Organización Mundial de la Salud.
- PPM: Partes por Millón.
- SAAM: Sustancias Activas al Azul de Metileno (Detergentes).
- SDT: Sólidos Disueltos Totales.
- SST: Sólidos Suspendidos Totales.
- SS: Sólidos Sedimentables.
- mg/l.: Miligramos por Litro.
- Ug/l.: Microgramos por Litro.
- ng/l.: Nanogramos por Litro.
- ≥ : Mayor o igual a.
- ≤ : Menor o igual a.
- ND : No detectado.
- NE : No efectuado.