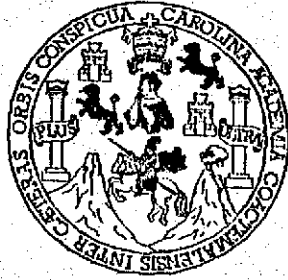


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE SUMINISTRA LA  
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA  
(EMPAGUA): DETERMINACIONES, ANÁLISIS E ÍNDICES DE CALIDAD**

TESIS

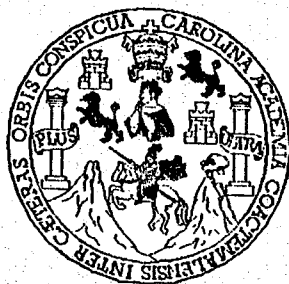
PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

JORGE LUIS LEE ALMENGOR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 1,999.



**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de Tesis titulado:

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE SUMINISTRA LA  
EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA  
(EMPAGUA): DETERMINACIONES, ANÁLISIS E ÍNDICES DE CALIDAD.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil con fecha 22 de Julio de 1,997.

**Jorge Luis Lee Almengor.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA**

<b>DECANO:</b>	<b>Ing. Herbert René Miranda Barrios</b>
<b>VOCAL PRIMERO:</b>	<b>Ing. José Francisco Gómez Rivera</b>
<b>VOCAL SEGUNDO:</b>	<b>Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez</b>
<b>VOCAL TERCERO:</b>	<b>Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana</b>
<b>VOCAL CUARTO:</b>	<b>Br. Dimas Alfredo Carranza Barrera</b>
<b>VOCAL QUINTO:</b>	<b>Br. José Enrique López Barrios</b>
<b>SECRETARIA:</b>	<b>Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas.</b>

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO:</b>	<b>Ing. Herbert René Miranda Barrios</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Augusto René Pérez Méndez</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Eduardo Enrique Ortiz Alvarado</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Edgar Fernando Valenzuela Villanueva</b>
<b>SECRETARIA:</b>	<b>Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas</b>

Guatemala, Junio de 1,999

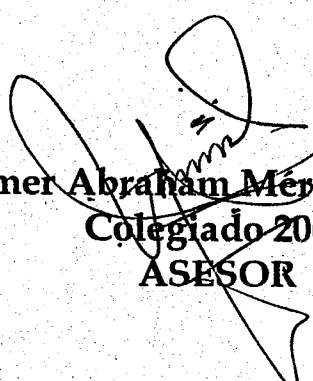
Ingeniero  
Pedro Aguilar Polanco  
Jefe del Departamento de Planeamiento.  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Aguilar :

Por este medio me permito comunicarle que he asesorado el trabajo de tesis titulado **CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE SUMINISTRA LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA: DETERMINACIONES, ANÁLISIS E ÍNDICES DE CALIDAD**, del estudiante Jorge Luis Lee Almengor previo a optar al título de Ingeniero Civil.

El trabajo presentado por el estudiante mencionado, cumple con los objetivos previstos en su programación de tesis, por lo cual cuenta con mi aprobación.

Me suscribo de Usted, atentamente.

  
Ing. Vilmer Abraham Merida Maldonado  
Colegiado 2062  
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA

15 de junio de 1,999

*Ingeniero*  
*Sydney Alexander Samuels Milson*  
*Director Escuela De Ingeniería Civil.*  
*Facultad de Ingeniería*  
*Universidad de San Carlos de Guatemala.*

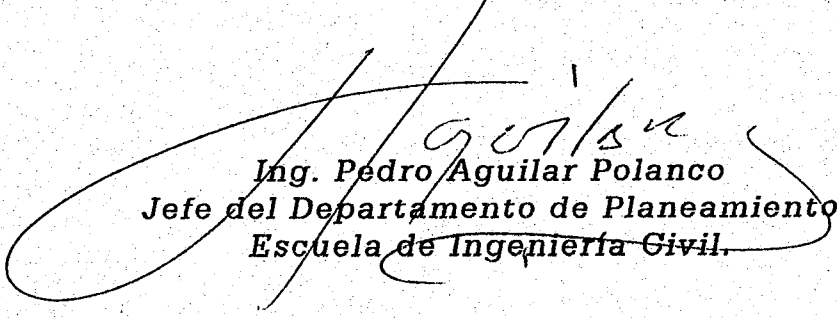
*Señor Director:*

*Después de analizar y revisar el trabajo de tesis titulado*  
***CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE SUMINISTRA***  
***LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE***  
***GUATEMALA (EMPAGUA): DETERMINACIONES, ANÁLISIS E***  
***ÍNDICES DE CALIDAD,*** desarrollado por el estudiante universitario  
*Jorge Luis Lee Almengor,* con carné número 86 - 12239, quien contó  
con la asesoría del Ingeniero Vilmer Abraham Mérida Maldonado,  
tengo a bien manifestar que dicho trabajo ha sido ejecutado  
conforme a los requisitos establecidos, por lo que en mi calidad de  
Jefe del Departamento de Planeamiento de la Escuela de Ingeniería  
Civil me permito solicitar se continúen los trámites respectivos para  
su aprobación.

*Sin otro particular.*

*Atentamente.*

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

  
**Ing. Pedro Aguilar Polanco**  
**Jefe del Departamento de Planeamiento**  
**Escuela de Ingeniería Civil.**



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Vilmer Abraham Mérida Maldonado y del Jefe del Departamento de Planeamiento Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco, del trabajo de tesis del estudiante Jorge Luis Lee Almengor, titulado CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE SUMINISTRA LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA (EMPAGUA): DETERMINACIONES, ANALISIS E INDICES DE CALIDAD, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Sydney Alexander Samuëls Milson



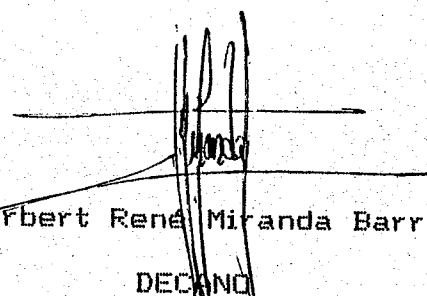
Guatemala, junio de 1,999



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE SUMINISTRA LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA (EMPAGUA): DETERMINACIONES, ANALISIS E INDICES DE CALIDAD, del estudiante Jorge Luis Lee Almengor, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

  
Ing. Herbert René Miranda Barrios

DECANO



Guatemala, junio de 1,999

## **AGRADECIMIENTOS :**

**A DIOS Todopoderoso: Por darme la vida y la oportunidad de trabajar y prepararme para salir adelante.**

**Al Ing. Vilmer Abraham Mérida Maldonado, por su amistad incondicional y asesoría en este trabajo.**

**Al Ing. Carlos F. Quezada V, por su colaboración para la realización de éste trabajo de tesis.**

**Al Ing. Oscar Juárez H. y Arq. Sigfrido Castillo, por su apoyo moral y asesoramiento en este trabajo.**

**Al Personal Técnico y Administrativo del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.**

**A la Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala (EMPAGUA).**

**A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a que este momento llegará a ser una realidad.**

**Agradecimiento especial a, Mayra Lissette García, José Manuel González, Ing. Zenón Much Santos, Milura Janeth Segura B y Efren Alexander Hernández D. (Q.E.P.D.)**

**A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, fuente de sabiduría, por brindarme un espacio para poder forjarme y servir a la humanidad.**



**ACTO QUE DEDICO A:**

**MIS PADRES**

**Godofredo Lee Zacarías y Elma Marina Almengor de Lee, Por su apoyo, consejos y enseñanzas; motivándome para culminar esta meta.**

**MIS HERMANOS**

**Jorge Rubén (Q.E.P.D), Iris Mercedes, Nancy Jackeline, Erick Manfredo con cariño y respeto por el apoyo moral que siempre me han brindado.**

**MIS SOBRINAS**

**Cecilié, Barbarita, Indira y Lucía con amor.**

**MI ESPOSA**

**Selma Lucrecia Mejía Moscoso con mucho amor.**

**TODOS MIS FAMILIARES**

**Con especial cariño**

**AMIGOS Y COMPAÑEROS**

**Por darme su amistad, respeto y cariño.**

**SANSARE, EL PROGRESO  
Y GUATEMALA**

**Porque crecerá al crecer uno.**

# ÍNDICE

	Pag. No.
Simbología.....	i
Glosario.....	ii
Introducción.....	v
Objetivos.....	vi
Justificación.....	vii
Capítulo I.....	1
1. Sistemas de tratamiento de agua potable.....	1
1.1 Procesos de potabilización.....	1
1.2 Químicos que se utilizan en el tratamiento de agua potable.....	2
1.2.1 Para la desinfección.....	2
1.2.1.1 Derivados del Cloro, Hipoclorito y Bióxido de Cloro....	2
1.2.1.2 Otros productos .....	3
1.2.2 Para la coagulación .....	4
1.2.3 Tratamientos específicos .....	4
1.3 Parámetros que influyen en la calidad del agua.....	4
1.3.1 Parámetros físicos.....	5
1.3.2 Parámetros químicos.....	5
1.3.3 Parámetros bacteriológicos.....	6
1.4 Red de distribución de agua potable.....	6
Capítulo II.....	8
2. Sistema de abastecimiento de agua potable de EMPAGUA.....	8
2.1 Sistemas con los que cuenta EMPAGUA.....	8
Capítulo III.....	13
3.1 Normas de Control de Calidad del Agua.....	13
3.2 Parámetros de analizar .....	14
3.2.1 Físicos.....	14
3.2.1.1 Temperatura.....	14
3.2.1.2 Olor.....	14
3.2.1.3 Sabor.....	15
3.2.1.4 Turbiedad.....	15
3.2.1.5 Conductividad.....	16
3.2.1.6 Sólidos totales.....	16
3.2.1.7 Sólidos volátiles.....	16
3.2.1.8 Sólidos sedimentables.....	17
3.2.1.9 Sólidos filtrables.....	17

3.2.1.10	Sólidos en suspensión.....	18
3.2.1.11	Sólidos fijos.....	18
3.2.1.12	Sólidos disueltos.....	18
3.2.1.13	Potencial de Hidrogeno (pH).....	18
3.2.1.14	Color.....	19
3.2.2	Químicos.....	20
3.2.2.1	Cloro residual.....	20
3.2.2.2	Aluminio residual.....	20
3.2.2.3	Dureza total.....	21
3.2.2.4	Alcalinidad total.....	21
3.2.2.5	Acidez.....	22
3.2.2.6	Cloruros.....	23
3.2.2.7	Fluoruros.....	23
3.2.2.8	Sulfatos.....	23
3.2.2.9	Nitratos.....	24
3.2.2.10	Detergentes.....	24
3.2.2.11	Nitrógeno amoniacal (Amoniac NH <sub>3</sub> ).....	25
3.2.2.12	Nitritos.....	26
3.2.2.13	Sulfitos.....	26
3.2.2.14	Hierro.....	27
3.2.2.15	Manganeso.....	28
3.2.3	Bacteriológicos.....	28
3.2.3.1	Coliformes totales.....	28
3.2.3.2	Coliformes fecales.....	29
3.2.3.3	Escherichia coli.....	29
3.2.3.4	Cholerae morbus.....	30
3.3	Red de puntos de muestreo.....	31
3.3.1	Puntos de control actual.....	31
3.3.2	Discusión y proposición de nuevos puntos.....	32
3.3.3	Cantidad y frecuencia.....	33
Capítulo IV.....		35
4.	Resultados de los análisis efectuados por el laboratorio de la USAC, del agua que suministró EMPAGUA durante los años 1,993 a 1,996.....	35
4.1	Calidad del agua cruda que ingresa a las plantas de tratamiento.....	36
4.2	Por punto de muestreo en la red de distribución.....	50
4.3	Por parámetro en los tanques de almacenamiento de las plantas de tratamiento.....	56
4.4	Por planta de tratamiento en cada proceso.....	67
Capítulo V.....		81
5.	Discusión de resultados y comparación con las normas.....	81
5.1	Parámetros químicos.....	82

5.2 Parámetros físicos.....	86
5.3 Parámetros bacteriológicos.....	90
Conclusiones.....	Viii
Recomendaciones.....	x
Bibliografía.....	xi
<b>Anexos</b>	
1. Esquema de tratamiento de agua potable.	
2. Esquemas de cada una de las plantas de tratamiento de agua potable de la empresa municipal de agua de la ciudad de Guatemala.	
3. Norma COGUANOR	
4. Normas Internacionales	
4.1. OMS	
4.2. AWWA	
4.3. Canadá, Comunidad Económica Europea y Japón.	
5. Listado de Puntos de muestreo	
6. Mapa de ubicación de puntos de muestreo	
7. Mapa de ubicación de cada planta de tratamiento de EMPAGUA	
8. Técnica de colecta de muestra de agua.	
9. Formato de cuadros de resultados físico, químico y bacteriológico del laboratorio de química y microbiología sanitaria del centro de investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala.	

## SIMBOLOGIA

AWWA=	Asociación Americana del Trabajo del Agua
°C=	Grados centígrados
COGUANOR=	Comisión Guatemalteca de Normas
mg/L=	miligramos por litro
m <sup>3</sup> /día=	metros cúbicos por día
NMP=	Número más probable
OMS=	Organización Mundial de la Salud
p H=	Potencial Hidrogeno
%=	Porcentaje
Umhos/cm=	Microhomios por centímetro
UTN=	Unidades Turbidimétricas Nefelométricas
EMPAGUA	Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Capital de Guatemala.

## GLOSARIO

### 1. AGUA CONTAMINADA

Este término se aplica al agua que revela la presencia de desechos líquidos domésticos y desechos industriales, al igual que el agua polucionada, se considera no adecuada para usos potables, culinarios o industriales.

### 2. AGUA POTABLE

Es aquella que por sus características de calidad, especificadas en las normas de calidad de agua, es adecuada para el consumo humano.

Se define como aquella agua que además de ser agradable a los sentidos, es sanitariamente segura.

### 3. AIREACIÓN

Es el proceso por medio del cual se le agrega oxígeno al agua por medios artificiales o naturales.

### 4. AWWA

Es una sociedad internacional científica y educacional dedicada al perfeccionamiento de la calidad del agua potable y su suministro, derivados del Standard Métodos, que es la base de todos los métodos a nivel mundial para hacer cada una de las pruebas.

### 5. COAGULACIÓN

Coagular significa unir. Es el resultado de la desestabilización de cargas eléctricas de los coloides por la adición de productos químicos por medio del cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas con peso específico superior al del agua.

### 6. COGUANOR

Depende del Ministerio de Economía.

Es la institución encargada, en Guatemala, de establecer o fijar las normas que rigen diferentes productos.

## **7. DESINFECCIÓN**

Es el proceso por medio del cual se destruye o dificulta el desarrollo de microorganismos de significado sanitario. En este caso se puede citar su acción contra microorganismos patógenos, algas y bacterias ferro-reductoras; pero no sus esporas.

## **8. FILTRACIÓN**

Es el proceso por medio del cual se separan los sólidos que tienen una densidad cercana a la del agua, los cuales se encuentran suspendidos y son pasados a través de un medio filtrante. La filtración es la etapa más importante del tratamiento de agua.

## **9. FLOCULACIÓN**

Flocular significa formar flóculos. En la coagulación, la fuerza principal es electrostática y prevalece la acción física o de agrupamiento físico.

Es necesario una mezcla suave y prolongada, en donde las partículas submicroscópicas se tornan distintas y visibles, siendo posible su decantación y filtración.

## **10. FLUORURACIÓN**

Es el proceso por medio del cual se le agrega flúor a el agua. El máximo de flúor que se debe de aplicar generalmente es 1.5 mg/lit. Dosificación que depende de la temperatura del lugar o región.

El flúor se aplica con el fin de evitar las caries dentales.

## **11. LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE (L.M.A)**

Valor de la concentración de cualquier característica de la calidad del agua, arriba de la cual el agua pasa a ser rechazable por sus consumidores desde un punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

## **12. LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (L.M.P)**

Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano.

### **13. NORMAS**

Son especificaciones y reglas que rigen el comportamiento de determinado producto.

### **14. OMS**

Esta organización vela por la salud general a nivel mundial (saneamiento, vacunas, medicina, etc.).

También se preocupa por hacer recomendaciones para la calidad de agua para consumo humano, y para ello han creado sus propias normas.

### **15. RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

Es el conjunto de tuberías donde circula el agua, en las diferentes zonas de la ciudad.

La red de distribución transporta el agua desde el lugar de tratamiento al consumidor.

### **16. SEDIMENTACIÓN**

Es la separación de las partículas suspendidas más pesadas que el agua, mediante la acción de la gravedad.

Por eso un sedimentador no es más que un tanque donde la velocidad de escurrimiento horizontal del agua es bastante baja, que permite la sedimentación de las partículas.



## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un trabajo de tesis que abarque el tema de "CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE SUMINISTRA LA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA: DETERMINACIONES, ANÁLISIS E ÍNDICES DE CALIDAD", se debe al interés que existe por parte de las autoridades de esta empresa, para analizar cada parámetro tanto físico, químico como bacteriológico de la calidad de agua que es suministrada a los usuarios.

Para realizar este trabajo de tesis se investigó toda la información de los muestreos que diariamente realiza el laboratorio de química y microbiología sanitaria, del centro de investigaciones de ingeniería, de la universidad de San Carlos de Guatemala en todas las plantas de tratamiento de agua potable y en la red de distribución del sistema de EMPAGUA. La información se procesó estadísticamente, comparando parámetros entre sí, tanto físicos, químicos como bacteriológicos, luego comparándolos con el límite aceptable y permisible de la norma COGUANOR 29001 de agua potable.

Este trabajo de tesis, contiene información de todas las plantas de tratamiento de agua potable (Lo de Coy, La Brigada, Cambray, Ilusiones, Santa Luisa, y Ojo de agua ), desde la calidad de agua cruda que ingresa a cada una de las plantas, así como información de todo el proceso de que consta cada planta (Entrada de río, Vertedero de entrada, Canal de mezcla, Sedimentadores y tanque de distribución). Dicha información se trabaja estadísticamente, cuyos resultados abarcan el período de 1,993 a 1,996.

Son cuatro (4) años analizados, donde también se analiza el agua distribuida en la red de distribución, a través de la selección de cincuenta y siete (57) puntos de muestreo, ubicados en toda la ciudad capital.

Por tal motivo, se pretende con el presente trabajo analizar el proceso de tratamiento de agua potable, y cuya información pueda ser consultada por estudiantes, profesionales, usuario y público en general, proporcionando con ello un instrumento de trabajo que permita conocer, de una forma amplia, la calidad de agua suministrada por EMPAGUA.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Realizar un estudio que determine las condiciones de calidad en la prestación de servicio de agua potable a la población de la ciudad capital de Guatemala.

### **ESPECÍFICOS**

- 1.- Realizar un estudio cualitativo y cuantitativo de los parámetros de calidad determinados en la red de distribución de la Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala, EMPAGUA, para comprobar la calidad del agua servida a la población.
- 2.- Comparar los resultados obtenidos en el universo del muestreo estudiado, con las normas nacionales e internacionales.
- 3.- Presentar una propuesta que permita ubicar nuevos puntos de muestreo, para análisis de la calidad del agua en las nuevas áreas de expansión habitacional.
- 4.- Proponer un programa de intervención inmediata en los puntos donde se detecte que el agua no cumple con las normas de calidad.

## JUSTIFICACIÓN

La empresa Municipal de Agua tiene definidos una serie de puntos de control en distintas áreas de la ciudad capital de Guatemala, en los cuales el laboratorio de química y microbiología sanitaria del centro de investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realiza un muestreo diariamente la calidad de agua suministrada a los usuarios, sin embargo, la ciudad ha crecido rápida y desordenadamente en los últimos años, habiéndose visto EMPAGUA en la obligación de proporcionarles el servicio de agua, por lo que se hace necesario estudiar la ubicación de los puntos de muestreo actuales y determinar si es necesario aumentarlos y si los recursos no lo permiten, al menos redistribuirlos, tomando en cuenta los nuevos sistemas de producción con que cuenta EMPAGUA, y los sectores de población que se ha incorporado recientemente como usuarios de la misma, para que la información que se genere se más representativa de las condiciones en que se presta el servicio en la actualidad.

La información que existe en el laboratorio de química y microbiología sanitaria del centro de investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, es de más o menos veinte años, esta información puede ser aprovechada científicamente para que a través de métodos estadísticos se determine la calidad de agua correspondiente para cada parámetro y del análisis de los mismos sugerir recomendaciones para mejorar la calidad del agua suministrada si existen deficiencias.

## CAPÍTULO 1

### 1 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Se le llama así al conjunto de obras que permiten captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua potable a un conglomerado que podría utilizarla para uso domestico, industrial u otros fines.

En general, los sistemas de tratamiento de agua potable constan de las siguientes partes: desarenador; de donde se conduce a un tanque de compensación, desde donde el agua es enviada a través de tubería llamada línea de conducción, eventualmente utilizando equipo de bombeo o por gravedad, según la topografía del terreno, hasta llegar a la planta de tratamiento de agua potable, para posteriormente ser distribuida a la población. Ver esquema No. 1. del anexo No.1.

#### 1.1 PROCESOS DE POTABILIZACIÓN

Para tratar el agua y hacerla apta para consumo humano existen procesos unitarios de tratamiento que alteran la condición específica inicial del agua. Generalmente los procesos más comunes son :

- Aireación
- Rejas
- Desarenamiento
- Coagulación
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección
- Fluoruración

En aguas provenientes de ríos, lagos, manantiales y aguas subterráneas, antes de tomar una decisión acerca de qué tratamiento se le dará a la misma, deben realizarse análisis físico-químicos y exámenes bacteriológicos precisos, con el fin de determinar las concentraciones de los diferentes parámetros físicos y químicos y de conocer el grado de contaminación bacteriológica, si la tuviera. Dichos análisis deben realizarse en diferentes épocas del año, por varios años.

## **1.2 QUÍMICOS QUE SE UTILIZAN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

Los productos químicos que más se utilizan en tratamiento de agua son :

### **1.2.1 PARA LA DESINFECCIÓN:**

Cuyo proceso está destinado a destruir o dificultar el desarrollo de microorganismos de significado sanitario. En este caso se puede citar su acción contra microorganismos patógenos, algas y bacterias ferro-reductoras.

#### **1.2.1.1 DERIVADOS DEL CLORO, HIPOCLORITOS Y BIÓXIDO DE CLORO:**

Los productos más utilizados son el hipoclorito de sodio, el hipoclorito de calcio, el bióxido de sodio y el cloro gaseoso. El hipoclorito de calcio existe en concentraciones de 30%, 65% y 70% de cloro activo. El hipoclorito de sodio existe en concentraciones de 12% a 15% y bióxido de cloro en concentración de 26.3%. El cloro gaseoso se encuentra en concentraciones de 99 %, son fáciles de guardar y manipular y no se requiere de equipo muy especializado.

El Cloro, es indudablemente el elemento más importante que existe para la desinfección del agua. Además se usa para: eliminar olores y sabores, evita la formación de algas, elimina el hierro y manganeso y ayuda a la coagulación de materias orgánicas.

Al procedimiento para desinfectar el agua utilizando el cloro o alguno de sus derivados como los hipocloritos de calcio o de sodio se le denomina Cloración.

En los abastecimientos de agua potable de las grandes ciudades y poblaciones importantes, se emplea el gas cloro, mientras que para abastecimientos medianos o pequeños se utilizan los hipocloritos. El manejo del gas cloro debe estar encomendado, exclusivamente, a personas capacitadas para ello.

Para establecer cuál es la demanda de cloro en un abastecimiento se realiza la denominada prueba de "Demanda de Cloro", la que tiene por objeto establecer la cantidad de cloro que una determinada agua necesita para que reaccione con las sustancias orgánicas y con otras que contenga.

La demanda de cloro, no es más que la diferencia que existe entre la cantidad de cloro que se agrega y la que permanece como residual, después de un determinado tiempo de contacto. Para cada agua, la demanda de cloro varía, según sea la cantidad de cloro agregado, la clase de cloro residual que se desee, el tiempo de contacto y la temperatura. A mayor cantidad de cloro requerido, mayor será la demanda de cloro en el agua.

La aplicación de las soluciones de hipocloritos o de cloro en un sistema de abastecimiento de agua se puede realizar en diferentes puntos.

El punto de aplicación de las soluciones, se hace generalmente en el tanque de distribución. La caída de la solución de hipoclorito al tanque, debe ser sobre, o lo más cercano posible, de la entrada de agua de la conducción, con el objeto de lograr una buena mezcla, en un tiempo relativamente corto. También se recomienda en algunos casos preclorar el agua, lo cual se hace en la entrada de los floculadores.

Para elegir el punto de aplicación se toman en cuenta varios factores tales como: fácil operación y mantenimiento, accesibilidad, etc..

Los hipocloritos se fabrican comercialmente con diferentes concentraciones. Los más convenientes son los que contienen mayor porcentaje en peso de cloro equivalente. Son poco estables y siempre se deben guardar en envases cerrados y en lugares secos.

Es bueno mencionar que para valores de pH de 5 o menores el cloro aparece como cloro molecular; para valores de pH entre 5 y 6, casi enteramente como ácido hipocloroso; por encima de un pH igual a 6 ya aparecen los iones hipocloritos, que pasan a ser predominantes en los alrededores de pH igual a 7.5. Dentro del rango de pH, donde se encuentra la mayoría de aguas para el consumo, el cloro aparece como ácido hipocloroso e iones de hipoclorito y es denominado "Cloro Libre Disponible".

Las reacciones químicas del cloro y sus compuestos están influidas, en especial en su aceleración, por factores tales como la temperatura. Esta última es de vital importancia al considerar los posibles "tiempos mínimos de contacto" del agente desinfectante con el agua, para asegurar la efectividad de acción.

Este tiempo de contacto debe ser determinado experimentalmente para el agua, ya que la diversidad de factores que lo influyen descartan su determinación teórica.

#### **1.2.1.2 OTROS PRODUCTOS:**

El más comúnmente usado para la desinfección del agua es el cloro gaseoso, por la efectividad que tiene en sistemas cuyo abastecimiento no es constante, su bajo costo y facilidad de instalación, sin embargo en otros países se utilizan frecuentemente, los siguientes :

- a) **OZONO:** Es un oxidante poderoso que no deja olor, es difícil regular su aplicación, no tiene acción residual.

- b) **YODO:** muy buen desinfectante, necesita un tiempo de contacto de media hora. Es muy costoso para emplearse en abastecimientos de agua públicos.
- c) **PLATA:** en forma coloidal o iónica es bastante efectiva; no da sabor ni olor al agua. Su efectividad disminuye con la presencia de ciertas sustancias, como cloruros, que se encuentran a veces en exceso en el agua.

Además de los productos químicos existen varios métodos físicos dentro de los cuales se pueden mencionar:

- **FILTRACIÓN:** Ayuda a eliminar bacterias, pero por sí solo, no puede garantizar la potabilidad del agua.
- **EBULLICIÓN:** Método excelente para destruir microorganismos patógenos que suelen encontrarse en el agua; bacterias, quistes y huevos.

### 1.2.2 PARA LA COAGULACIÓN:

Para la coagulación y unir las partículas de pequeños sedimentos y precipitarlos se utilizan normalmente los químicos siguientes: Sulfato de aluminio y sulfato férrico.

El Sulfato de Aluminio es el compuesto químico resultante de la reacción entre el ácido sulfúrico y un mineral con un alto contenido de aluminio.

El Sulfato Férrico, suele preferirse para trabajar con aguas muy ácidas, aunque si se le adiciona al coagulante (Sulfato de Aluminio o Sulfato Férrico) un álcali (Cal), puede utilizarse en un rango más amplio de pH que puede ir de 3.5 a 11.0

### 1.2.3 TRATAMIENTOS ESPECÍFICOS:

Los tratamientos específicos son los pretratamientos que se pueden realizar desde la captación, aplicando químicos para ayudar el tratamiento final en la planta de tratamiento. Los químicos que se pueden aplicar son Sulfato de Cobre, Permanganato de Calcio y Polielectrolitos.

El Sulfato de Cobre, trabaja como un alguicida, se usa para eliminar algas; mientras que los Polielectrolitos están constituidos por cadenas orgánicas largas de alto peso molecular, que pueden ser dotadas de cargas eléctricas positivas, negativas o neutras y que actúan como coadyuvantes del sulfato.

## 1.3 PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL AGUA

Los parámetros que influyen en la calidad del agua pueden dividirse en cuatro categorías: parámetros Físicos, Químicos, Bacteriológicos y especiales.

Fundamentalmente son tres los tipos más comunes de pruebas que se realizan en los laboratorios, para determinar la calidad del agua para consumo humano, se clasifican en: Análisis físico, Análisis químico y Examen bacteriológico.

Dentro de los parámetros físicos están los análisis que se relacionan con la medición y registro de aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos. Para ello se hace uso de ciertos parámetros que permiten tener un juicio bastante acertado de la calidad del agua desde este punto de vista.

### 1.3.1 PARÁMETROS FÍSICOS:

Los parámetros físicos más importantes que se analizan son los siguientes:

- olor
- aspecto
- color
- turbiedad
- temperatura
- potencial de hidrógeno (pH)
- conductividad eléctrica
- sólidos totales
- sólidos disueltos
- sólidos en suspensión
- sustancia mineral fija
- sabor
- sólidos volátiles
- sólidos sedimentables
- sólidos filtrables
- sólidos fijos

### 1.3.2 PARÁMETROS QUÍMICOS:

Estos parámetros y análisis permiten determinar las cantidades de materia mineral y orgánica en el agua y que pueden afectar la calidad.

Proporcionan datos acerca de contaminaciones y muestra las variaciones que pueden ocasionarse dentro de un determinado proceso de tratamiento con lo cual se puede controlar el mismo.

Los análisis químicos permiten analizar, principalmente, los siguientes parámetros:

- nitrógeno orgánico
- nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ )
- nitratos



- nitritos
- hierro
- manganeso
- cloruros
- fluoruros
- sulfatos
- sodio
- potasio
- calcio
- magnesio
- dureza total
- acidez
- alcalinidad total
- aluminio residual
- detergentes
- sulfitos
- alcalinidad de hidróxidos
- cloro residual

### **1.3.3 PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS:**

Mediante el examen bacteriológico es posible determinar la presencia del grupo coliforme total, formado por la *Escherichia Coli* y *Enterobacter Aerogenes*, cuando se incuban a 35 °C y el Coliforme Fecal formado por la *Eschechia Coli* incubado a 44.5 °C.

El examen se efectúa en dos etapas de cultivo que son:

- Prueba presuntiva
- Prueba confirmativa

La prueba presuntiva se hace con una muestra donde hay que realizarles los exámenes bacteriológicos completos y uno presume que hay algún tipo de bacteria. Entonces se hace la prueba preliminar que indica si hay o no bacterias.

La prueba confirmativa es la que indica qué clase de bacteria es la que hay en esa muestra.

## **1.4 RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

Es el conjunto de tuberías donde circula el agua para su distribución en las diferentes zonas de la ciudad.

La red de distribución transporta el agua desde el lugar de tratamiento al consumidor. Su diseño y dimensiones dependerán de la topografía de la ubicación

y el tamaño de la comunidad. El objetivo siempre será asegurar que los consumidores reciban un abastecimiento suficiente e ininterrumpido y que el agua no se contamine durante la distribución.

Los sistemas de distribución son especialmente vulnerables a la contaminación cuando baja la presión, como ocurre, en particular, en los abastecimientos intermitentes existentes en muchas ciudades de países en desarrollo.

La calidad bacteriológica puede empeorar durante la distribución. Si el agua contiene cantidades apreciables de carbón orgánico o amoniaco asimilables, no podrán mantenerse concentraciones residuales suficientes de desinfectantes. Si esas tuberías no se lavan por descarga de agua y se limpian con bastante frecuencia, podrán desarrollarse bacterias y otros organismos de efectos molestos. Cuando el agua contiene carbón orgánico asimilable en cantidad apreciable ( mayor de 0.25 mg/litro ) y cuando su temperatura sobrepasa los 20 °C , es necesario mantener una concentración de cloro residual en estado libre de 0.25 mg/litro para impedir que proliferen *Aeromonas* y otras bacterias de efectos molestos. Los microorganismos adheridos pueden desarrollarse, incluso, en presencia de residuos de cloro. El objetivo debería ser obtener agua biológicamente estable, con concentraciones muy bajas de compuestos orgánicos y amoniaco, a fin de evitar que, durante la distribución, se planteen problemas de proliferación microbiana.

Las *Aeromonas* son bacterias que se desarrollan en presencia de oxígeno. Para evitar su proliferación en el agua se deben mantener una concentración de cloro residual, en estado libre, superior a 0.25 mg/l.

Las reparaciones efectuadas en la tuberías presentan otra posibilidad de contaminación. La pérdida local de presión puede dar lugar al sifonaje de aguas contaminadas, a menos que se introduzcan en el sistema válvulas de retención en los lugares de riesgo, como los de abastecimiento para el riego de huertas y jardines y para sanitarios. Si la tubería ha sufrido daños y existe la posibilidad de que hayan penetrado en ella aguas residuales procedentes de una alcantarilla o un desagüe roto, la situación será muy grave.

Puede haber contaminación microbiana si los microbios proliferan en materiales de construcción inapropiados que entran en contacto con el agua, por ejemplo arandelas, revestimientos de tuberías y plásticos utilizados en estas últimas y en los grifos.

A las personas que se benefician del servicio de agua potable, tratada por una planta potabilizadora y que es recibida a través de la red de distribución, comúnmente se les denomina usuarios.

## CAPÍTULO 2

### SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE EMPAGUA

#### 2.1 SISTEMAS CON LOS QUE CUENTA EMPAGUA

La Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala dispone de cinco plantas de tratamiento de agua potable, las cuales son abastecidas por agua cruda proveniente de los nacimientos y ríos de los municipios circunvecinos a la ciudad así como en un porcentaje importante a través de aguas subterráneas.

Los nombres de las plantas de tratamiento de agua potable con que cuenta EMPAGUA son: (Ver esquema No. 2.)

- Lo de Coy
- La Brigada
- El Cambray
- Santa Luisa
- Las Ilusiones
- Ojo de Agua
- Sistema de Pozos

EMPAGUA tiene aproximadamente 68 pozos mecánicos en toda la ciudad de Guatemala, los cuales abastecen directamente a la red de distribución y algunos a tanques de distribución, que en total son 47. También hay que mencionar que la red de distribución tiene aproximadamente 291.5 kilómetros de longitud de tubería de diferentes diámetros, desde 2" hasta 32".

EMPAGUA abastece de agua potable a todas las zonas de la ciudad capital de Guatemala, ya que todas sus plantas de tratamiento están ubicadas en diferentes puntos estratégicos de la ciudad capital para tener una mejor cobertura del servicio, de tal manera que el vital líquido llegue a todos los usuarios, en óptimas condiciones sanitarias, ya que en cada planta de tratamiento de agua potable hay personal especializado en la producción de agua para consumo humano; desde los trabajadores operativos, jefes de turno, hasta Ingenieros Sanitarios, encargados de supervisión y control de calidad del agua de cada sistema y planta de tratamiento.

La producción total de agua que genera la empresa es aproximadamente 3.5 metros cúbicos por segundo, equivalentes a 302,400 m<sup>3</sup>/día.

También cuenta con un laboratorio químico biológico con personal capacitado, que se encarga del muestreo diario, en diferentes puntos de la red de distribución, el agua que es proveída por las diferentes plantas de tratamiento de agua potable. Las muestras se llevan al laboratorio para analizarlas, si los resultados de éstas se salen de los límites permisibles establecidos por las normas de calidad de agua, entonces el Ingeniero Sanitarista, encargado del sistema o planta de tratamiento, inmediatamente procede a corregir los errores operativos que se pueden dar dentro de la planta de tratamiento.

En el siguiente cuadro se muestran los promedios mensuales y anuales de producciones de cada sistema de tratamiento de agua potable (Lo de Coy, Brigada, Santa Luisa, Cambray, Ilusiones, Ojo de agua y sistema de pozos).

Esta tabla abarca del período de 1992 a 1997, y en la misma se puede observar que la planta de tratamiento que mayor producción tiene es Lo de Coy, porcentaje segundo, Ojo de agua; porcentaje tercero, Sistema de pozos; porcentaje cuarto, Santa Luisa; porcentaje quinto, Ilusiones; porcentaje sexto, Cambray; y por último, La Brigada. Promediando la producción de cada uno de los sistemas que abastecen a EMPAGUA, hacen una sumatoria promedio de  $3.5 \text{ m}^3 / \text{seg}$ .

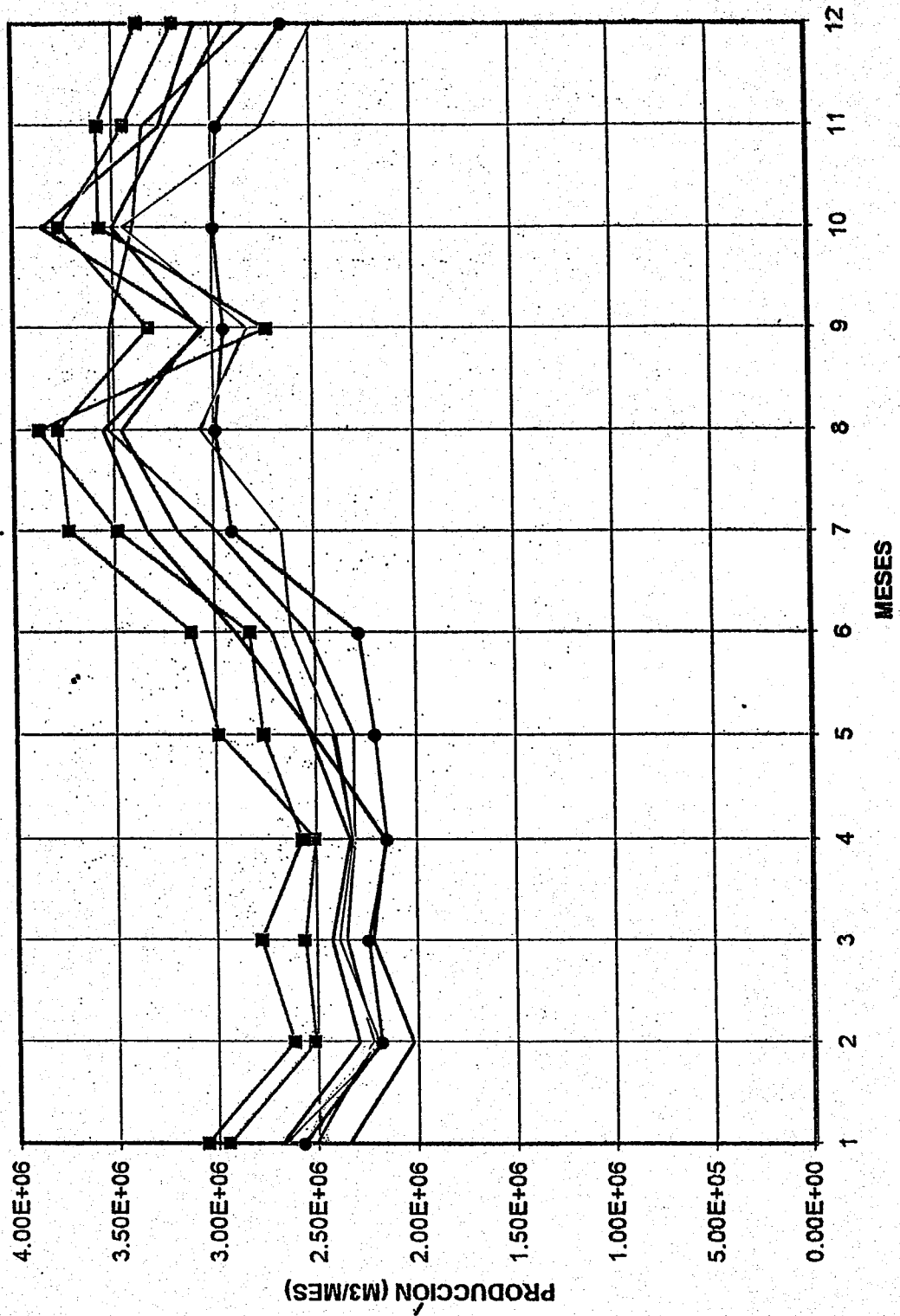
También se agregan las gráficas de producción de la planta Lo de Coy, de promedio de los años de 1992 a 1997. Se elige la gráfica de esta planta, debido a que ésta es una de las plantas de mayor producción con que cuenta la empresa municipal de agua de la ciudad de Guatemala, nótese el descenso de la producción en los meses de estío, y que agrava el abastecimiento a la ciudad.

Así también se agrega la gráfica de promedios mensuales de producción de cada una de las plantas de tratamiento de agua potable. Dichos promedios son de los años de 1992 a 1997.

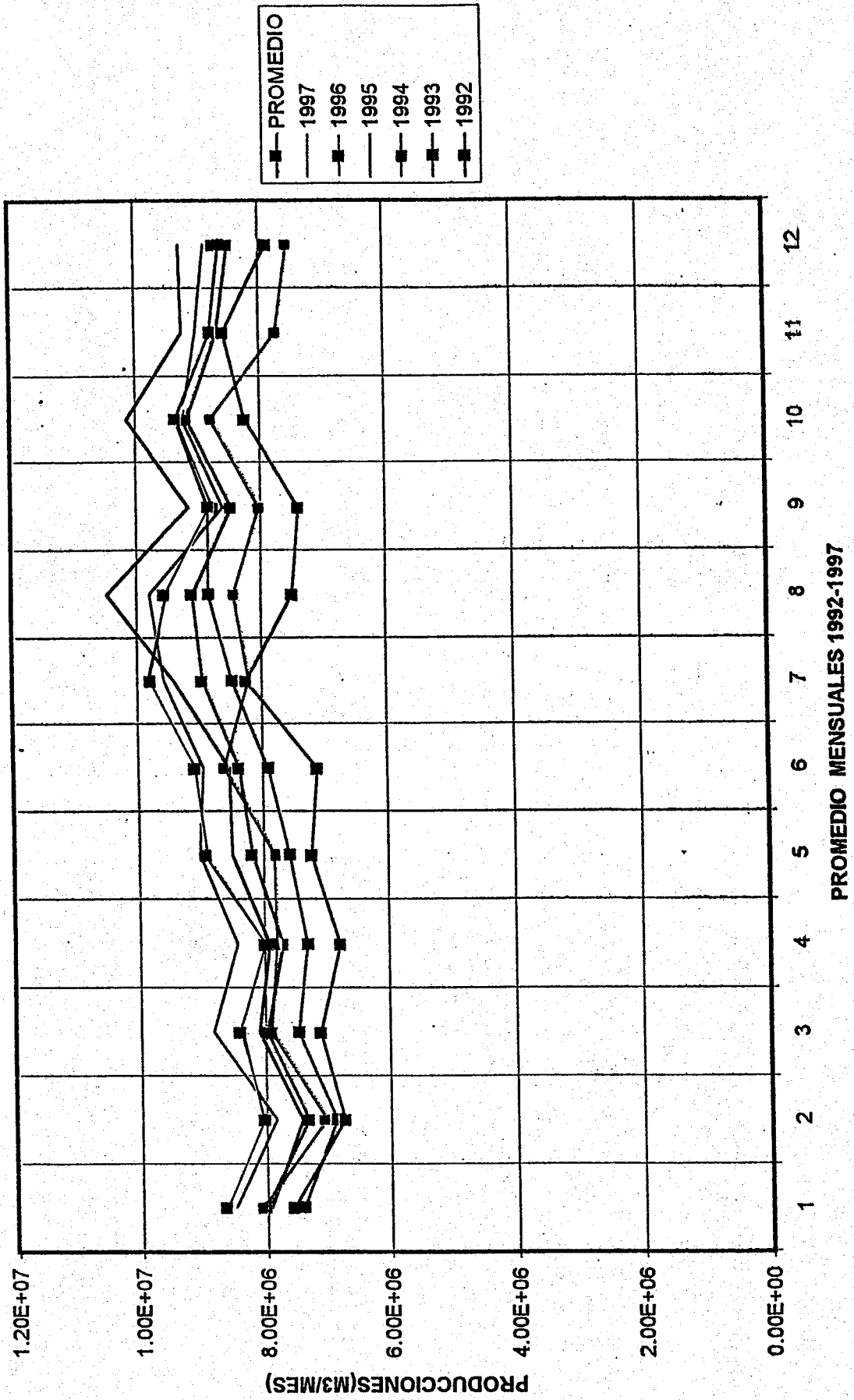
En estas gráficas se muestran en el eje de la abcisas las producciones en metros cúbicos por mes, y en el eje de las ordenadas el promedio mensual de los años de 1992 a 1997.



PRODUCCIONES PROMEDIO LO DE COY 1992-1997



PRODUCCIONES PROMEDIO MENSUALES 1992-1997



## CAPÍTULO No. 3

### 3.1 NORMAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA

En todo sistema de abastecimiento de agua pública, el agua debe cumplir con ciertas características, tanto físicas, químicas y biológicas, que están especificadas en las normas de calidad de agua.

Algunos países no cuentan con normas nacionales para el control de calidad y en su defecto se aplican las normas internacionales: OMS, y de otros países (Canadá, Comunidad Económica Europea y/o Japón)

Para el caso de Guatemala, existen las normas nacionales: COGUANOR,

Para verificar y comprobar la calidad y el comportamiento de determinado producto, se deben hacer diversos análisis y los resultados de éstos, compararlos con las normas.

En el campo del agua potable, COGUANOR, ha establecido la norma 29001, la cual establece los parámetros para control de la calidad del agua para consumo humano.

La Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala, EMPAGUA, se rige por esta norma (COGUANOR NGO 29001). Dichas normas se muestran en anexo No. 3.

Con referencia a las Normas Internacionales, tales como las promulgadas por la OMS, AWWA y otros países, se describen en el anexo No. 4, para su consulta y comparación.

Dentro de éstas se pueden mencionar las normas de otros países, pero para este trabajo de tesis solo se tomó en cuenta las de Canadá, establecida por Health Canadá; la Comunidad Económica Europea, establecida por Committee for Environmental Legislation; y la de Japón, establecida por Ministry of Health and Welfare.



## 3.2 PARÁMETROS A ANALIZAR

Tal y como se mencionó anteriormente los parámetros de control se dividen en Físicos, Químicos y Bacteriológicos. A continuación se describen cada uno de ellos indicando su definición y su significado.

### 3.2.1 FÍSICOS

#### 3.2.1.1 TEMPERATURA

Es el parámetro que indica la transferencia de calor en un cuerpo de agua. Esta propiedad influye notablemente en las características físicas y químicas. Es por esta causa que es importante su determinación en cualquier intento de evaluar la calidad del agua.

La temperatura máxima aceptable es de 30 °C, y la temperatura máxima permisible es de 34 °C. La temperatura es un factor en la proliferación de ciertas algas, en el grado de saturación del oxígeno disuelto y en la concentración de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

#### 3.2.1.2 OLOR

Los olores del agua son debidos a pequeñas concentraciones de compuestos volátiles orgánicos, aunque también producen olores algunos inorgánicos como el hidrógeno sulfurado. Generalmente las causas de olores en el agua se deben a:

1.- Cuando se descompone la materia orgánica proveniente de escurrimientos superficiales.

2.- Otros olores de las aguas superficiales son producidos por desechos industriales.

3.- También hay olores que son aromáticos, otros aromáticos y dulzones, florales, olor a pescado y aún otros sugieren a chiqueros. Otros olores se producen por adición de cloro al agua, algunos olores se intensifican con el cloro.

Por otro lado, el cloro destruye frecuentemente las sustancias que producen olor, especialmente cuando están en gran exceso. Por lo general el olor se determina en el agua cruda y tratada, aunque deben examinarse algunas muestras de los sistemas de distribución.

El olor es una medida de la aceptación por el consumidor de un abastecimiento, y el agua que se entregue debe tener una intensidad de (2) dos unidades o menos, generalmente se informa como umbral de olor, por la norma

COGUANOR el límite máximo aceptable y el límite máximo permisible es NO RECHAZABLE.

### 3.2.1.3 SABOR

Por lo general el sabor del agua está íntimamente relacionado con el olor y es causado por las mismas condiciones, sin embargo, la materia mineral disuelta puede impartir sabores, pero no olor al agua. Según los psicólogos, solo existen cuatro sensaciones verdaderas de sabor o gusto: Agrio, dulce, salado y amargo.

Todas las otras sensaciones que por lo general se atribuyen al sentido del gusto, son realmente olores aunque la sensación se percibe hasta que el material se lleva a la boca.

Un sabor metálico o salino puede indicar contaminación en el abastecimiento de agua.

La prueba del sabor sólo se debe al aplicar en el agua en que se conoce que es segura para consumo humano, es decir, agua tratada.

Cuando sea posible, se debe investigar interrogando a dos o más personas, con el objeto de buscar y registrar la opinión de éstas.

El Límite Máximo Aceptable y el Límite Máximo Permisible es No Rechazable

### 3.2.1.4 TURBIEDAD

La turbiedad de las aguas se debe a la presencia de sólidos suspendidos, tales como arcilla, limo, materia orgánica finamente dividida, algas y otros organismos microscópicos. Se debe entender claramente que la turbiedad es una expresión de la propiedad óptica de una muestra, que hace que los rayos luminosos se dispersen y se absorban, en lugar de que se transmitan en línea recta a través de ella. No son prácticos los intentos para relacionar la turbiedad con la concentración, en peso, de los sólidos en suspensión, pues el tamaño, forma e índice de refracción de las partículas son, ópticamente, de mayor importancia que la concentración y peso específico de las materias suspendidas.

El método normal para la determinación de la turbiedad es el método de bujía de Jackson; sin embargo, las suspensiones normalizadas por este método se pueden usar, con o sin dilución, en otros instrumentos. Por desgracia, los resultados obtenidos con otros aparatos no siempre concuerdan con los obtenidos con el turbidímetro de bujía, y por diferencias fundamentales en los sistemas ópticos, tampoco concuerdan, con suficiente aproximación, con las obtenidas en diversos tipos de instrumentos, aunque cada uno de ellos se haya precalibrado con el turbidímetro de Jackson.

El Límite Máximo Aceptable es 5 UTN y el Límite Máximo Permisible es 25 UTN

### 3.2.1.5 CONDUCTIVIDAD

La conductividad de una corriente eléctrica en agua puede explicarse por medio de la teoría de la disociación electrolítica. Esta teoría establece que cuando se disuelve en el agua un ácido, base o una sal, una porción considerable de la misma se disocia espontáneamente en iones positivos y negativos.

El Límite Máximo Aceptable es de 50 y el Límite Máximo Permisible es de 1500 umhos/cm.

La conductividad es una medida de la capacidad de un agua para transmitir la corriente eléctrica y esta propiedad está relacionada con la concentración total de sustancias ionizadas.

### 3.2.1.6 SÓLIDOS TOTALES

Este término se aplica al material que queda en un recipiente previamente lavado, después de la evaporación de una muestra determinada de agua y del secado subsecuente, a una temperatura definida.

En cuanto a sólidos, esta determinación es la única de importancia en el campo de los abastecimientos de agua, públicos e industriales.

En casos en que se necesite ablandar el agua, el tipo de procedimiento usado puede ser determinado por el contenido de sólidos totales, ya que los métodos de precipitación disminuyen los sólidos y los métodos de intercambio iónico los aumentan. Las determinaciones de sólidos totales son ordinariamente de escaso valor en los análisis de aguas contaminadas y aguas residuales domésticas, debido a que son difíciles de interpretar con exactitud.

El límite de concentración máxima permisible es: 500mg/L.

El límite de concentración máxima aceptable es: 1,500 mg / L.

### 3.2.1.7 SÓLIDOS VOLÁTILES

La definición de residuos o sólidos se refiere a la materia que permanece como residuo después de evaporar y secar a 103 - 105 °C la muestra de agua. Todos los materiales que ejercen una presión de vapor significativa a tales temperaturas se pierden durante los procesos de evaporación y secado.

El residuo presente representa solo aquellos materiales de la muestra que tienen una presión de vapor insignificante a los 105 °C.

Debido a la amplia variedad de materiales inorgánicos y orgánicos encontrados en los análisis para residuos o sólidos, las pruebas son de carácter empírico. Por lo tanto las determinaciones para residuos o sólidos no están sujetas a los criterios usuales de exactitud. La temperatura a la cual se seca el residuo tiene una relación importante en los resultados, puesto que la pérdida de peso debido a la volatilización de la materia orgánica, el agua mecánicamente absorbida, el agua de cristalización y los gases de la composición química producida por el calor, como el peso ganado debido a la oxidación, dependen de la temperatura y del período de calentamiento.

El Límite Máximo Aceptable es 105 y el Límite Máximo Permisible es 200 mg/L.

### 3.2.1.8 SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Estos parámetros físicos generalmente no se hacen en agua potable, sólo en aguas residuales.

Esta determinación se hace principalmente en aguas residuales de origen doméstico e industrial, y sirve prácticamente como base de diseño para los sedimentadores primarios y secundarios en una planta de tratamiento de aguas residuales, su determinación es a través de un cono imhoff, en donde se agita la muestra, se lleva un litro se deja que se sedimenten por una hora, pasada esa hora se observa la cantidad de sedimento que se precipitó en centímetros cúbicos.

El Límite Máximo Aceptable es 5 y el Límite Máximo Permisible es de 10 a 20 mg/L.

### 3.2.1.9 SÓLIDOS FILTRABLES

Para bebida, para uso domestico y para propósitos industriales especiales, es menos aceptable una agua altamente mineralizada que una agua con un contenido mineral bajo o moderado. Se puede tener una buena indicación de la cantidad de sustancias minerales, pesando el material que deja después de evaporarla. Si la muestra se filtra antes de la evaporación, el residuo se denomina residuo filtrable, si no es así se llama residuo total.

Se pretende que este método sencillo proporcione una indicación aproximada de los sólidos disueltos en una agua potable. Se ha demostrado, en muchos casos, que los resultados son suficientemente exactos.

El Límite Máximo Aceptable es 5 y el Límite Máximo Permisible es 10 mg/L.

### 3.2.1.10 SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN

En casos donde la turbiedad medida se considera adecuada para obtener la información necesaria, los sólidos suspendidos pueden ser determinados por filtración a través del crisol Gooch en la manera usual.

Este método se basa pasar un volumen conocido de líquido por un filtro. Por lo general, el filtro se elige de modo que el diámetro mínimo de los sólidos suspendidos sea aproximadamente una micra ( $\mu\text{m}$ ); la fracción de sólidos suspendidos incluyen los sólidos sedimentables.

El Límite Máximo Aceptable es 100 y el Límite Máximo Permisible es de 220 a 350 mg/L.

### 3.2.1.11 SÓLIDOS FIJOS

Los sólidos fijos se encuentran de la pérdida por ignición y material volátil. Es decir, el residuo de los residuos sólidos en una mufla que es un aparato que sirve para evaporar el agua a una temperatura de 600 °C, durante una hora.

El Límite Máximo Aceptable es 145 y el Límite Máximo Permisible es de 300 a 525 mg/L.

### 3.2.1.12 SÓLIDOS DISUELTOS

La determinación de sólidos disueltos es sujeto a consideración de error, no se tienen las proporciones de cómo discutirlos y usualmente el tamaño de la muestra es de 50 cm<sup>3</sup>, o menos, quizá la dificultad encontrada en muestras grandes, es el peso de sólidos removidos que excede cada vez en 20 mg.. Y es frecuente que en 10 mg. los errores sean más pequeños en pesadas o pérdidas. Se puede eliminar en filtros de marco de cartón, significativamente, por ello es extremadamente importante que el crisol de Gooch sea cuidadosamente preparado y llevado a peso constante después del uso.

El Límite Máximo Aceptable va de 250 a 500 mg/L, y el Límite Máximo Permisible es de 850 mg/L.

### 3.2.1.13 POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)

El pH es el logaritmo de la recíproca de la concentración del ion hidrógeno, o más precisamente, de la actividad del ion hidrógeno, en moles por litro. El pH interviene en el cálculo de carbonato, bicarbonato y bióxido de carbono, lo mismo que en el cálculo del índice de corrosión o estabilidad, y en el control de los procesos de tratamiento de agua. La escala práctica del pH comprende del 0, muy ácido, al 14, muy alcalino, con el valor medio de pH de 7 que corresponde a la neutralidad

exacta, a 25°C. Mientras que los términos "alcalinidad" y "acidez" indican la reserva total o capacidad amortiguadora de una muestra, el valor del pH representa la actividad instantánea del ion hidrógeno.

Selección del método: el pH se puede medir bien sea colorimétrica o electrométricamente. El método colorimétrico requiere una menor inversión inicial, pero está sujeto a graves interferencias por el color, la turbiedad, un alto contenido salino, las materias coloidales, el cloro libre y por varios agentes oxidantes y reductores; los indicadores se pueden deteriorar, lo mismo que los patrones de color con los que se comparan, y más aún, ningún indicador abarca toda la gama de pH de interés en las aguas. En líquidos poco amortiguados, término que se puede aplicar a algunas aguas, los mismos indicadores alteran el pH de la muestra que van a comparar, a no ser que tales indicadores se preajusten a un pH muy próximo al de la muestra. Por estas razones, el método colorimétrico sólo es indicado para una estimación tosca. Se considera como normal el método electrométrico.

El Límite Máximo Aceptable va de 7 a 8.5 y el Límite Máximo Permisible va de 6.5 a 9.2 Unidades.

#### 3.2.1.14 COLOR

Generalmente cuando se habla de calidad del agua suele asociársele tres propiedades inherentes a ella, sabor, olor y color, al considerarse la primera de ellas se observa que en el agua para consumo humano tiene aceptación la transparencia, la carencia de color (incolora), pero en diversos abastecimientos el agua se encuentra coloreada y tiene el problema de que no es aceptada y es rechazada por el usuario, hasta que no se le trata removiendo dicha coloración.

Existe un color natural en el agua como producto de las partículas coloidales cuajadas negativamente, también del contacto de desechos orgánicos tales como hojas, principalmente de coníferas y materia en diferentes estados de descomposición, así como extractos vegetales de gran variedad, y algunas sustancias minerales disueltas, tales como sales de hierro y manganeso que se encuentran en aguas superficiales y subterráneas.

El origen de la presencia del color en el agua podría deberse a materia suspendida, denominada "color aparente"; una vez eliminado dicho color el resultante se conoce como "color verdadero", siendo éste último el de interés para su determinación.

Para la determinación del color se ha adoptado una medida estándar, la cual es usada directa o indirectamente en la medida del color verdadero, así, en ocasiones es necesario remover la materia suspendida para la cual se selecciona cuidadosamente un sistema apropiado como la centrifugación.

No siempre puede efectuarse una filtración común, debido a la marcada acción de colorante que se lleva a cabo.

Los límites que se recomiendan en las aguas para consumo humano son las siguientes: Límite máximo aceptable 5 unidades  
Límite máximo permisible 50 unidades

### **3.2.2 QUÍMICOS**

#### **3.2.2.1 CLORO RESIDUAL**

Anteriormente se indicó la importancia de garantizar que cualquier contaminación que sufre el agua, posteriormente, a la salida del sitio de producción, sea contrarrestada por el efecto residual que ofrece el cloro como desinfectante.

Los principales motivos de esas contaminaciones son las conexiones cruzadas en las redes de distribución del agua potable, fenómeno que existe aún cuando se toman las mayores medidas para evitar que suceda. Otra fuente de contaminación la constituyen los tanques de almacenamiento, ya que aunque éstos están sujetos a programas periódicos de limpieza, siempre existe la posibilidad de que se ocasione una contaminación posterior.

Dado que el agua ejerce su demanda de cloro en función de su carga orgánica, en este caso la contaminación, debe existir en cualquier punto de la red alguna seguridad en cuanto al estado microbiológico del agua. Si los usuarios del servicio de agua potable supieran detectarlo en sus casas, sabrían la seguridad que existe en el aspecto salud, del servicio que se les está prestando

Es por esta razón que el control del cloro residual debe ejercerse independientemente de los controles microbiológicos y químicos, ya que permite determinar el peligro en forma inmediata, corrigiéndose igualmente la falla.

El Límite Máximo Aceptable va de 0.3 a 0.5 y el Límite Máximo Permisible va de 0.6 a 1.0 mg/L.

#### **3.2.2.2. ALUMINIO RESIDUAL**

El aluminio es el tercer elemento más abundante de la corteza terrestre y se encuentra en minerales, rocas y arcillas. Esta amplia distribución explica la presencia del aluminio en prácticamente todas las aguas naturales, bajo la forma de sales solubles, coloidales o insolubles. Además se puede encontrar el aluminio en las aguas tratadas, bien sea en forma soluble, coloidal o insoluble, como un residuo de la coagulación con el alumbre.

El Límite Máximo Aceptable es de 0.050 y el Límite Máximo Permisible es de 0.100 mg/L.

### 3.2.2.3. DUREZA TOTAL

Originalmente, el concepto de la dureza de un agua era un índice de la capacidad del agua para precipitar el jabón. El jabón se precipita, principalmente, por los iones de calcio y magnesio que, comúnmente, se presentan en las aguas, pero igualmente se puede precipitar por los iones de otros metales polivalentes, como hierro, aluminio, manganeso, estroncio y cinc y también por los iones de hidrógeno.

Como, con excepción de los dos primeros, los restantes se encuentran presentes en concentraciones insignificantes en las aguas, se define la dureza como una característica del agua que representa la concentración total de los iones de calcio y magnesio, expresados bajo la forma de carbonato de calcio; sin embargo, si se encuentran presentes en cantidades de significación, se deben incluir también los otros iones metálicos productores de dureza.

Cuando la dureza es numéricamente mayor que la suma de la alcalinidad de carbonato y de la alcalinidad de bicarbonato, la cantidad de dureza que es equivalente a la alcalinidad total se denomina "dureza de carbonato" y la cantidad de dureza en exceso de la anterior recibe el nombre de "dureza de no carbonato". Cuando la dureza es numéricamente igual o menor que la suma de las alcalinidad de carbonatos y bicarbonatos, toda la dureza es "dureza de carbonato" y no se tiene "dureza de no carbonato".

Expresión de los resultados: cuando se reporte la dureza, el analizador debe indicar los iones determinados o el método que se haya aplicado, por ejemplo, "dureza (Ca.Mg)", "dureza (Ca, Mg, Sr, Fe, Al, etc)", "dureza EDTA".

El Límite Máximo Aceptable es 100 y Límite Máximo Permisible es de 500 mg/L.

### 3.2.2.4. ALCALINIDAD TOTAL

Desde el punto de vista químico, la alcalinidad de un agua natural se define como la capacidad de la solución para neutralizar un ácido o bien también se puede definir como una medida de los constituyentes básicos (alcalinos) del agua. La alcalinidad del agua se presenta generalmente en la forma de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio, y potasio, siendo los bicarbonatos los que representan la principal forma de alcalinidad, siendo formados por la acción del bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) sobre materiales básicos en el suelo. Otras sales de ácidos orgánicos, pero resistentes a la oxidación biológica, forman sales, aumentando así la alcalinidad del cuerpo de agua.



La alcalinidad varía con el lugar de procedencia del agua, desde unos cuantos miligramos por litro, hasta varios cientos.

Las aguas residuales domésticas tienen regularmente una alcalinidad ligeramente mayor del agua de la que procede, pero un incremento anormal en ella, en relación con el agua de la que proviene, o con la creciente receptora, indica que se está descargando un desecho industrial muy alcalino en el sistema de alcantarillado o en la corriente.

El agua altamente alcalina no es aceptable para el abastecimiento público, teniendo que ser sometida a tratamiento para su uso.

En las normas consultadas el Límite Máximo Aceptable va de 50 a 100 y el Límite Máximo Permisible es de 200 mg/L.

### **3.2.2.5. ACIDEZ**

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

#### **Discusión general:**

**Principio:** En muchas aguas naturales, que se usan para propósitos de consumo humano, existe un equilibrio entre carbonato, bicarbonato y bióxido de carbono. Los carbonatos y bicarbonatos se pueden estimar por titulación de la alcalinidad con un ácido valorado, al punto de equivalencia del bicarbonato, de pH igual a 8.3 y, posteriormente, al punto de equivalencia del ácido carbónico en el ámbito de pH de 4 a 5. Los contaminantes ácidos, que entran a los abastecimientos de agua en cantidad suficiente, pueden alterar el equilibrio carbonato-bicarbonato-bióxido de carbono y la amplitud de esta alteración se puede estimar por titulación con un álcali valorado a los valores de pH de 4.5 a 8.3.

Se ha encontrado útil la titulación de la muestra a la temperatura de ebullición, es presencia del indicador de fenolftaleina, para el control de las plantas de agua, cuando la fuente de abastecimiento se ha contaminado con ácidos minerales y sales ácidas, provenientes de los drenajes ácidos de minas y de algunos desechos industriales. El calor acelera la hidrólisis del sulfato de hierro y aluminio, permitiendo la terminación rápida de la titulación. Esta determinación proporciona una estimación de la cantidad de cal que se pueda necesitar para que tales aguas sean satisfactorias para uso general.

Las aguas naturales contienen pequeñas cantidades de ácido carbónico en equilibrio con el bióxido de carbono disuelto, y además, algunas aguas blandas de zonas pantanosas pueden contener ácidos orgánicos deslavados o extraídos de la

vegetación. Las aguas de las corrientes fluviales, que reciben drenajes de minas o descargas de algunos desechos industriales a menudo ostentan un carácter ácido. En aguas negras domésticas frescas, la presencia de acidez indica, por lo general, la descarga de desechos industriales ácidos al sistema de alcantarillado.

La acidez se puede determinar por titulación con un indicador (método A) o por titulación potenciométrica (método B), recomendándose este último cuando las soluciones son muy coloridas o turbias, puesto que se afecta menos por estas causas.

#### **3.2.2.6. CLORUROS**

El ion cloruro es uno de los principales aniones de las aguas y de las aguas negras. En concentraciones excesivas, el cloruro puede impartir al agua un sabor salino.

El Límite Máximo Aceptable es 200 y el Límite Máximo Permisible es 600 mg/L.

#### **3.2.2.7. FLUORUROS**

El aumento en la práctica de fluoruración de los abastecimientos de agua, como una medida de higiene pública, ha dado mayor importancia a la determinación exacta de ion fluoruro en las aguas. Para mantener la efectividad y seguridad del procedimiento de fluoruración es esencial conservar constante la concentración de fluoruro.

Entre los diferentes métodos que se han sugerido para la determinación del ion fluoruro en las aguas, se considera que, en la actualidad, los métodos colorimétricos son los más satisfactorios. Se basan en la reacción entre el ion fluoruro y la laca de circonio-alizarina; el fluoruro reacciona con la laca del colorante, disociando una porción de ella en un anión complejo incoloro ( $2FF_6$ ) y en el colorante y, al aumentar la concentración de fluoruro, el color resultante es, progresivamente, más claro o de diferente tono, dependiendo del reactivo que se use.

El Límite Máximo Permisible es 1.700 mg/L.

#### **3.2.2.8. SULFATOS**

Los sulfatos se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y son relativamente abundantes en las aguas duras.

Los métodos para la cuantificación de sulfatos son los gravimétricos (A y B) y el turbidimétrico (C). Se usan ampliamente varios métodos volumétricos para la determinación, directa o indirecta, del sulfato; aunque son bastante satisfactorios en algunas circunstancias, no se considera que se hayan desarrollado de modo

suficiente para que se justifique su recomendación para aplicación general en análisis de aguas.

**Muestreo y almacenamiento:** en presencia de materia orgánica ciertas bacterias pueden reducir el sulfato a sulfuro; para evitar esto las aguas intensamente contaminadas se deben conservar a baja temperatura o bien preservar por la adición de formaldehído. El oxígeno disuelto puede oxidar el sulfito a sulfato, a pH superior a 8.0, y para aquellas muestras que contengan sulfito, se debe ajustar el pH a un valor inferior a ese nivel.

El Límite Máximo Aceptable es de 200 y el Límite Máximo Permisible es de 400 mg/L.

### 3.2.2.9. NITRATOS

El nitrógeno en nitratos se encuentra en pequeñas cantidades en aguas residuales domésticas recientes, sin embargo, raramente se encuentra en afluentes de plantas de tratamiento, debido a que los nitratos sirven como fuente de oxígeno en el agua residual inestable biológicamente. Sin embargo, en las afluentes de las plantas de tratamiento biológico, debido a que presentan la etapa final de la oxidación de los compuestos nitrogenados orgánicos, si están presentes.

Sanitariamente los nitratos solo son peligrosos para ciertos niños menores de un año. La ingestión del agua con nitratos en concentración superior a 45 mg/L puede producir metahemoglobinemia infantil.

En razón de la pequeña cantidad de agua que suelen consumir los niños directamente como tal o indirectamente en la preparación de sus alimentos, no será difícil encontrar para ellos agua de otra procedencia con un contenido bajo de nitratos.

La remoción económica de nitratos está aun en vías de experimentación; por lo que se hace necesario que las autoridades sanitarias de la zona donde el contenido de nitratos sobrepase la concentración límite se mantengan alerta y adviertan a la población sobre los peligros que supone la utilización del agua en los alimentos de los niños e indiquen otras fuentes que pueden utilizarse sin peligro.

El límite de concentración máxima aceptable es 20 y el límite máximo permisible es de 45 mg/L.

### 3.2.2.10. DETERGENTES

La popularidad creciente del uso de los detergentes sintéticos (que contiene agentes de activación superficial) para propósitos generales de limpieza, ocasionalmente ha producido formaciones de espuma en las aguas de algunos

abastecimientos. Como el agente de activación superficial más comúnmente usado es el sulfonato de alquil-bencilo (alkyl benzene sulfonate o ABS), es el que con mayor probabilidad se puede encontrar en las aguas crudas de los abastecimientos. Por esta razón se ha seleccionado al ABS como el compuesto patrón para los dos siguientes métodos analíticos (ambos tentativos).

**Selección del método:** se recomienda que el químico que se interese en el contenido de ABS de las aguas crudas de los abastecimientos siga una secuela de dos etapas, analizando primero la muestra por el método (A) del azul de metileno; si el resultado es bajo, alrededor de 1 mg/l, generalmente no se necesitan mayores investigaciones, puesto que la suma de las interferencias (positivas por lo general) más el verdadero ABS es de tal magnitud, que el contenido de ABS en el agua no es un factor de significación. La experiencia ha demostrado que es suficiente el procedimiento del azul del metileno cuando no se observan problemas en el agua del abastecimiento pero, si son altos los resultados del azul de metileno, es muy importante que se conozca cuánto representa el verdadero ABS y cuánto las interferencias; para tal caso se recomienda la determinación infrarroja (B), pero si no se dispone del equipo infrarrojo por el método B se puede desarrollar hasta la recuperación del ABS purificado y determinarse colorimétricamente por el procedimiento del azul de metileno. Esta alternativa elimina la necesidad del costoso equipo infrarrojo, que pocos laboratorios pueden adquirir.

El principal obstáculo para el método infrarrojo es que, en comparación con el proceso del azul de metileno, es bastante complicado y demanda mucho tiempo; por otro lado, si el problema es de suficiente importancia, se recomienda que el analizador local procure el auxilio del departamento de salubridad para que pueda lograr una determinación infrarroja del ABS.

El Límite Máximo Aceptable es de 0.200 y el Límite Máximo Permisible es de 1.00 mg/L.

### 3.2.2.11. NITRÓGENO AMONIAL (AMONIAO $\text{NH}_3$ )

El nitrógeno amoniacal se encuentra presente, en concentraciones variables, en aguas superficiales y en aguas profundas. Siendo un producto de la actividad microbiológica, cuando se encuentra en aguas superficiales se acepta a veces que el nitrógeno amoniacal es una evidencia química de la contaminación sanitaria. Su presencia en aguas profundas es bastante general, como resultado de procesos naturales de reducción. En algunas plantas de tratamiento se agrega amoníaco para la cloración residual combinada del agua (formación de cloraminas). Cuando se emplea la cloración a residual libre, la presencia de amoníaco en las aguas puede inducir a un consumo elevado de cloro, para llegar a producir libre residual.

Si la muestra contiene cloro residual, se pueden tener presentes monocloramina, dicloramina y tricloramina (tricloruro de nitrógeno); la decloración, previa al análisis, las convierte a amoníaco.

**Selección del método:** se prefiere el método de destilación (A) para la determinación del nitrógeno amoniacal, bien sea en huellas o en cantidades apreciables, en especial cuando se sospecha de interferencias de cualquier naturaleza o cuando es necesario proceder a la determinación subsecuente de nitrógeno albuminoideo u oprogánico, en cuyo caso debe eliminarse previamente el amoníaco de la muestra.

El procedimiento de destilación para la estimación del amoníaco conduce a resultados aceptables en muestras en las que todo el amoníaco libre se recoge en los primeros 50 a 100 ml de destilado y en las que, por lo tanto, se puede recolectar como destilado libre; con muestras de 500 ml, el contenido de nitrógeno amoniacal de tales destilados es aproximadamente de 0.05 mg o menos.

El Límite Máximo Permisible es 1.5 mg/L.

#### 3.2.2.12. NITRITOS

Son una etapa intermedia en el ciclo del nitrógeno. Pueden estar en el agua como resultado de la descomposición biológica de los materiales proteicos; cuando está correlacionada con otros tipos de nitrógeno puede indicar contaminación orgánica.

Sanitariamente indica que existe la presencia de materia orgánica.

El límite de concentración máxima permisible es de 0.01 mg/L.

#### 3.2.2.13. SULFITOS

El oxígeno disuelto tiene la capacidad de oxidar los sulfitos a sulfatos a un ámbito de pH superior a 8, por lo que es conveniente, para evitar esto, que las muestras se ajusten a un pH superior a 8. A su vez también es recomendable conservar las muestras a bajas temperaturas o preservarlas con la adición formaldehído, con el fin de evitar que en presencia de materia orgánica, cierto tipo de bacterias puedan reducir los sulfatos o sulfuros.

Sanitariamente la presencia o exceso de sulfatos en el agua para consumo humano provoca efectos purgativos en las personas que lo ingieren, razón por la cual se recomienda como concentración máxima de sulfatos para agua de abastecimiento público 200 mg/L.

Otro problema causado por este anión es la corrosión de los drenajes, provocado por el tiempo de retención de los desechos domésticos en estos conductos, lo que origina una elevada concentración de sulfatos, que al ser reducidos y posteriormente oxidados, por la acción bacteriana o ácido sulfúrico, da lugar a la corrosión en la corona de concreto de las alcantarillas. Esto puede ser reducido notablemente si se proporciona una debida ventilación que cambie las condiciones aeróbicas a anaeróbicas.

En ausencia de oxígeno disuelto y nitratos los sulfatos sirven como una fuente de oxígeno para las oxidaciones bioquímicas ocasionadas por bacterias anaeróbicas.

En estas condiciones el ión sulfato es reducido a ión sulfuro, el cual establece un equilibrio con el hidrógeno, formando hidrógeno sulfurado ( $H_2S$ ), el cual tiene un olor desagradable.

A valores de pH igual a 8 la mayor parte del azufre reducido existe en solución como iones  $HS^-$  y azufre ( $S^{2-}$ ), la cantidad de hidrógeno sulfurado libre es tan pequeña que su presión parcial es insignificante y los problemas de olor no ocurren.

A niveles de pH menor de 8, el equilibrio cambia rápidamente hacia la formación no ionizada del ácido sulfúrico correspondiendo un 80 % a pH de 7.

Bajo tales condiciones la presión parcial de sulfuro de hidrógeno viene a ser lo suficientemente grande para causar serios problemas de olor, siempre que la reducción de ión sulfato produzca una cantidad significativa del ión sulfuro.

El límite máximo aceptable es de 200 mg/L y el límite máximo permisible es 400 mg/L.

#### 3.2.2.14. HIERRO

Bajo condiciones reductoras el hierro es relativamente soluble en aguas naturales y existe en el estado ferroso; por la exposición al aire o por la adición de cloro el hierro se oxida al estado férrico y se puede hidrolizar para formar el óxido férrico hidratado insoluble. Esta es la forma en que se encuentra el hierro en la mayor parte de las muestras de laboratorio, a no ser que las muestras se tomen bajo condiciones específicas para evitar la oxidación.

El estado del hierro también se puede alterar como resultado de la proliferación de bacterias ferruginosas en la muestra, durante su transporte o almacenamiento. En desechos ácidos, a un pH inferior a 3.5, también puede ser soluble el hierro en el estado férrico.

Por lo tanto, el hierro se puede encontrar en las aguas, bien sea en verdadera solución, en un estado coloidal, posiblemente peptizado con materia orgánica, en la

forma de complejos si se han usado para el tratamiento agentes que formen complejos, como los polifosfatos, o en la forma de partículas suspendidas relativamente toscas; por otro lado, también se puede encontrar en los estados ferroso o férrico, o en ambos a la vez.

El Límite Máximo Aceptable es 0.100 y el Límite Máximo Permisible es 1.00 mg/L.

### **3.2.2.15. MANGANESO**

En las aguas potables, el manganeso produce, aun en pequeñas cantidades, manchas muy tenaces e inconvenientes en los muebles sanitarios, siendo necesarios medios especiales para su eliminación, como la precipitación química, la aeración, la supercloración y el uso de materiales especiales de permutación iónica.

Selección del método: se prefiere el método del persulfato para la cuantificación de manganeso, en muestras desconocidas, porque se afecta menos por las interferencias de cloruros y por ser más rápido en presencia de bajas concentraciones de manganeso. El método del peryodato es adecuado para muestras que contengan más de 0.01 mg de manganeso y que se encuentren exentas de cloruros y materia orgánica.

Muestreo y almacenamiento: el manganeso puede estar en forma soluble, en muestras recién tomadas de aguas neutras, pero se oxida fácilmente a estados más elevados de oxidación y se precipita de la solución, o se absorbe en las paredes del recipiente. El manganeso se debe determinar tan pronto como sea posible después de que se tome la muestra. Si es inevitable una demora, la muestra se debe acidular en el momento de su recolección.

El Límite Máximo Aceptable es 0.050 y el Límite Máximo Permisible es 0.500 mg/L.

### **3.2.3. BACTERIOLÓGICOS**

#### **3.2.3.1. COLIFORMES TOTALES**

Los exámenes bacteriológicos rutinarios de muestras de agua, que tienen como propósito calificar su calidad sanitaria y su adaptabilidad a usos generales, tienen ciertas limitaciones, las cuales se comprenden claramente cuando éstos se realizan.

La investigación del grupo de coliformes totales se puede realizar por medio del método de membranas de filtración.

Y se ha demostrado, con pruebas paralelas con la misma muestra de agua, que este método proporciona resultados muy semejantes a los que se obtienen con el

procedimiento de los tubos de fermentación y diluciones múltiples; en relación con la calidad sanitaria del agua de un abastecimiento, se puede usar para definir la potabilidad de un agua determinada.

### 3.2.3.2. COLIFORMES FECALES

El grupo de coliforme incluye a todas las bacterias aeróbicas facultativas, gram-negativas, no esporógenas, que fermentan la lactosa con formación de gas durante las 48 horas, a una temperatura de  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Las pruebas normales para la investigación del grupo coliforme se pueden llevar a cabo por la técnica de los tubos de fermentación a través de las pruebas presuntiva, confirmativa y completa; estas pruebas se utilizan para obtener los números de los organismos coliformes presentes en un volumen de agua dado. La técnica del número más probable (NMP) se ha utilizado durante mucho tiempo y se basa en un análisis estadístico del número de resultados positivos y negativos obtenidos al hacer ensayos múltiples sobre fracciones de igual volumen y fracciones que constituyen una serie geométrica, para la presencia del organismo coliforme. Hay que hacer notar que el NMP no es la concentración absoluta de organismos que están presentes, sino solamente una estimación estadística de dicha concentración.

### 3.2.3.3. ESCHERICHIA COLI (E. COLI)

La Escherichia Coli pertenece a la familia de las enterobacilarias y se caracteriza por poseer las enzimas B-galactosidasa y B-glucuronidasa. Se desarrolla de  $44\text{ a }45\text{ }^{\circ}\text{C}$  en medios complejos, fermenta la lactosa y el manitol liberando ácido y gas y produce indol a partir del triptófano. Algunas cepas pueden desarrollarse a  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pero no a  $44 - 45\text{ }^{\circ}\text{C}$  y algunas no liberan gas. E. Coli no produce oxidasa ni hidroliza la urea. Su identificación completa es demasiado complicada para utilizarla en forma sistemática, por lo que se han elaborado pruebas que permiten identificarla rápidamente con un alto grado de certidumbre. Algunos de esos métodos se han normalizado a nivel internacional y nacional y se acepta su utilización sistemática mientras que otros aún se encuentran en fase de desarrollo o evaluación.

La E. Coli abunda en las heces de origen humano y animal, alcanzando en las heces recientes concentraciones de  $10^9$  número más probable de gérmenes coliformes por 100 centímetros cúbicos. Se halla en las aguas residuales, los efluentes tratados y todas las aguas y suelos naturales que han sufrido una contaminación fecal reciente, ya sea procedente de seres humanos, de operaciones agrícolas o de animales y pájaros salvajes. Recientemente se ha sugerido que la E. Coli puede existir e incluso proliferar en aguas tropicales que no han sido objeto de contaminación fecal de origen humano. No obstante, incluso en las regiones más remotas, no cabe excluir la contaminación fecal por animales salvajes, en particular por pájaros. Como los animales pueden transmitir agentes patógenos, que son infecciosos para los seres humanos, jamás ha de hacerse caso omiso de la presencia de la E. Coli o de bacterias



coliformes termoresistentes, ya que siempre existe la posibilidad de que el agua haya sido contaminada por materias fecales y el tratamiento haya resultado ineficaz. Por tanto, la presencia de *Escherichia coli* (*E. coli*) es indicativa de contaminación. Es difícil determinar la *E. coli* sin incluir los coliformes del suelo; como resultado de ello todo el grupo coliforme se utiliza como indicador de la contaminación fecal. Por ese motivo es de suma importancia la búsqueda de *E. coli* por ser totalmente de origen fecal y esto conlleva el grave riesgo para una comunidad de hacer uso de agua contaminada con *E. coli* para consumo humano.

#### 3.2.3.4. CHOLERA MORBUS

La palabra cólera ha despertado gran temor entre quienes la escuchan pues evoca, aún en los médicos de la actualidad, el recuerdo o la amenaza de epidemias catastróficas. Esta enfermedad, endémica en Asia, parece haberse descrito ya en la antigüedad por Susruta, Hipócrates, Galeno y Wang - Shooho, quienes hicieron referencia a una enfermedad mortal, asociada a diarrea y vómitos deshidratantes.

El modo de transmisión del cólera, fue descrito acertadamente por John Snow, quien en 1854, durante la tercera pandemia, relacionó el apareamiento de un brote epidémico en Inglaterra con la ingestión de agua contaminada de un pozo, en donde según sus descripciones se encontraba el "veneno". Años más tarde (en 1884) Roberto Koch describió al microorganismo causante del cólera y desde entonces no han sido muchos los avances acerca del conocimiento de la enfermedad, pues las brillantes descripciones de John Snow no solamente hacen referencia el modo de transmisión de la enfermedad sino también a su patofisiología, que casi un siglo más tarde se supo que era debida a la acción de la toxina colérica.

En Guatemala existe información acerca de dos epidemias, una en 1,837 y otra en 1857, que formaron parte de la segunda y tercera pandemias, ambas epidemias dejaron saldos de más de 10 mil muertes en el país. El 31 de enero de 1,991 aparece una epidemia en Perú, que al mes se extiende a Ecuador y Colombia, situación que alerta a todo el continente americano, incluyendo a Guatemala.

El reservorio natural del cólera es el hombre, la fuente de infección las constituyen las heces de los enfermos y, especialmente, las de los portadores del cólera que al contaminan las aguas las convierten en el principal vehículo de transmisión de los vibriones. Los alimentos contaminados por el agua o por manipulación antihigiénica son otra importante fuente de infección; las moscas, cucarachas, ratas, etc., son factores que también contribuyen a la transmisión de la enfermedad, aunque en menor grado, su presencia es más importante como indicador de saneamiento ambiental deficiente.

La transmisión directa del cólera es rara, la forma más común de transmisión es la vía fecal - oral a través de la ingestión de agua contaminada o de alimentos contaminados por ésta o por manipulación antihigiénica. El factor esencial para la

transmisión y propagación del cólera son las malas condiciones de saneamiento ambiental, en especial la disposición inadecuada de excretas y la falta de suficiente agua dulce para atender las necesidades individuales. En el ciclo de transmisión se conjugan tres elementos :

excretor-----medio ambiente-----abastecimiento de agua.

## PREVENCIÓN :

En vista de que el agua es el vehículo que más contribuye a la transmisión y rápida propagación de la enfermedad, una de las primeras medidas que deberán tomarse es la preservación de la calidad y la cantidad de agua suministrada a la población, además de eliminar todas las posibles fuentes de contaminación, principalmente las heces humanas. Esto se logra a través de: 1) la inspección de la calidad de las aguas desde el manantial, la red de distribución y las zonas de captación; 2) la purificación del agua puede hacerse por almacenaje, filtración, desinfección química, ebullición, y por exposición a la luz solar y, 3) evitando la contaminación del agua durante la recolección y el uso de la misma.

En virtud de que los sectores más afectados son los que mas deficientes instalaciones de servicios públicos poseen, éstos serán los que deberán llamar más la atención, no solamente por esto sino también por sus hábitos higiénicos que suelen ser muy deficientes. Así pues al par de la inspección sanitaria del agua deberá ir una adecuada red de alcantarillado, adecuada disposición de excretas y de basuras, eliminación de insectos y roedores, tanto a nivel de los poblados como en donde hay tránsito de turistas e intercambio comercial, además de la vigilancia por parte de las autoridades hacia quienes se dedican a la fabricación de hielo, aguas embotelladas y a los manipuladores de alimentos.

### 3.3. RED DE PUNTOS DE MUESTREO

#### 3.3.1. PUNTOS DE CONTROL ACTUAL

Los puntos de muestreo que monitorea el laboratorio de química y microbiología del centro de investigación de Ingeniería , de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en los distintos sectores de distribución de agua potable en la ciudad capital de Guatemala, eran en total 22 puntos, en el año de 1960. La recolección de muestras en estos 22 puntos se hacía en algunas casas de los usuarios, y también en algunos tanques de lavaderos públicos.

Aproximadamente en mayo de 1,991, se presentó en Guatemala la enfermedad del cólera, motivo por el cual se hizo necesario incrementar los puntos de muestreo, para tener un mejor control del agua servida a la población. Entonces se empezó a muestrear en los puntos de mayor afluencia de personas, como por ejemplo, los centros educativos, específicamente los institutos nacionales, los mercados cantonales

y dispensarios municipales. Por esta razón se incremento el número de puntos de muestreo a 57. La norma COGUANOR en el inciso 5.10 establece la frecuencia del muestreo para certificar la calidad bacteriológica del agua potable, en relación a la población servida. En el caso de EMPAGUA efectúa aproximadamente 400 muestras mensuales, para una población servida de aproximadamente de 1.8 millones de usuarios. Los puntos de muestreo actuales se muestran en el anexo No. 5

### 3.3.2. DISCUSIÓN Y PROPOSICIÓN DE NUEVOS PUNTOS

Los puntos de control en las distintas áreas de la ciudad capital de Guatemala, en los cuales el laboratorio central de la Universidad de San Carlos-EMPAGUA, muestrea diariamente la calidad de agua suministrada a los usuarios, demuestran resultados aceptables con respecto a las normas de calidad de agua, sin embargo, la ciudad ha crecido rápida y desordenadamente en los últimos años; habiéndose visto EMPAGUA en la obligación de proporcionar el servicio de agua, por lo que se hace necesario la reubicación de los puntos de muestreo.

Los puntos de muestreo, como se mencionó anteriormente, si no se logra incrementarlos, por lo menos se deben de reubicar, por lo tanto en este trabajo de tesis se hace una reubicación de los puntos de muestreo, tomando en cuenta las zonas en donde se presta el servicio y la cantidad de personas servidas en cada zona.

Zona	No. de Servicios	No. de Habitantes	Ptos. de muestra propuestos
1	10,617	116,787	3
2	3,775	41,525	3
3	6,401	70,411	3
4	822	9,042	3
5	11,207	123,277	4
6	16,182	178,002	4
7	22,346	245,806	4
8	2,582	28,402	3
9	1,494	16,434	3
10	3,417	37,587	3
11	10,020	110,220	3
12	10,454	114,994	4
13	4,354	47,894	3
14	2,998	32,978	3
15	3,353	36,883	3
16	1,619	17,809	3
17	5,124	56,364	3
18	20,717	227,887	4
19	3,413	37,543	4
21	10,636	116,996	4

Fuente : Unidad de Medidores EMPAGUA. TOTAL 67 PTOS. PROPTS.

Dado que los registros de los puntos actuales se tienen ya por más de 20 años, en la mayoría de puntos se propone que el excedente de los mismos se seleccione en edificios públicos ubicados en la zona respectiva. (Ver mapa de ubicación de puntos de muestreo anexo No. 6). Para definir finalmente los puntos de muestreo deben seguirse algunas consideraciones, tales como :

- Que los puntos sean representativos de todas las fuentes de abastecimiento al sistema
- Cuando exista una sola fuente, tal como pozos subterráneos, al menos debe existir un punto de muestreo (tal es el caso de Canalitos, La Chorrera, etc.)
- Dado la intermitencia del servicio, que los mismos sean accesibles en momentos en los cuales haya servicio.
- Que se ubiquen en áreas de alto riesgo de contaminación.
- En la medida de lo posible se mantenga la ubicación de los puntos antiguos para conservar los datos.

### 3.3.3. CANTIDAD Y FRECUENCIA

#### MUESTREO

Las muestras se deben recolectar en puntos representativos del sistema de distribución. La frecuencia del muestreo y la localización de los puntos de muestreo se fijan en tal forma que se pueda determinar, de modo adecuado, la calidad bacteriológica del agua servida y se toma en cuenta, para esto, la calidad conocida del agua cruda, y por ende, la necesidad de su tratamiento.

El número mínimo de muestras que se recogen y examinan cada mes se basa en la población servida\* por el abastecimiento; proporcionalmente se tiene que examinar mayor número de muestras de aquellos abastecimientos que sirven a un número reducido de pobladores que los de aquellos abastecimientos que sirven a grandes ciudades. Es importante examinar muestras repetidas de un punto determinado, lo mismo que las muestras de las estaciones de muestreo bien distribuidas. Las muestras diarias que se tomen en un mismo punto de muestreo, después de una muestra no satisfactoria, se consideran como especiales y no se incluyen en el número prescrito de muestras mensual

---

\*En ciudades con una gran población flotante se debe tomar como base la población total de consumidores, en lugar de la población residente. Otras demandas desusadas de agua pueden significar una modificación al número mínimo de muestras por examinar.

En la norma COGUANOR (5,10), para el caso del sistema de EMPAGUA, la cantidad de puntos de muestreo sí cumple, así también la cantidad y frecuencia de muestras se realiza dentro de los límites que rige la norma; aunque hay que mencionar que en la mayoría de los días de muestreo no se cumple con lo que dicta la norma COGUANOR con respecto a la cantidad y frecuencia, pues esto se debe a que el laboratorio no cuenta con los medios adecuados y suficientes, así como personal operativo.

EMPAGUA efectúa aproximadamente 400 muestras mensuales, para una población servida de más de dos millones, por lo tanto tiene un 2.5 % mayor de lo preseptuado.

COGUANOR 29 001 :

10/11

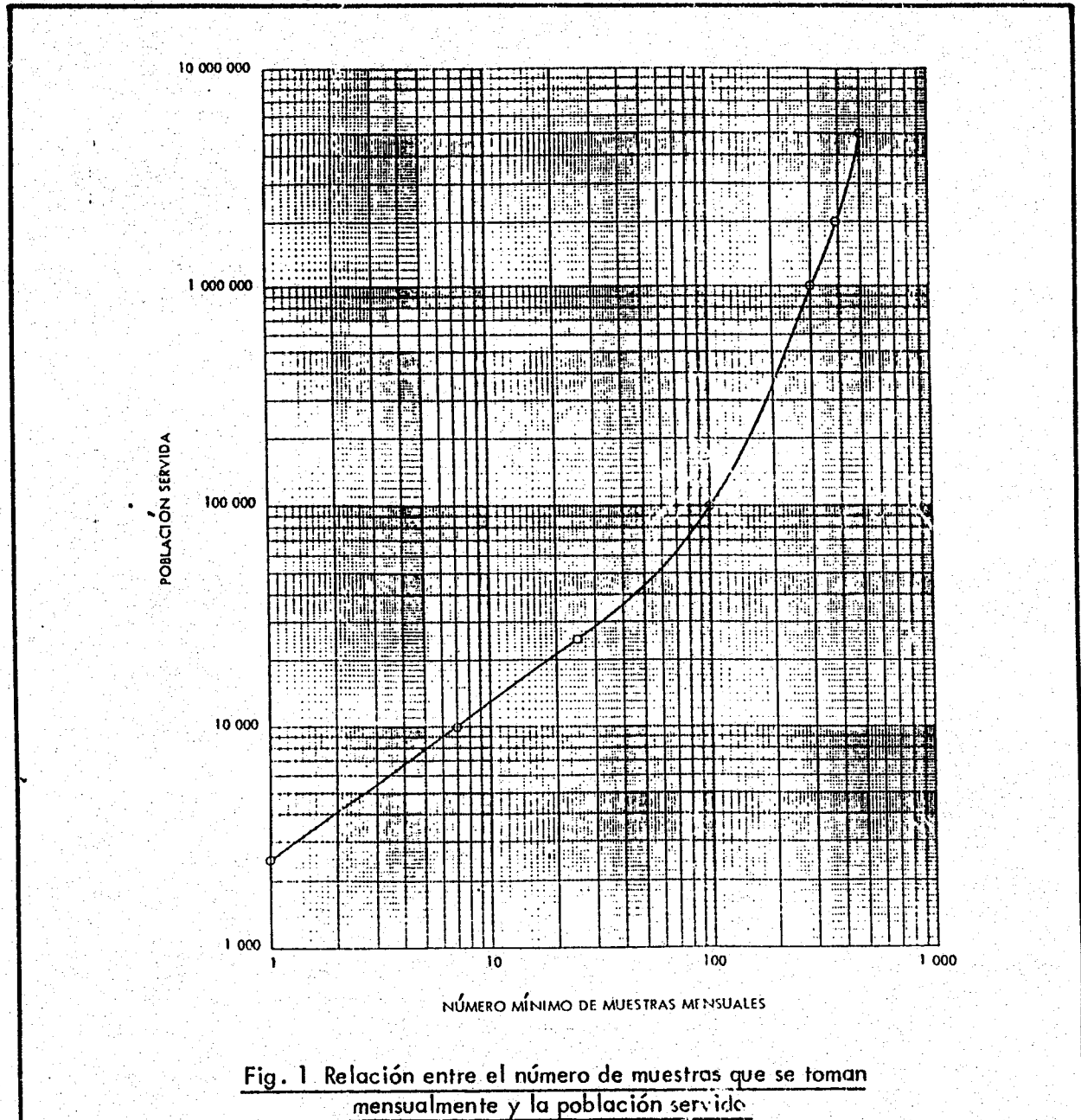


Fig. 1. Relación entre el número de muestras que se toman mensualmente y la población servida

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS EFECTUADOS POR EL LABORATORIO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA SANITARIA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, DEL AGUA QUE SUMINISTRÓ EMPAGUA DURANTE LOS AÑOS 1,993 A 1,996

El laboratorio de química y microbiología sanitaria del centro de investigación de Ingeniería de la universidad de San Carlos de Guatemala, realiza a diario el monitoreo de muestras en los diferentes puntos de la red de distribución, así como en las plantas de tratamiento de agua potable de la ciudad de Guatemala, para llevar un control de análisis de calidad de agua que suministra EMPAGUA.

El capítulo 4 se divide en cuatro partes para analizar los resultados efectuados por el laboratorio de química y microbiología sanitaria del centro de Investigaciones de Ingeniería, de la universidad de San Carlos de Guatemala, en el período de 1993 a 1996. Se escoge este período de años debido a que son los años más cercanos a la fecha de ingreso de este punto de tesis, y por que son los datos más actualizados que se tenían en el laboratorio.

Las cuatro partes en que se divide este capítulo son los siguientes:

**Calidad de agua cruda :** Esta parte consta de los resultados efectuados en las plantas de tratamiento (Lo de Coy, La Brigada, Las Ilusiones, El Cambray, Santa Luisa y Ojo de agua), del agua que recibe cada planta o sistema para tratarla y hacerla potable. Los puntos en donde se toman las muestras en cada planta o sistema para analizarla son: entrada de río, canal de entrada, vertedero de entrada y canal de mezcla. En donde se analizan los parámetros físicos y químicos, diarios o mensuales y mediante técnicas estadísticas se resume en promedios anuales, para tener una comparación por promedio anual de 1993 a 1996.

**Por punto de muestreo:** En esta parte están los resultados de las muestras analizadas en los 57 puntos de muestreo de la red de distribución, para tener una comparación de promedio mensual y anual de los años de 1993 a 1996. Los parámetros seleccionados: Temperatura, Turbiedad, Color, Cloro residual y Floruros.

**Por parámetro:** Esta parte consta de los resultados efectuados y analizados en los tanques de distribución de las plantas de tratamiento Lo de Coy, La Brigada, Las Ilusiones, Cambray, Santa Luisa. Los parámetros a analizar son tanto físicos, como los químicos, por promedio anual de 1993 a 1996.

**Por sistema de tratamiento:** En esta parte está todo el proceso de cada planta de tratamiento' ( Lo de Coy, La Brigada, Cambray, Las Ilusiones, Santa Luisa, Ojo de agua), donde se analiza la calidad del agua por los parámetros físicos y químicos,

desde el agua cruda en el canal de entrada, tanques sedimentadores, filtros, hasta el tanque de distribución, donde el agua sale potable de cada planta de tratamiento, los resultados están en promedios anuales de 1993 a 1996.

#### **4.1. CALIDAD DEL AGUA CRUDA QUE INGRESA A LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO**

Los resultados que se presentan a continuación, corresponden a muestreos realizados en los vertederos de entrada de agua cruda, canal de entrada de agua cruda, canal de mezcla de agua cruda, en el caso de las plantas de tratamiento de agua potable, y en el caso de pozos en la descarga, que también es agua cruda, o sea que son resultados que corresponden a agua sin tratamiento.

Los datos que se presentan en cada cuadro son los resultados de los promedios anuales de la calidad de agua cruda que ingresa a las plantas de tratamiento, durante los años de 1,993 a 1,996.

Dichos promedios fueron obtenidos de los resultados de laboratorio realizados en la planta, ya sea diaria, mensual o el conjunto de datos existentes.

Varias son las formas de interpretar los resultados proporcionados, sin embargo dado lo extenso que resultaría analizar cada uno de ellos se han seleccionado algunos de ellos que caracterizan la calidad del agua cruda para tratamiento de agua potable : Turbiedad, Color, Dureza, Nitratos, Hierro, Sólidos totales y Conductividad, los cuales se han graficado.

##### **Comentarios de los resultados :**

##### **Parámetro Turbiedad :**

- La tendencia en los años analizados es similar, observándose que los valores más bajos se presentaron en el año 1996.
- Las plantas que presentan los valores más altos son La Brigada y Santa Luisa. Nótese el descenso que se tiene entre la presa y la entrada a la planta.
- Los valores más altos se presentan en las fuentes superficiales, mientras que en las aguas subterráneas (Ojo de agua) los valores son mínimos
- Los valores más bajos con respecto a las aguas superficiales se presenta en Lo de Coy.

### **Parámetro Color :**

- La tendencia en general es la misma en los años analizados. Los valores más bajos corresponden al año 1996.
- Las Ilusiones y Santa Luisa, presentan los valores más altos, mientras que los más bajos corresponden al Ojo de agua.
- En cuanto a las aguas superficiales, la planta El Cambray presenta los valores más bajos

### **Parámetro Dureza :**

- La tendencia es similar a los años analizados, teniendo prácticamente los mismos resultados.
- Existe una pequeña diferencia en los valores en la planta El Cambray, con respecto a las demás plantas que tratan agua superficial.
- En general las aguas subterráneas (Ojo de agua) presentan los valores más altos en comparación con las aguas superficiales.

### **Parámetro Nitratos :**

- La tendencia es similar en los años analizados. Nótese el descenso que existe en los puntos 2 y 3 en la planta La Brigada, lo que se explica por el tiempo de retención en la presa.
- Los valores más altos corresponden a las aguas superficiales en especial la planta la Brigada, lo que puede demostrar una contaminación orgánica fuerte. Mientras que las aguas subterráneas presentan los valores más bajos (Ojo de agua).

### **Parámetro Hierro :**

- La tendencia es más o menos la misma, con la excepción del año 1995, que presenta en el Ojo de agua un pico muy alto (6 mg/L).
- En general los valores más altos están en las aguas superficiales (Brigada e Ilusiones). Mientras que en las aguas subterráneas (Ojo de agua) los valores son más bajos, salvo el año 1995, cuyo valor muy alto puede deberse a una interpretación errónea del laboratorio.
- El año 1996, presenta los valores más bajos en aguas superficiales.



### **Parámetro Sólidos totales :**

- La tendencia es similar para los años analizados.
- Los valores más altos corresponden a la planta las Ilusiones, mientras que en las aguas superficiales Lo de Coy es la de más bajos resultados.
- En las aguas subterráneas los valores más bajos corresponden a los pozo del Ojo de agua, mientras que los ubicados en el sector El Diamante incrementan su valor.

### **Parámetro Conductancia Eléctrica:**

- La tendencia es similar en los años analizados. Nótese el marcado ascenso en los valores en el Ojo de agua, lo que podría explicarse por las formaciones que contienen las aguas subterráneas.
- Los valores más bajos en aguas superficiales son en las Ilusiones.

**CALIDAD DEL AGUA CRUDA QUE INGRESA A LAS PLANTAS, PROMEDIO ANUAL**

PLANTA	Año 1993													
	Lo De Coy		LA BRIGADA		Entrada de Rio		EL CAMBRAY		Santa Luisa		Ojo de Agua			
	Canal de Entrada	Entrada del Rio	Vertedero de Entrada	Las Ilusiones	Rio Pinula Las Minas	Rio Hincapie	Canal De Mezcla	Pozos Anexo No. 1	Pozo Anexo No. 3	Pozo Diamante No. 1	Pozo Diamante No. 3	Pozo Diamante No. 7		
DETERMINACIONES	19	18	18	20	18	19	19	22	22	23	24	24		
Temperatura C	90	60	76	92	40	38	74	1	5	1	1	4		
Color (Unidades)	16	120	60	94	96	123	14	0	0	0	0	1		
Turbiedad (UTN)	60	66	60	67	71	85	54	94	168	140	140	150		
Dureza (mg/L)	104	64	80	83	77	93	80	130	220	172	172	194		
Alcalinidad (mg/L)	0,13	0,03	0,03	0,10	0,06	0,08	0,07	0,03	0,02	0,05	0,02	0,06		
Nitrogeno Alb (mg/L)	0,05	0,01	0,13	0,04	0,03	0,04	0,04	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03		
Nitrogeno Libre (mg/L)	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01		
Nitritos (mg/L)	7,26	20,48	14,84	10,64	12,90	12,50	7,48	3,00	1,00	2,00	1,54	1,10		
Nitratos (mg/L)	8	11	12	9	9	14	9	9	12	8	8	9		
Cloruros (mg/L)	0,3	0,0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,6	0,7	0,8	0,6	0,8		
Fluoros (mg/L)	2	4	1	3	3	2	1	0	0	0	0	0		
Hierro Total (mg/L)	144	235	170	250	239	213	189	89	216	190	190	203		
Solidos Totales (mg/L)	95	128	86	135	12	112	78	89	109	101	101	113		
Perdidas por Ignicion (mg/L)	69	107	64	116	114	103	61	75	107	89	89	90		
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	25	139	24	107	97	72	10	2	2	2	2	4		
Solidos en susp. (mg/l)	7	83	20	83	12	12	83	249	203	173	173	178		
Solidos Disueltos (mg/L)	196	164	175	32	165	218	165	285	404	347	347	355		
Conduc. Elect (umhos/cm)	7	7	7	8	7	7	7	7	8	8	8	8		
pH	0	16	8	8	0	0	4	0	11	16	16	9		
Sulfato (mg/L)	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
Detergentes (mg/L)	1,60	0,00	0,00	1,10	1,70	1,80	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Aluminio (mg/L)	15	14	13	0	8	12	22	22	37	32	32	28		
Calcio (mg/L)	4	6	7	7	6	2	13	17	20	20	20	21		
Sodio (mg/L)	5	3	3	1	2	9	4	2	2	2	2	2		
Potasio (mg/L)	14	8	7	5	5	5	3	2	0	7	9	11		
Magnesio (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cloro Residual (mg/L)	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0		
Indice de Saturacion	Turbia Inodora	Turbia Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Turbia Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora		
Aspecto	Turbia Inodora	Turbia Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Turbia Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora		
Olor	Turbia Inodora	Turbia Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Turbia Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora		

**CALIDAD DEL AGUA CRUDA QUE INGRESA A LAS PLANTAS, PROMEDIO ANUAL**

PLANTA	Año 1994																	
	Canal de Entrada	LA BRIGADA		Entrada de Rio	EL CAMBRAY		Santa Luisa	Ojo de Agua										
	Lo De Coy	Entrada del Rio	Vertedero de Entrada	Las Ilusiones	Rio Pinula Las Minas	Rio Hincapie	Canal De Mezcla	Pozos Anexo No. 1	Pozos Anexo No. 2	Pozos Anexo No. 3	Pozo Diamante No. 1	Pozo Diamante No. 2	Pozo Diamante No. 3	Pozo Diamante No. 4	Pozo Diamante No. 5	Pozo Diamante No. 6	Pozo Diamante No. 7	
<b>DETERMINACIONES</b>																		
Temperatura C	21	19	20	20	19	19	19	19	21	20	20	20	20	20	20	20	19	19
Color (Unidades)	63	54	50	80	32	30	60	60	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
Turbiedad (UTN)	19	125	84	87	84	60	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dureza (mg/L)	63	59	52	70	68	80	60	60	68	91	150	140	150	140	150	140	150	150
Alcalinidad (mg/L)	99	68	85	80	77	91	92	92	107	128	217	176	190	176	190	176	190	190
Nitrogeno Alb (mg/L)	0,14	0,04	0,03	0,09	0,06	0,09	0,05	0,05	0,66	0,71	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,02	0,04	0,04
Nitrogeno Libre (mg/L)	0,07	0,02	0,13	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05	0,32	0,34	0,15	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
Nitritos (mg/L)	0,02	0,10	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,22	0,23	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
Nitratos (mg/L)	7,84	21,50	4,84	11,34	12,90	12,90	7,58	7,58	3,10	0,64	1,54	1,08	1,13	1,08	1,13	1,08	1,13	1,13
Cloruros (mg/L)	7	12	10	8	9	14	9	9	11	11	12	11	13	11	13	11	13	13
Fluoruros (mg/L)	0,3	0,0	0,2	0,5	0,1	0,3	0,2	0,2	1,6	1,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Hierro Total (mg/L)	4	5	3	2	3	3	2	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Solidos Totales (mg/L)	157	246	170	247	238	214	197	197	90	93	221	176	188	176	188	176	188	188
Perdidas por Ignicion (mg/L)	97	132	66	124	13	110	83	83	98	84	92	86	90	86	90	86	90	90
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	72	109	65	114	112	103	67	67	81	77	129	90	98	84	90	86	90	98
Solidos en Susp. (mg/L)	27	137	27	100	97	74	15	15	4	4	3	2	3	2	3	2	3	3
Solidos Disueltos (mg/L)	7	83	12	78	15	13	88	88	345	264	214	180	193	214	180	193	193	193
Conduc. Elect (umhos/cm)	194	164	177	28	165	218	165	165	289	290	400	347	352	400	347	352	352	352
pH	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7	8	7	7	8	7	7	7	7
Sulfato (mg/L)	7	17	8	8	7	10	6	6	35	54	13	16	10	13	16	10	10	10
Detergentes (mg/L)	0,00	0,08	0,06	0,10	0,00	0,06	0,06	0,06	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aluminio (mg/L)	1,5	0,6	1,0	1,1	1,6	1,8	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calcio (mg/L)	17	14	11	0	8	13	22	22	15	16	0	0	0	0	0	0	0	0
Sodio (mg/L)	4	7	7	18	7	3	14	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Potasio (mg/L)	5	3	3	1	2	9	6	6	12	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Magnesio (mg/L)	12	8	7	18	6	0	0	0	32	16	0	0	0	0	0	0	0	0
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Indice de Saturacion	-1	-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-4	-4	0	0	0	0	0	0	0	0
Aspecto	Turbia	Clara	Turbia	Clara	Lig. Turbia	Clara	Clara	Clara	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	Turbia	Turbia	Turbia	Turbia	Turbia	Turbia	Turbia	Turbia
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	A Cloro	Inodora	Inodora	Inodora	INODORA	INODORA	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	INODORA

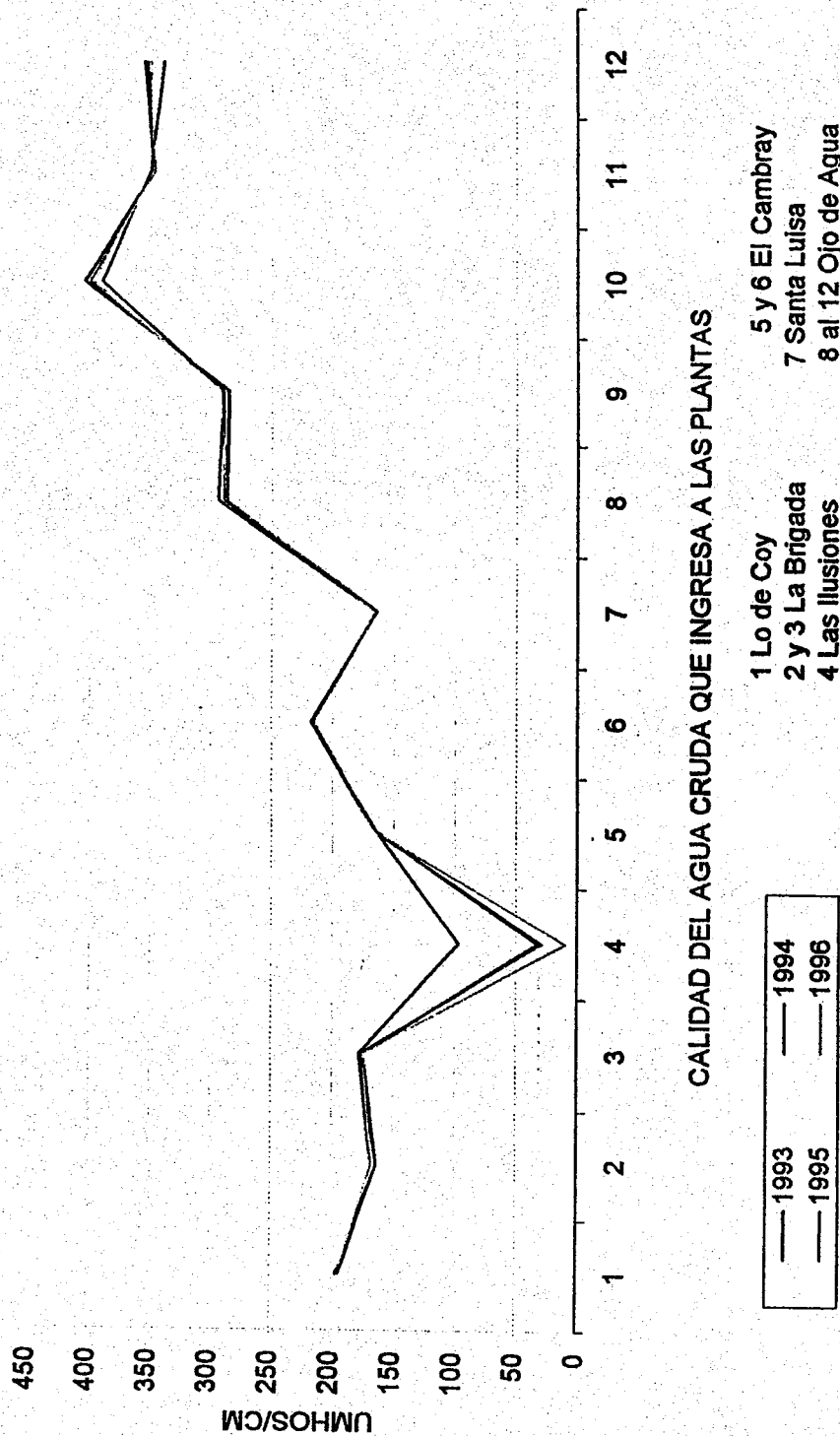
CALIDAD DEL AGUA CRUDA QUE INGRESA A LAS PLANTAS, PROMEDIO ANUAL

PLANTA	Año 1,995													
	Canal de Entrada		LA BRIGADA		Entrada de Río		EL CAMBRAY		Santa Luisa		Ojo de Agua			
	Lo De Coy	Entrada del Río	Vertedero de Entrada	Las Ilusiones	Río Pinula Las Minas	Río Hincapie	Canal De Mezcla	Pozos Anexo No. 1	Pozo Anexo No. 3	Pozo Diamante No. 1	Pozo Diamante No. 3	Pozo Diamante No. 7		
<b>DETERMINACIONES</b>														
Temperatura C	21	18	16	19	18	19	17	24	23	22	22	22	22	
Color (Unidades)	85	85	76	80	40	38	43	2	3	3	1	1	1	
Turbiedad (UTM)	19	122	67	93	98	123	15	1	1	0	0	0	0	
Dureza (mg/L)	65	69	68	70	71	85	56	0	86	158	190	134	134	
Alcalinidad (mg/L)	103	63	85	82	77	93	86	64	118	200	172	180	180	
Nitrogeno Alb (mg/L)	0,14	0,03	0,03	0,12	0,06	0,08	0,06	0,00	0,00	0,22	0,02	0,01	0,01	
Nitrogeno Libre (mg/L)	0,05	0,02	0,14	0,50	0,03	0,04	0,05	0,02	0,01	0,12	0,01	0,01	0,01	
Nitritos (mg/L)	0,01	0,03	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Nitratos (mg/L)	7,50	20,58	4,05	11,06	12,90	12,50	7,53	3,77	4,34	0,88	1,10	0,66	0,66	
Cloruros (mg/L)	7,90	12,00	12,03	9,87	8,60	13,60	8,75	11,40	11,88	11,50	8,00	9,00	9,00	
Fluoruros (mg/L)	0,29	0,00	0,32	0,27	0,12	0,19	0,21	0,36	0,34	0,22	0,13	0,17	0,17	
Hierro Total (mg/L)	3	5	1	3	3	2	1	0	0	6	0	0	0	
Solidos Totales (mg/L)	156	242	173	254	239	213	193	179	178	209	176	188	188	
Perdidas por Ignicion (mg/L)	95	126	67	139	12	112	81	0	0	92	86	90	90	
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	70	109	63	118	114	103	64	0	0	107	89	90	90	
Solidos en Susp. (mg/L)	25	142	24	107	97	72	13	2	3	2	2	2	2	
Solidos Disueltos (mg/L)	6	83	0	86	12	12	86	162	160	203	2	2	2	
Conduc. Elect (umhos/cm)	195	168	178	97	165	218	165	294	290	390	350	339	339	
pH	7	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7	7	7	
Sulfato (mg/L)	21	19	12	7	14	12	12	8	8	11	11	11	11	
Detergentes (mg/L)	0,00	0,06	0,98	0,15	0,03	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Aluminio (mg/L)	0,01	0,06	0,04	0,00	0,16	0,09	0,03	0,01	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	
Calcio (mg/L)	15	14	14	1	8	12	22	20	22	37	32	26	26	
Sodio (mg/L)	4	7	6	12	12	2	13	17	17	20	20	20	20	
Potasio (mg/L)	5	3	3	8	2	9	5	2	1	2	2	2	2	
Magnesio (mg/L)	98	18	27	12	15	8	10	13	7	18	15	19	19	
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indice de Saturacion	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Aspecto	Turbia Inodora	TURBIA Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Lig. Turbia A Cloro	Clara Inodora	CLARA NODORA	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	
Color														

**CALIDAD DEL AGUA CRUDA QUE INGRESA A LAS PLANTAS, PROMEDIO ANUAL**

PLANTA	Año 1,996																	
	Canal de Entrada	LA BRIGADA		Entrada de Río	EL CAMBRAY		Santa Luisa	Ojo de Agua										
		Entrada del Río	Vertedero de Entrada		Río Pinuila Las Minas	Río Hincapie		Canal De Mezcla	Pozos Anexo No. 1	Pozo Diamante No. 3	Pozo Anexo No. 3	Pozo Diamante No. 1	Pozo Diamante No. 3	Pozo Diamante No. 7				
DETERMINACIONES	Lo De Coy			Las Illusiones														
Temperatura C	19	20	18	20	19	19	21	21	22	22	20	20	20	20	20	20	20	20
Color (Unidades)	89	56	47	62	58	38	48	48	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2
Turbiedad (UTM)	45	48	30	56	39	34	34	34	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1
Dureza (mg/L)	66	68	60	67	79	86	49	49	165	165	93	141	145	165	141	145	145	145
Alcalinidad (mg/L)	72	64	80	80	82	92	91	91	210	210	122	174	187	210	174	187	187	187
Nitrogeno Alb (mg/L)	0,07	0,03	0,03	0,92	0,06	0,09	0,08	0,08	0,03	0,03	0,02	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05
Nitrogeno Libre (mg/L)	0,05	0,02	0,13	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Nitritos (mg/L)	0,02	0,00	0,00	0,32	0,01	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25
Nitratos (mg/L)	5,37	20,48	4,84	11,27	13,50	13,70	8,01	8,01	5,80	4,70	5,80	1,92	1,28	1,38	1,92	1,28	1,28	1,28
Cloruros (mg/L)	12	20	18	15	11	18	13	13	21	19	21	12	11	16	12	11	12	11
Fluoruros (mg/L)	0,84	1,06	1,00	0,84	0,82	1,40	0,90	0,90	1,07	1,50	1,07	1,24	1,08	1,24	1,12	1,08	1,08	1,08
Hierro Total (mg/L)	1	2	1	1	1	2	2	2	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1
Sólidos Totales (mg/L)	157	239	170	249	238	215	195	195	93	88	93	191	200	215	191	200	200	200
Pérdidas por Ignición (mg/L)	97	129	66	126	12	111	80	80	80	72	80	93	98	98	93	98	98	98
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	72	108	64	116	115	103	63	63	60	77	60	98	101	117	98	101	101	101
Sólidos en Susp. (mg/L)	27	141	24	110	99	74	12	12	2	2	2	2	3	3	2	3	3	3
Sólidos Disueltos (mg/L)	7	83	0	99	11	11	83	83	14	192	14	173	174	203	173	174	174	174
Conduc. Elect (umhos/cm)	195	168	175	8	165	215	165	165	287	292	287	348	350	397	348	350	350	350
pH	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	6	7	8	8	7	8	8	8
Sulfato (mg/L)	0	17	8	7	0	0	5	5	7	6	7	15	9	13	15	9	9	9
Detergentes (mg/L)	0,00	0,07	0,10	1,58	0,00	0,07	0,06	0,06	3,40	7,10	3,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alumínio (mg/L)	0,02	0,03	0,64	1,07	1,05	1,80	0,66	0,66	0,34	0,16	0,34	0,32	0,30	0,34	0,32	0,30	0,30	0,30
Calcio (mg/L)	15	14	15	6	7	13	21	21	23	17	23	32	27	37	32	27	27	27
Sodio (mg/L)	4	7	8	11	6	3	13	13	20	15	20	20	20	20	20	20	20	20
Potasio (mg/L)	4	3	4	6	2	9	4	4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Magnesio (mg/L)	97	28	16	11	5	12	8	8	7	11	7	15	20	18	15	20	20	20
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Índice de Saturación	-1	-2	0	-1	-1	-1	-1	-1	1	-2	1	-1	0	-1	0	0	0	0
Aspecto	Turbia	Clara	TURBIA	Clara	Lig. Turbia	Clara	CLARA	CLARA	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	A Cloro	Inodora	INODORA	INODORA	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora

**CALIDAD DEL AGUA CRUDA  
PARÁMETRO: CONDUCTANCIA ELÉCTRICA**

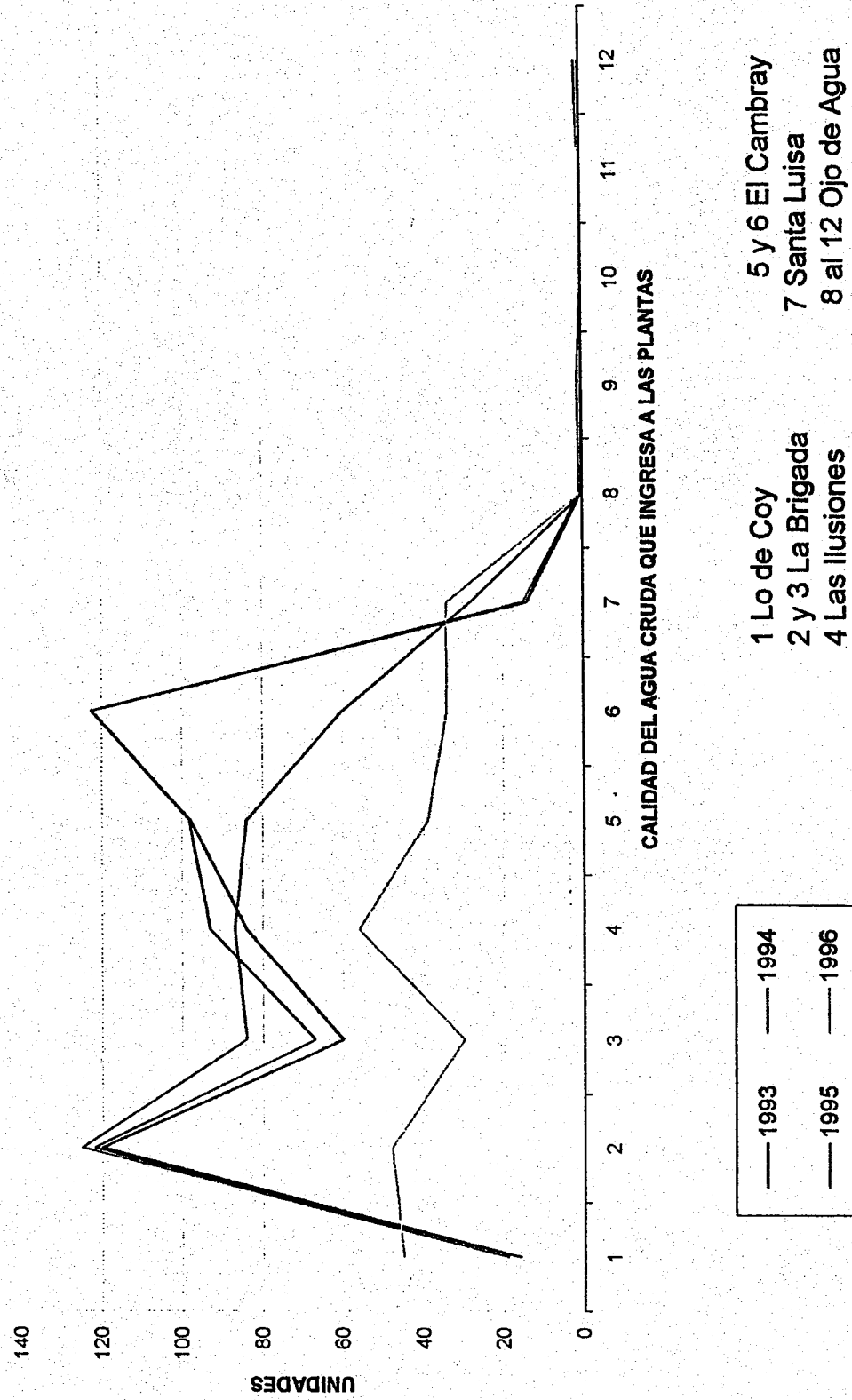


**CALIDAD DEL AGUA CRUDA QUE INGRESA A LAS PLANTAS**

- 1 Lo de Coy
- 2 y 3 La Brigada
- 4 Las Ilusiones
- 5 y 6 El Cambray
- 7 Santa Luisa
- 8 al 12 Ojo de Agua

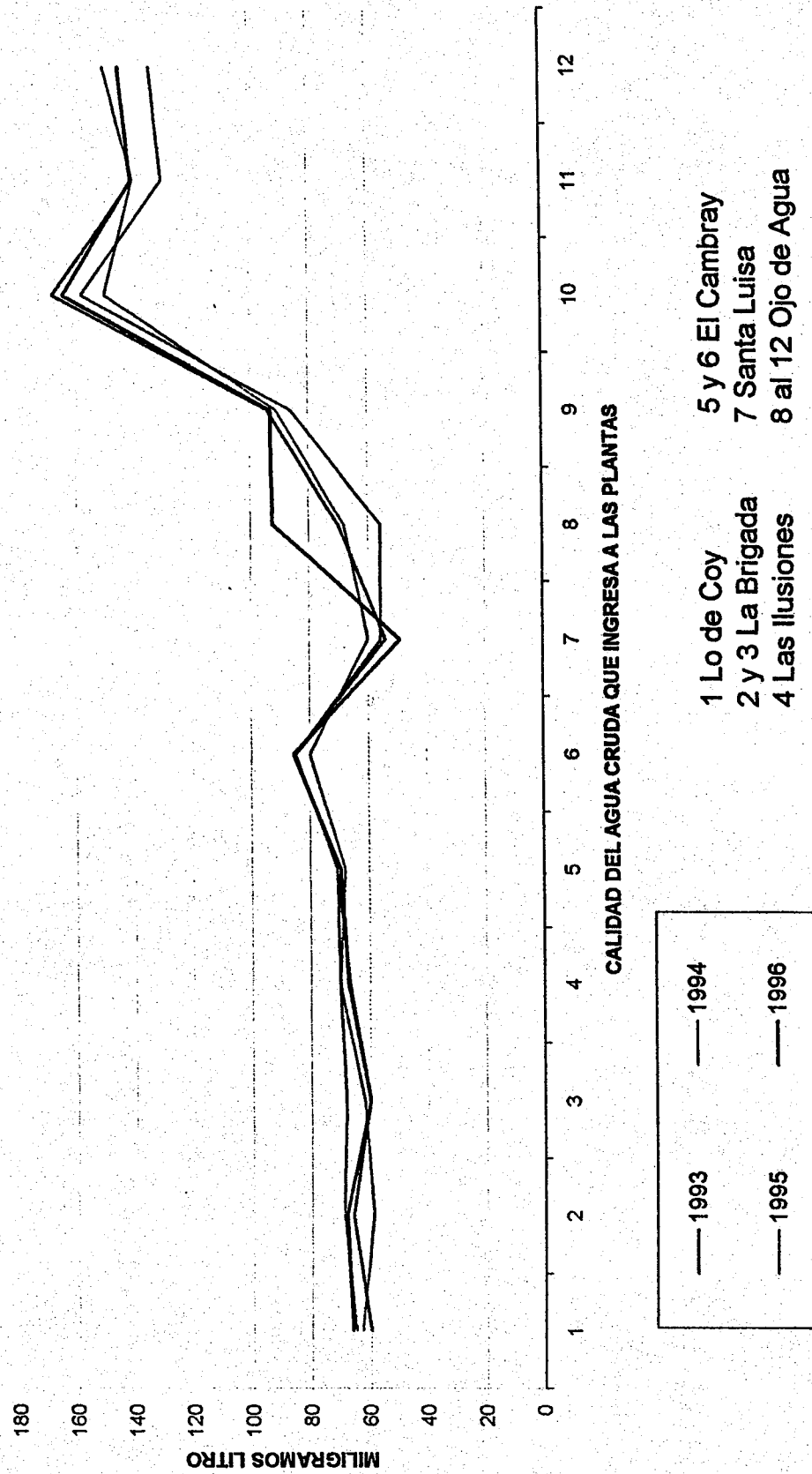


**CALIDAD DEL AGUA CRUDA  
PARÁMETRO: TURBIEDAD**

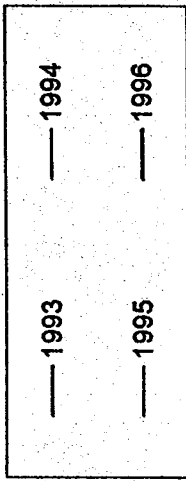


- 1 Lo de Coy
- 2 y 3 La Brigada
- 4 Las Ilusiones
- 5 y 6 El Cambray
- 7 Santa Luisa
- 8 al 12 Ojo de Agua

**CALIDAD DEL AGUA CRUDA  
PARÁMETRO: DUREZA**

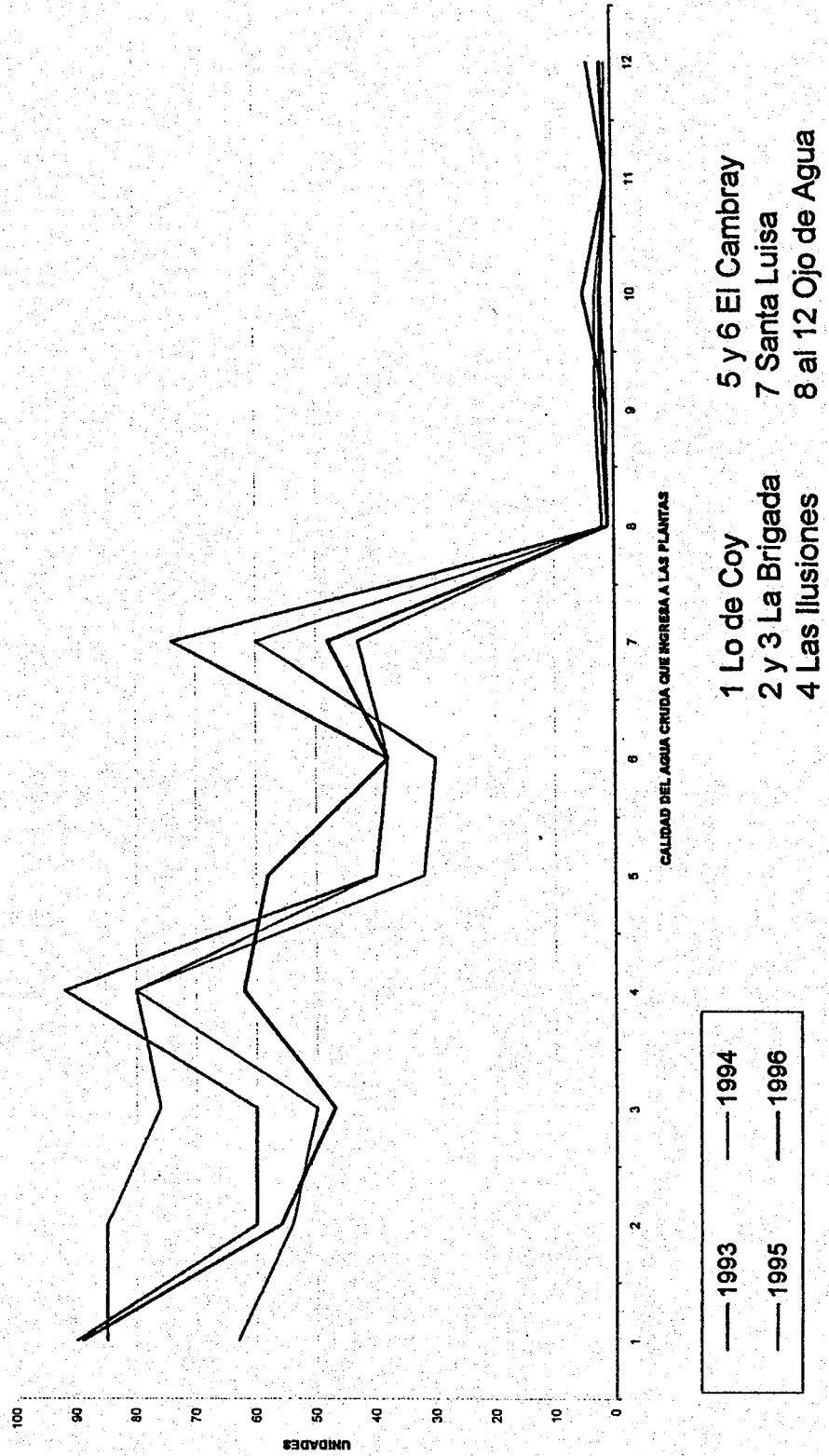


- 1 Lo de Coy
- 2 y 3 La Brigada
- 4 Las Ilusiones
- 5 y 6 El Cambray
- 7 Santa Luisa
- 8 al 12 Ojo de Agua

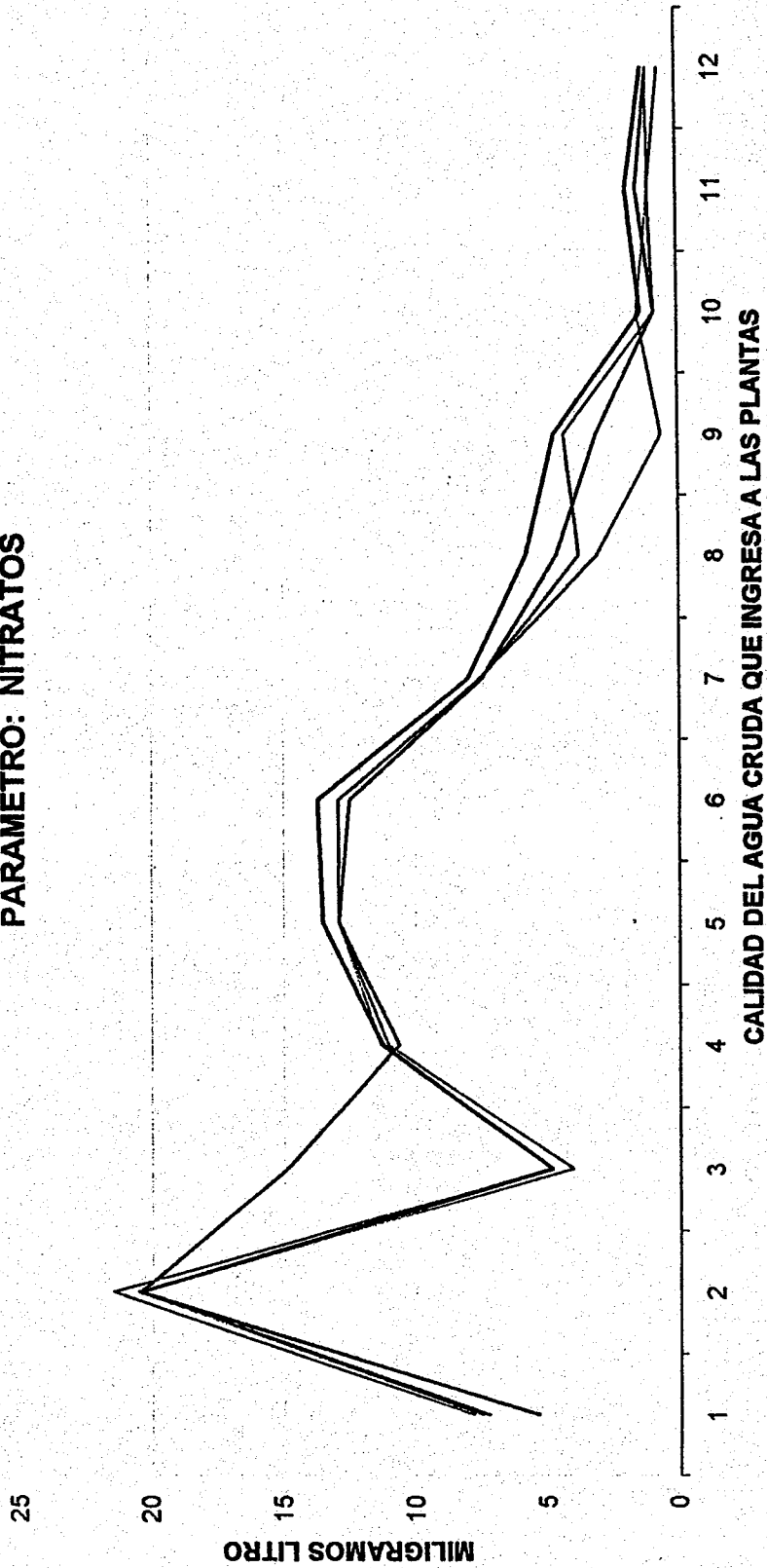




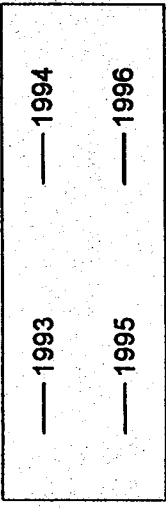
**CALIDAD DEL AGUA CRUDA  
PARÁMETRO: COLOR**



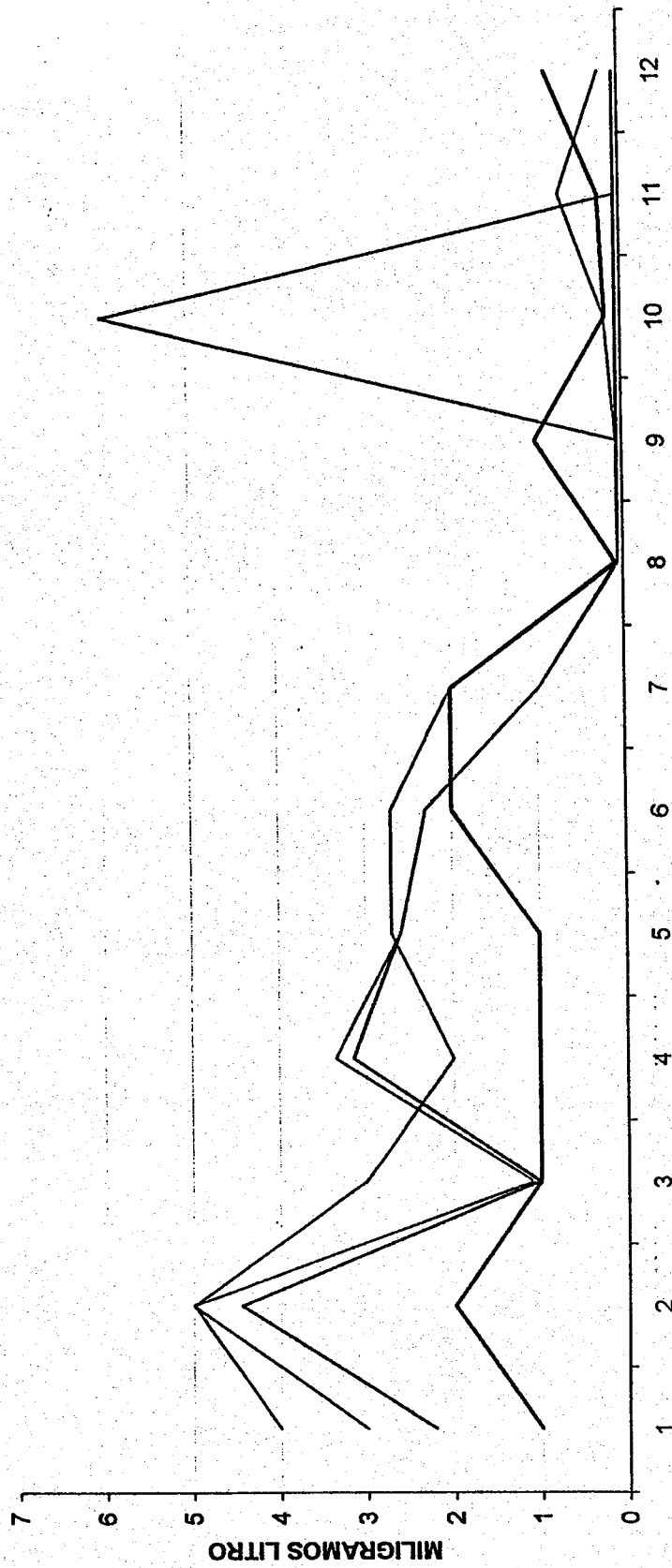
**CALIDAD DEL AGUA CRUDA  
PARÁMETRO: NITRATOS**



- 1 Lo de Coy
- 2 y 3 La Brigada
- 4 Las Ilusiones
- 5 y 6 El Cambray
- 7 Santa Luisa
- 8 al 12 Ojo de Agua

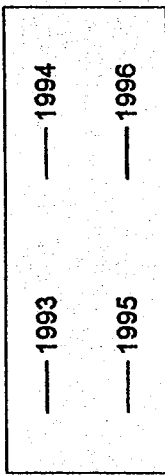


**CALIDAD DEL AGUA CRUDA  
PARÁMETRO: HIERRO**

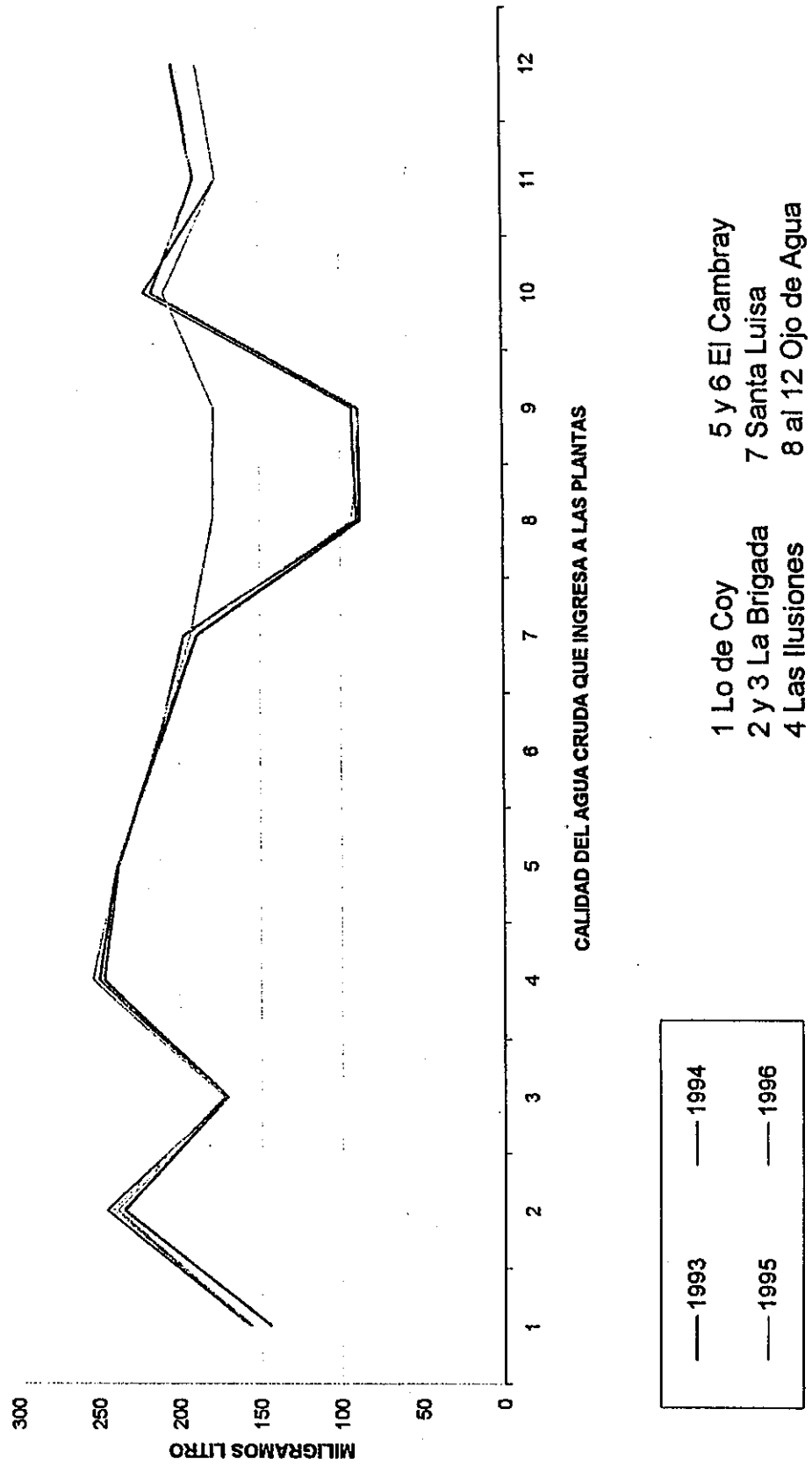


**CALIDAD DEL AGUA CRUDA QUE INGRESA A LAS PLANTAS**

- 1 Lo de Coy
- 2 y 3 La Brigada
- 4 Las Ilusiones
- 5 y 6 El Cambray
- 7 Santa Luisa
- 8 al 12 Ojo de Agua



**CALIDAD DEL AGUA CRUDA  
PARÁMETRO: SÓLIDOS TOTALES**



## 4.2. POR PUNTO DE MUESTREO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Los resultados que se presentan a continuación, corresponden a las tomadas en los puntos de muestreo (57 en total) de la red de distribución, estas muestras son de agua ya tratada que sale de las plantas de tratamiento de agua potable. Los datos que se presentan en cada cuadro son los resultados de los promedios mensuales y anuales de la calidad de agua que es distribuida a los usuarios, durante los años de 1,993 a 1,996.

Los parámetros que se analizan son: Temperatura, Turbiedad, Color, Potencial Hidrogeno (pH) y Fluoruros, los cuales se han graficado; cada uno de ellos se mantiene dentro de los rangos de los límites tanto aceptable como permisible de la norma COGUANOR.

### Comentarios de los resultados :

- La temperatura oscila entre 16 y 26 °C grados centígrados
- La turbiedad oscila en 0.3 y 22 UTN, los valores más altos se presentan entre los meses de mayo y septiembre, que corresponden a la época de lluvia.
- El color oscila en el rango de 1 a 64 unidades, lo que implica que ocasionalmente se ha rebasado el límite máximo permisible de 50 unidades, establecido por la norma. Al igual que la turbiedad los valores más altos se presentan en el período de mayo a septiembre.
- El cloro residual presenta valores entre 0 a 3.5 mg/l, lo que implica que ocasionalmente, en algunos puntos, el cloro ha rebasado el límite máximo permisible en su valor máximo y también en el valor mínimo se han presentado casos de cloro nulo. Lo anterior puede deberse a la antigüedad de la red de distribución.

### Parámetro Turbiedad :

- La turbiedad promedio, alrededor de 5 UTN, se da en los años 1994 y 1996. Mientras que valores cercanos a 7 UTN en los años 1993 y 1995. En cualquier caso se mantienen dentro de lo que establece la norma COGUANOR NGO.

### Parámetro Fluoruros :

- Respecto al parámetro Flúor, los valores indican concentraciones desde cero (0) hasta 1.4 mg/L. Al revisar la norma, en el rango de temperatura de 14.7 a 26.3 °C, los valores deberían cumplir con 0.8 y 1.3 mg/L. Respecto al máximo se considera que es aceptable, sin embargo, con respecto al mínimo dado (se han reportado valores de 0 mg/L) no se cumple con la norma. Lo anterior puede explicarse fácilmente ya que EMPAGUA no cuenta con la infraestructura para adicionar Flúor en todas sus plantas.

Valores Mínimos, Máximos y promedios mensuales de Temperatura, Turbiedad, Color, Potencial Hidrógeno (pH) y Fluoruros en los puntos de muestreo (57) de la Red de Distribución.  
Promedio del Año de 1993

Mes	Temperatura		Turbiedad		Color		Cloro Residual		Fluoruros						
	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.					
Enero	16	25	1.0	11.0	2.0	27.0	0.0	2.6	1.3	0.00	0.27	0.14			
Febreo	17	24	1.0	8.0	4.5	1.0	19.0	10.0	0.0	3.0	1.5	0.02	0.25	0.14	
Marzo	18	26	22.0	0.7	6.0	3.5	2.0	30.0	16.0	0.0	2.7	1.4	0.08	0.96	0.52
Abril	19	26	22.5	1.0	11.0	6.0	2.0	37.0	19.5	0.0	3.0	1.5	0.08	0.38	0.23
Mayo	18	25	21.5	1.0	22.0	11.5	2.0	45.0	23.5	0.0	3.5	1.8	0.08	0.52	0.30
Junio	19	25	22.0	1.0	14.5	7.2	2.0	62.0	32.0	0.2	3.5	1.9	0.08	0.32	0.20
Julio	19	23	21.0	0.3	18.0	9.2	1.0	45.0	23.0	0.0	3.0	1.5	0.08	0.95	0.52
Agosto	18	25	21.5	0.7	15.0	7.9	2.0	29.0	15.5	0.2	3.5	1.9	0.04	1.40	0.72
Septiembre	18	24	21.0	0.5	22.0	11.3	1.0	40.0	20.5	0.4	3.5	2.0	0.00	0.92	0.46
Octubre	18	24	21.0	1.0	18.0	9.5	1.0	51.0	26.0	0.0	3.5	1.8	0.00	0.88	0.44
Noviembre	17	24	20.5	1.0	10.0	5.5	2.0	22.0	12.0	0.0	3.0	1.5	0.00	1.16	0.58
Diciembre	17	23	20.0	1.0	8.5	4.8	2.0	22.0	12.0	0.0	3.5	1.8	0.04	1.20	0.62
Anual	17.8	26.4	22.1	0.9	13.7	7.3	1.75	35.8	18.8	0.1	3.2	1.7	0.04	0.77	0.41

Año de 1994

Mes	Temperatura		Turbiedad		Color		Cloro Residual		Fluoruros						
	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.					
Enero	16	22	19.0	1.0	10.0	5.5	2.0	25.0	13.5	0.0	2.6	1.3	0.00	0.19	0.09
Febreo	17	23	20.0	1.0	8.0	4.5	2.0	27.0	14.5	0.0	3.0	1.5	0.02	0.25	0.14
Marzo	18	23	20.5	1.0	6.0	3.5	2.0	30.0	16.0	0.0	2.7	1.4	0.08	0.96	0.52
Abril	19	24	21.5	1.0	6.0	3.5	2.0	39.0	20.5	0.0	3.0	1.5	0.08	0.38	0.23
Mayo	19	23	21.0	1.0	8.8	4.9	2.0	43.0	22.5	0.0	3.0	1.5	0.08	0.52	0.30
Junio	19	24	21.5	1.0	14.5	7.8	2.0	64.0	33.0	0.2	3.5	1.9	0.12	0.39	0.26
Julio	19	22	20.5	0.4	6.5	3.5	1.0	45.0	23.0	0.0	3.0	1.5	0.08	0.95	0.52
Agosto	18	25	21.5	0.7	8.0	4.4	2.0	32.0	17.0	0.2	3.5	1.9	0.04	1.40	0.72
Septiembre	18	23	21.5	0.5	12.0	6.3	1.0	43.0	22.0	0.4	3.4	1.9	0.00	0.92	0.46
Octubre	18	23	20.5	1.0	18.0	9.5	1.0	51.0	26.0	0.0	3.5	1.8	0.08	0.95	0.87
Noviembre	17	23	20.0	1.0	8.5	4.8	2.0	19.0	10.5	0.5	3.0	1.8	0.00	1.16	0.58
Diciembre	18	23	20.5	1.0	8.0	4.5	2.0	22.0	12.0	0.0	3.5	1.8	0.04	1.20	0.62
Anual	18.0	23.2	20.6	0.9	9.5	5.2	1.75	36.7	19.2	0.1	3.1	1.6	0.05	0.77	0.41

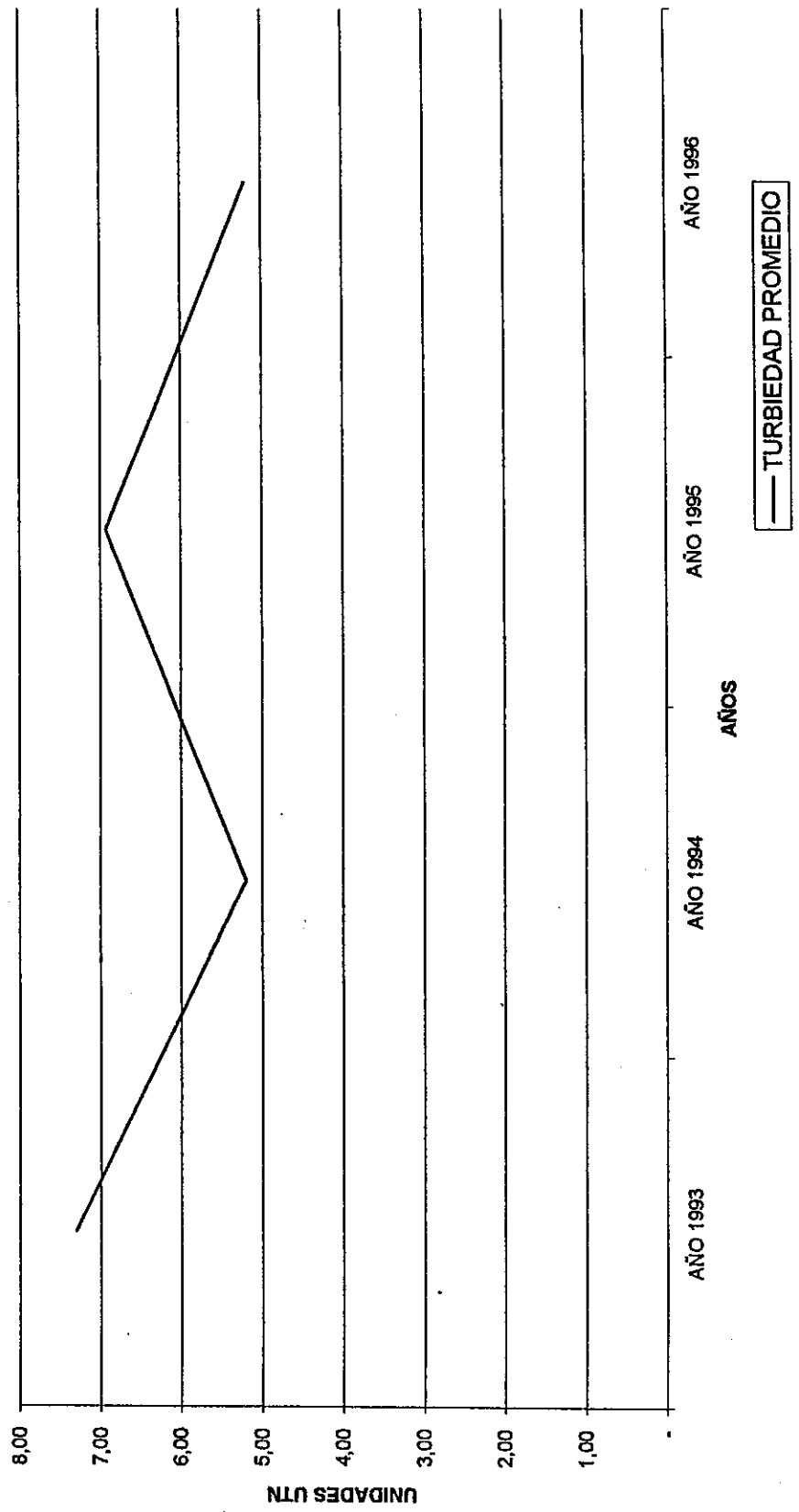
Valores Mínimos, Máximos y promedios mensuales de Temperatura, Turbiedad, Color, Potencial Hidrógeno (pH) y Fluoruros en los puntos de muestreo (57) de la Red de Distribución.  
Promedio del Año de 1995

Mes	Temperatura		Turbiedad		Color		Cloro Residual		Fluoruros						
	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.					
Enero	17	25	1.0	11.0	6.0	1.0	35.0	18.0	0.0	2.6	1.3	0.00	0.27	0.14	
Febrero	17	24	20.5	1.0	4.5	2.8	1.0	17.0	9.0	0.0	3.0	1.5	0.02	0.25	0.14
Marzo	18	26	22.0	0.7	6.0	3.5	2.0	30.0	16.0	0.0	3.0	1.5	0.08	0.96	0.52
Abril	19	26	22.5	1.0	11.0	6.0	2.0	33.0	17.5	0.0	3.0	1.5	0.08	0.38	0.23
Mayo	18	25	21.5	1.0	22.0	11.5	2.0	45.0	23.5	0.0	3.5	1.8	0.06	0.52	0.29
Junio	19	25	22.0	1.0	12.0	6.5	2.0	36.0	19.0	0.2	3.5	1.9	0.08	0.32	0.20
Julio	19	23	21.0	0.3	18.0	9.2	1.0	31.0	16.0	0.0	3.0	1.5	0.08	1.16	0.62
Agosto	18	25	21.5	0.8	15.0	7.9	2.0	29.0	15.5	0.2	3.5	1.9	0.04	1.40	0.72
Septiembre	18	24	21.0	0.5	22.0	11.3	1.0	40.0	20.5	0.2	3.5	1.9	0.00	0.96	0.48
Octubre	18	24	21.0	1.0	15.0	8.0	1.0	48.0	24.5	0.0	3.5	1.8	0.00	0.88	0.44
Noviembre	18	24	21.0	1.0	10.0	5.5	2.0	22.0	12.0	0.0	3.5	1.8	0.00	1.20	0.60
Diciembre	17	23	20.0	1.0	8.5	4.8	2.0	17.0	9.50	0.0	3.5	1.8	0.04	1.20	0.62
Anual	18.2	24.5	21.3	0.9	12.9	6.93	1.58	31.9	16.7	0.0	3.5	1.8	0.00	1.40	0.70

Año de 1996

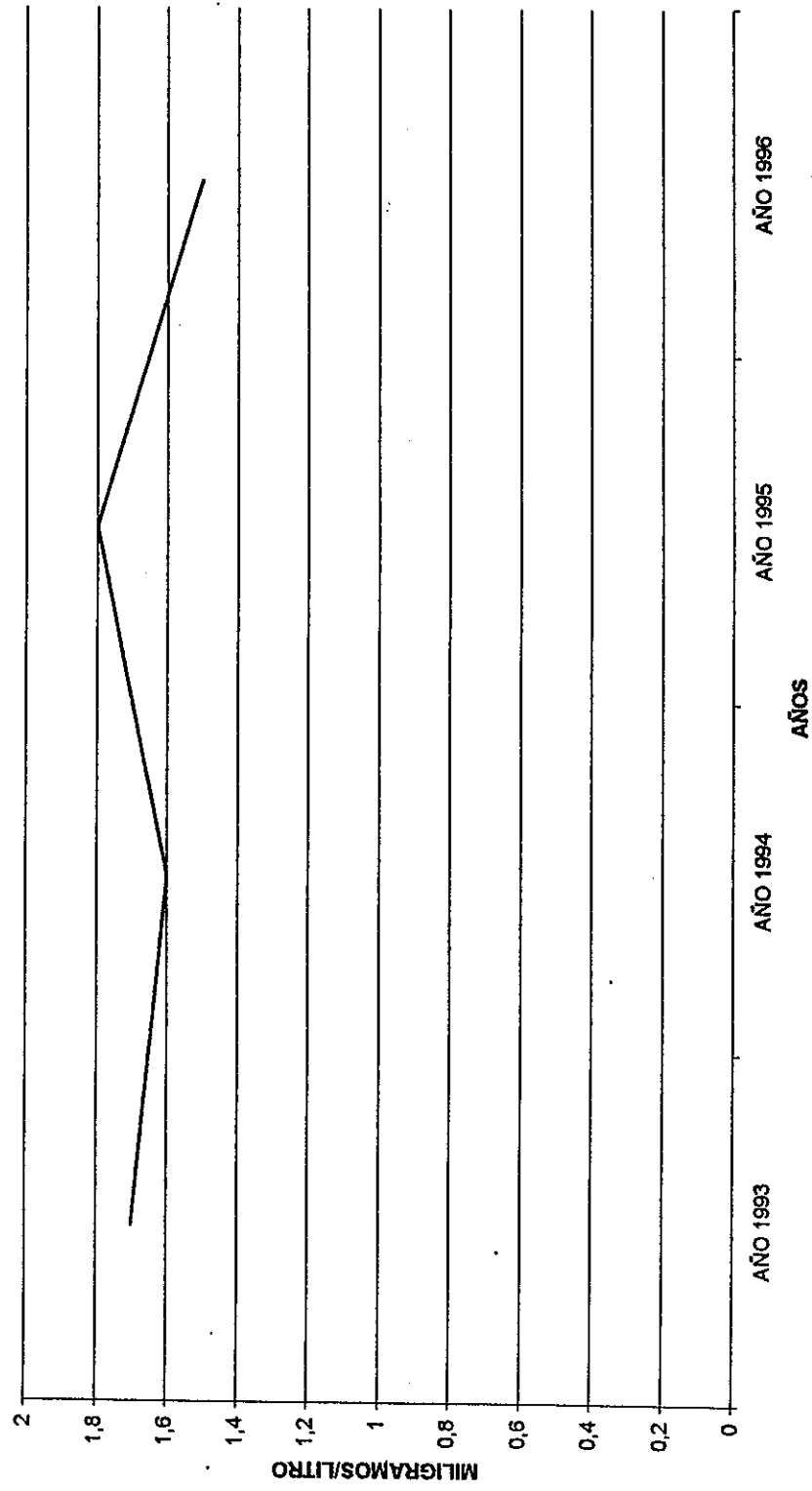
Mes	Temperatura		Turbiedad		Color		Cloro Residual		Fluoruros						
	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.	Min.	Max. Prom.					
Enero	16	22	19.0	1.0	10.0	5.5	2.0	25.0	13.5	0.0	2.4	1.3	0.07	0.27	0.17
Febrero	17	23	20.0	1.0	8.0	4.5	2.0	27.0	14.5	0.0	2.4	1.2	0.07	0.23	0.15
Marzo	18	23	20.5	1.0	6.0	3.5	2.0	30.0	16.0	0.0	3.0	1.5	0.08	0.50	0.29
Abril	19	24	21.5	1.0	6.0	3.5	2.0	39.0	20.5	0.0	2.5	1.3	0.09	0.28	0.19
Mayo	19	23	21.0	1.0	8.8	4.9	2.0	43.0	22.5	0.0	3.5	1.8	0.06	0.38	0.22
Junio	19	24	21.5	1.0	14.5	7.8	2.0	64.0	33.0	0.0	3.5	1.8	0.08	0.32	0.20
Julio	19	22	20.5	0.4	6.5	3.5	1.0	45.0	23.0	0.0	2.4	1.2	0.08	1.16	0.62
Agosto	18	25	21.5	0.7	8.0	4.4	2.0	32.0	17.0	0.2	3.0	1.6	0.08	1.40	0.74
Septiembre	18	23	21.5	0.5	12.0	6.3	1.0	43.0	22.0	0.2	3.5	1.9	0.00	0.96	0.48
Octubre	18	23	20.5	1.0	18.0	9.5	1.0	51.0	26.0	0.0	3.5	1.8	0.08	0.88	0.48
Noviembre	17	23	20.0	1.0	8.5	4.8	2.0	19.0	10.5	0.0	3.5	1.8	0.05	1.20	0.63
Diciembre	18	23	20.5	1.0	8.0	4.5	2.0	22.0	12.0	0.0	3.0	1.5	0.08	1.20	0.64
Anual	18.0	23.2	20.6	0.9	9.5	5.2	1.75	36.7	19.2	0.0	3.0	1.5	0.40	0.57	0.48

# TURBIEDAD PROMEDIO POR PUNTO DE MUESTREO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN



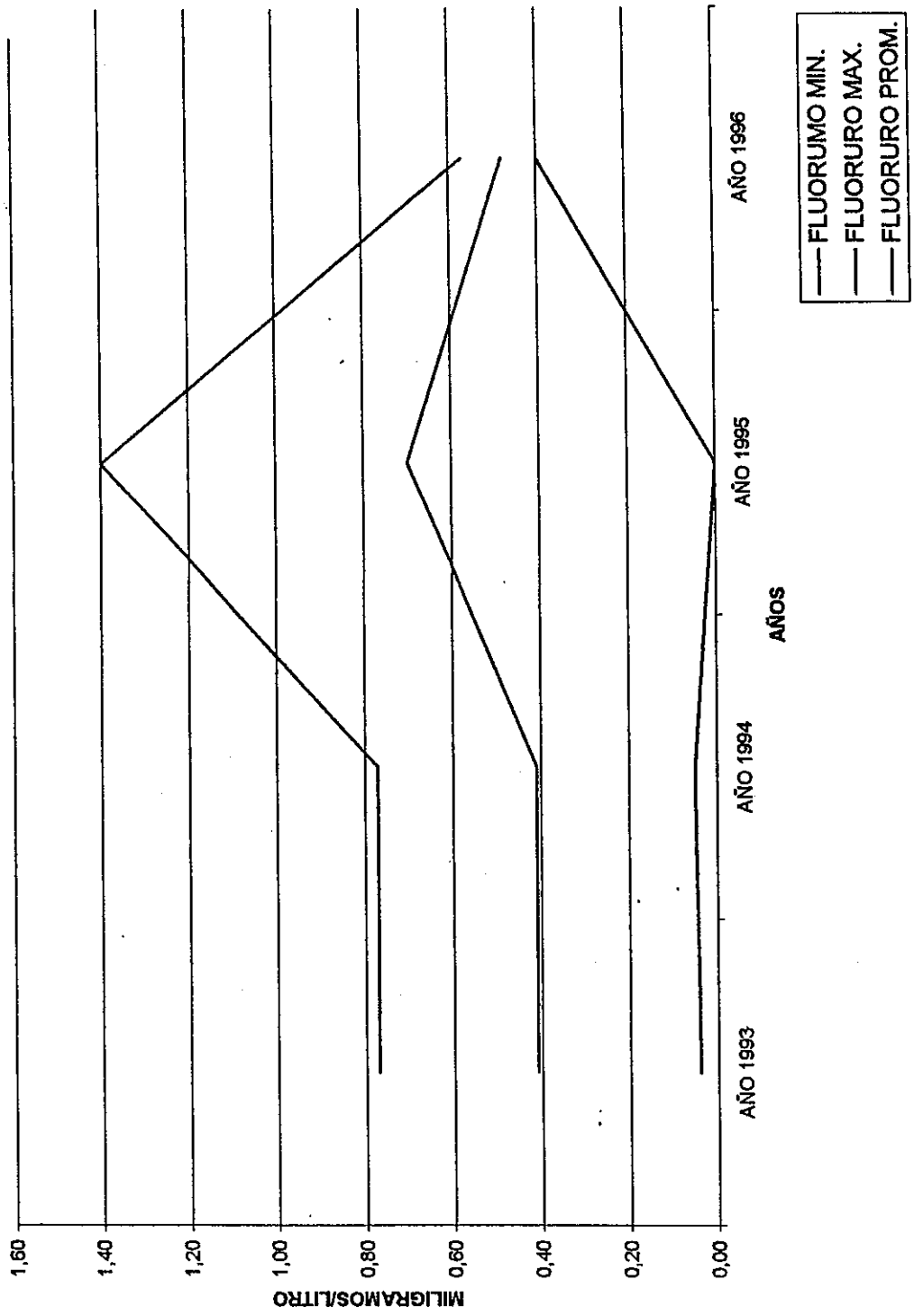


**CLORO RESIDUAL PROMEDIO POR PUNTOS DE MUESTREO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN**



— CLORO RESIDUAL PROMEDIO

# FLUORURO PROMEDIO POR PUNTO DE MUESTREO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN



### **4.3. POR PARÁMETRO EN LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO**

Los resultados que se presentan a continuación, corresponden a las muestras realizadas en los tanques de distribución de cada planta de tratamiento de agua potable (Lo de Coy, La Brigada, Las Ilusiones, Cambray y Santa Luisa), estas muestras son del agua ya tratada.

Los datos que se presentan en cada cuadro son los resultados de los promedios anuales de la calidad de agua que es distribuida a los usuarios, durante los años de 1,993 a 1,996.

Dichos promedios fueron obtenidos de los resultados de laboratorio realizados en la planta, ya sea diaria, mensual o el conjunto de datos existentes.

Varias son las formas de interpretar los resultados proporcionados, sin embargo, dado lo extenso que resultaría analizar cada uno de ellos se han seleccionado algunos que caracterizan la calidad del agua tratada de los tranques de distribución de agua potable : Color, Cloro Residual, Nitritos, Nitratos, Hierro, Aluminio, pH y Potasio, los cuales se ha graficado.

#### **Comentarios de los resultados :**

- pH : El valor del potencial Hidrógeno se mantiene casi igual en todas las plantas de tratamiento teniendo, un promedio de 7 a 8 Unidades.

- Aluminio : El valor que se tiene en la planta La Brigada en el año 1994 con 0.80 mg/L y también en la planta Cambray con 0.70 en 1994 son los más altos, mientras que en el resto de las plantas en los cuatro años analizados se mantienen los promedios casi en el límite de cero.

- Cloro Residual: Los valores de Cloro Residual se mantiene constante en todos los tanques de distribución analizados, con promedio de 1.0 a 1.3 durante los cuatro años analizados.

-Los valores más altos de color fueron en el tanque de Santa Luisa (Acatán), siendo el más alto, en el período analizado, 27 Unidades.

- La turbiedad más alta se presentó en el tanque de Santa Luisa, siendo el valor promedio más alto 68 Unidades, para el año 1993 y 1994, después hubo una mejoría en los años 1995 y 1996.

-La dureza más alta se presentó en la planta Las Ilusiones con valores arriba de 400 (485, 467, 343 y 488 para los años 96, 95, 94 y 93 respectivamente).

-Valores ya apreciable de Nitritos se presentaron en la planta Las Ilusiones. 0.16 mg/L que rebasan lo establecido en las normas.

-Los valores más altos de Nitratos se presentaron también en Las Ilusiones, Santa Luisa y Lo de Coy, (alrededor de 26 mg/l), sin embargo, aun se encuentran dentro de los límites. Los valores indican cierto grado de contaminación orgánica que debería controlarse en las cuencas respectivas.

-Santa Luisa presenta el valor de Hierro más alto 3.00 mg/L, rebasando incluso la norma establecida por COGUANOR, en las otras plantas si está dentro de los límites. En similar condición están los Sólidos Totales, con 917 mg/L. Este último parámetro si está dentro de los límites.

-La Conductividad Eléctrica es similar en todos los tanques de distribución.

-El Potencial Hidrógeno, está ligeramente alto en los tanques de Lo de Coy, Cambray, Santa Luisa e Ilusiones, lo que puede deberse a la adición del sulfato de aluminio.

-Se han presentado valores de Detergentes en las plantas Ilusiones, Santa Luisa, La Brigada, siendo lo más alto 0.50 mg/L. En los análisis del laboratorio no se especifica qué clase de detergente es el detectado.

-Respecto al Cloro Residual en los tanques de distribución los valores presentados se consideran no malos, con una tendencia similar.

-El Aluminio presenta una tendencia similar en los años analizados, los valores más altos se presentaron en los años 1994 y 1996.

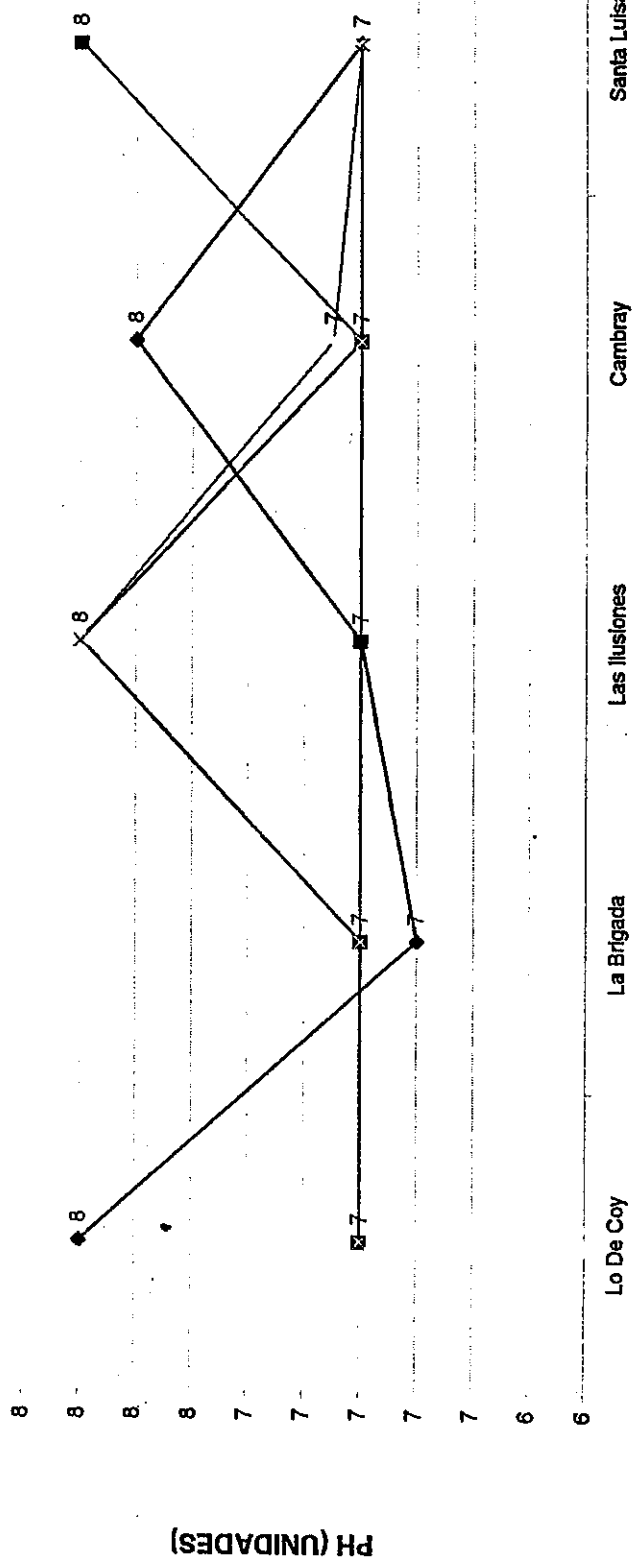
**POR PARÁMETROS , PROMEDIOS ANUALES**

DETERMINACIONES	Año 1993						Año 1994								
	Tanques de Distribución						Tanques de Distribución								
	Lo De Coy	La Brigada	Las Ilusiones	Cambray	Santa Luisa	Lo De Coy	La Brigada	Las Ilusiones	Cambray	Santa Luisa	Lo De Coy	La Brigada	Las Ilusiones	Cambray	Santa Luisa
Temperatura C	19	20	19	18	27	19	19	20	20	20	19	19	20	20	20
Color (Unidades)	12	5	25	7	27	10	6	20	19	25	10	6	19	25	25
Turbiedad (UTN)	8	3	7	2	68	10	3	60	10	67	10	3	10	67	67
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	320	60	343	76	320	320	58	488	102	321	320	58	102	321	321
Alcalinidad (mg/L)	178	44	34	94	116	150	45	35	76	114	150	45	76	114	114
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,11	0,02	0,48	0,02	0,17	0,12	0,00	0,51	0,03	0,15	0,12	0,00	0,03	0,15	0,15
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,06	0,01	0,25	0,01	0,08	0,07	0,00	0,25	0,02	0,09	0,07	0,00	0,02	0,09	0,09
Nitritos (mg/L)	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nitratos (mg/L)	21,78	1,32	29,26	5,72	25,08	21,70	1,50	29,48	6,85	25,10	21,70	1,50	6,85	25,10	25,10
Cloruros (mg/L)	60	14	87	17	76	60	14	87	16	76	60	14	16	76	76
Fierros (mg/L)	1,67	0,32	0,96	0,35	1,19	1,50	0,50	1,00	0,26	1,20	1,50	0,50	0,26	1,20	1,20
Hierro Total (mg/L)	1	0	1	0	3	1	0	1	0	3	1	0	0	3	3
Sólidos Totales (mg/L)	754	142	250	157	915	753	144	270	164	917	753	144	164	917	917
Perdidas por Ignición (mg/L)	95	128	135	15	80	94	120	120	32	70	94	120	32	70	70
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	70	102	116	80	99	75	98	105	93	105	75	98	93	105	105
Sólidos en Susp. (mg/L)	16	28	74	45	81	20	25	79	54	82	20	25	54	82	82
Sólidos Disueltos (mg/L)	35	90	153	65	152	40	96	160	72	156	40	96	72	156	156
Conduc. Elect (umhos/cm)	210	180	160	215	160	196	180	165	224	151	196	180	224	151	151
pH (Unidades)	8	7	7	8	7	7	7	8	7	7	7	7	8	7	7
Sulfato (mg/L)	19	26	15	3	138	28	26	94	22	120	28	26	22	120	120
Detergentes (mg/L)	0,00	0,03	0,16	0,06	0,28	0,00	0,01	0,08	0,03	0,28	0,00	0,01	0,03	0,28	0,28
Aluminio (mg/L)	0,03	0,03	0,06	0,03	0,10	0,03	0,80	0,06	0,70	0,09	0,03	0,80	0,06	0,70	0,09
Calcio (mg/L)	23	14	17	20	26	23	13	16	20	27	23	13	20	27	27
Sodio (mg/L)	6	8	8	11	19	8	7	6	14	19	8	7	6	14	19
Potasio (mg/L)	13	3	14	4	8	11	5	11	2	10	11	5	2	10	10
Magnesio (mg/L)	120	56	32	54	58	116	61	35	53	64	116	61	53	64	64
Cloro Residual (mg/L)	1,2	1,1	1,2	1,0	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,1
Índice de Saturación	-3	-2	-1	0	-2	-4	-2	-2	-1	-2	-4	-2	-1	-2	-2
Aspecto	Lig.Turbia Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	TURBIA INODORA	Lig.Turbia Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	TURBIA INODORA	Lig.Turbia Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	TURBIA INODORA	TURBIA INODORA

**POR PARÁMETROS , PROMEDIOS ANUALES**

DETERMINACIONES	Año 1995						Año 1996								
	Tanques de Distribución			Tanques de Distribución			Tanques de Distribución			Tanques de Distribución					
	Lo De Coy	La Brigada	Las Ilusiones	Cambray	Santa Luisa	Lo De Coy	La Brigada	Las Ilusiones	Cambray	Santa Luisa	Lo De Coy	La Brigada	Las Ilusiones	Cambray	Santa Luisa
Temperatura C	20	19	19	21	20	21	19	20	19	20	21	19	20	19	20
Color (Unidades)	10	10	20	15	25	8	10	18	19	22	8	10	18	19	22
Turbiedad (UTN)	6	7	14	6	18	4	5	12	10	11	4	5	12	10	11
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	302	65	485	83	316	306	64	487	97	315	306	64	487	97	315
Alcalinidad (mg/L)	164	49	38	91	111	162	49	31	62	118	162	49	31	62	118
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,15	0,06	0,64	0,12	0,05	0,19	0,07	0,43	0,14	0,19	0,19	0,07	0,43	0,14	0,19
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,07	0,05	0,28	0,04	0,16	0,10	0,06	0,19	0,09	0,14	0,10	0,06	0,19	0,09	0,14
Nitritos (mg/L)	0,01	0,05	0,11	0,01	0,08	0,00	0,03	0,09	0,05	0,04	0,00	0,03	0,09	0,05	0,04
Nitratos (mg/L)	26,00	12,40	26,50	7,52	18,43	20,06	8,43	26,12	8,15	24,16	20,06	8,43	26,12	8,15	24,16
Cloruros (mg/L)	54	17	80	22	72	57	28	69	23	69	57	28	69	23	69
Fluoruros (mg/L)	1,43	0,97	0,86	0,64	1,04	1,32	0,96	0,84	0,56	0,97	1,32	0,96	0,84	0,56	0,97
Hierro Total (mg/L)	1	1	1	0	1	0	1	1	1	2	0	1	1	1	2
Sólidos Totales (mg/L)	727	172	243	164	722	744	166	276	175	907	744	166	276	175	907
Perdidas por Ignición (mg/L)	93	114	128	34	89	87	117	114	59	67	87	117	114	59	67
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	72	98	105	86	94	66	99	107	97	108	66	99	107	97	108
Sólidos en Susp. (mg/L)	29	94	69	56	85	32	30	64	62	78	32	30	64	62	78
Sólidos Disueltos (mg/L)	43	87	140	71	142	63	89	155	78	146	63	89	155	78	146
Conduc. Elect (umhos/cm)	203	194	168	204	162	199	193	172	201	164	199	193	172	201	164
pH (Unidades)	7	7	7	7	8	7	7	8	7	7	7	7	8	7	7
Sulfato (mg/L)	36	44	29	27	124	45	59	116	35	131	45	59	116	35	131
Detergentes (mg/L)	0,01	0,05	0,09	0,06	0,16	0,00	0,05	0,08	0,16	0,26	0,00	0,05	0,08	0,16	0,26
Aluminio (mg/L)	0,06	0,04	0,05	0,07	0,09	0,06	0,40	0,09	0,40	0,10	0,06	0,40	0,09	0,40	0,10
Calcio (mg/L)	29	22	26	31	36	33	21	28	33	39	33	21	28	33	39
Sodio (mg/L)	12	15	17	21	26	17	21	18	23	27	17	21	18	23	27
Potasio (mg/L)	22	14	25	13	19	22	12	19	26	31	22	12	19	26	31
Magnesio (mg/L)	125	71	46	65	69	123	76	48	64	72	123	76	48	64	72
Cloro Residual (mg/L)	1,1	1,1	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,2
Índice de Saturación	-3	-2	-1	0	-2	-3	-2	-2	0	-2	-3	-2	-2	0	-2
Aspecto	Lig.Turbia	Clara	Clara	Clara	TURBIA	Lig.Turbia	Clara	Clara	Clara	TURBIA	Lig.Turbia	Clara	Clara	Clara	TURBIA
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	INODORA	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	INODORA	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	INODORA

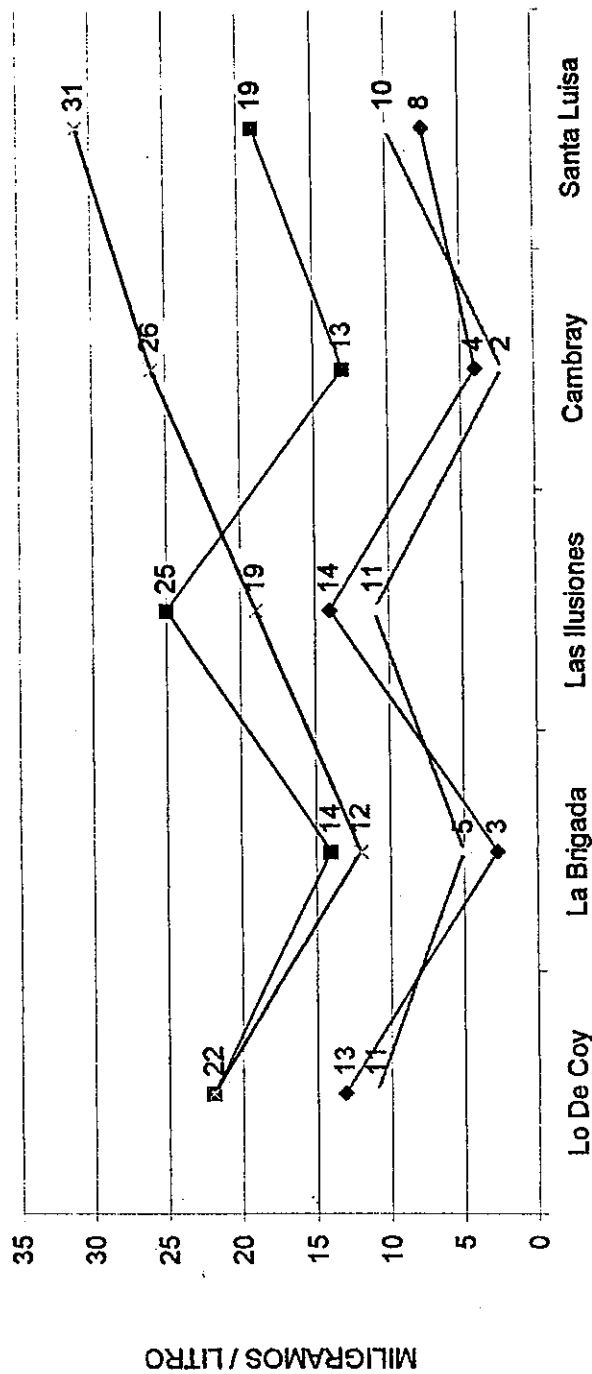
GRÁFICO DEL PARÁMETRO  
POTENCIAL HIDRÓGENO (PH)



TANQUES DE DISTRIBUCIÓN



GRÁFICO DEL PARÁMETRO  
POTASIO..

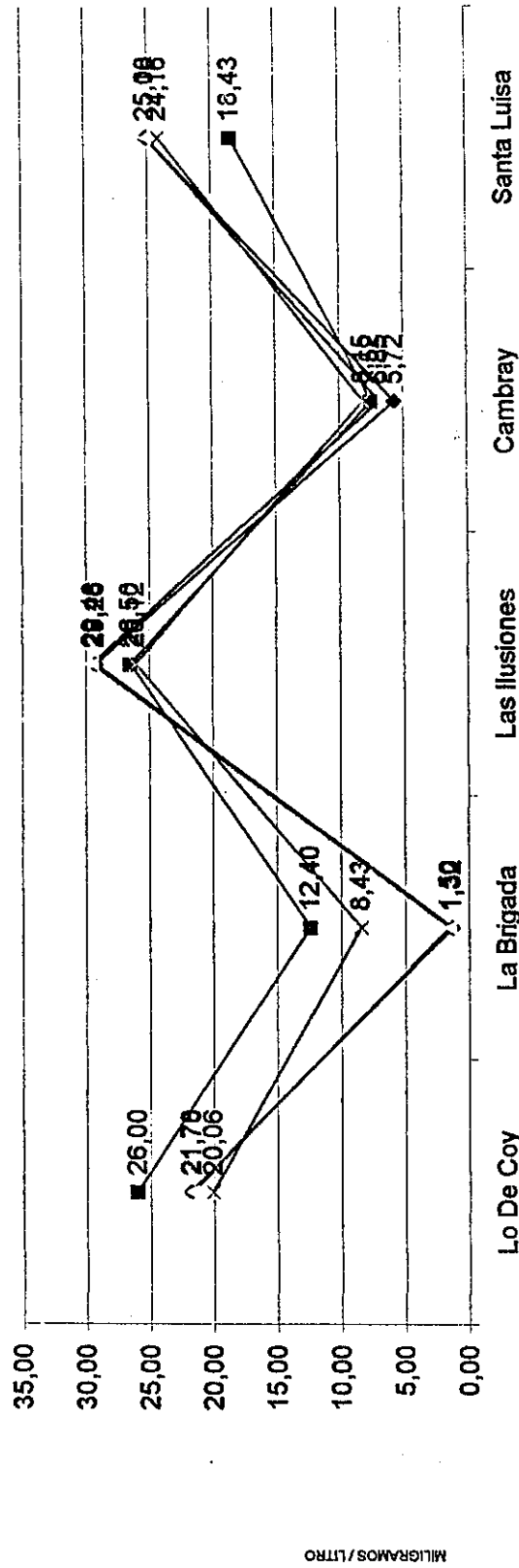


TANQUES DE DISTRIBUCIÓN





### GRÁFICO DEL PARÁMETRO NITRATOS



### TANQUES DE DISTRIBUCIÓN

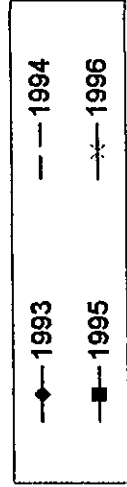
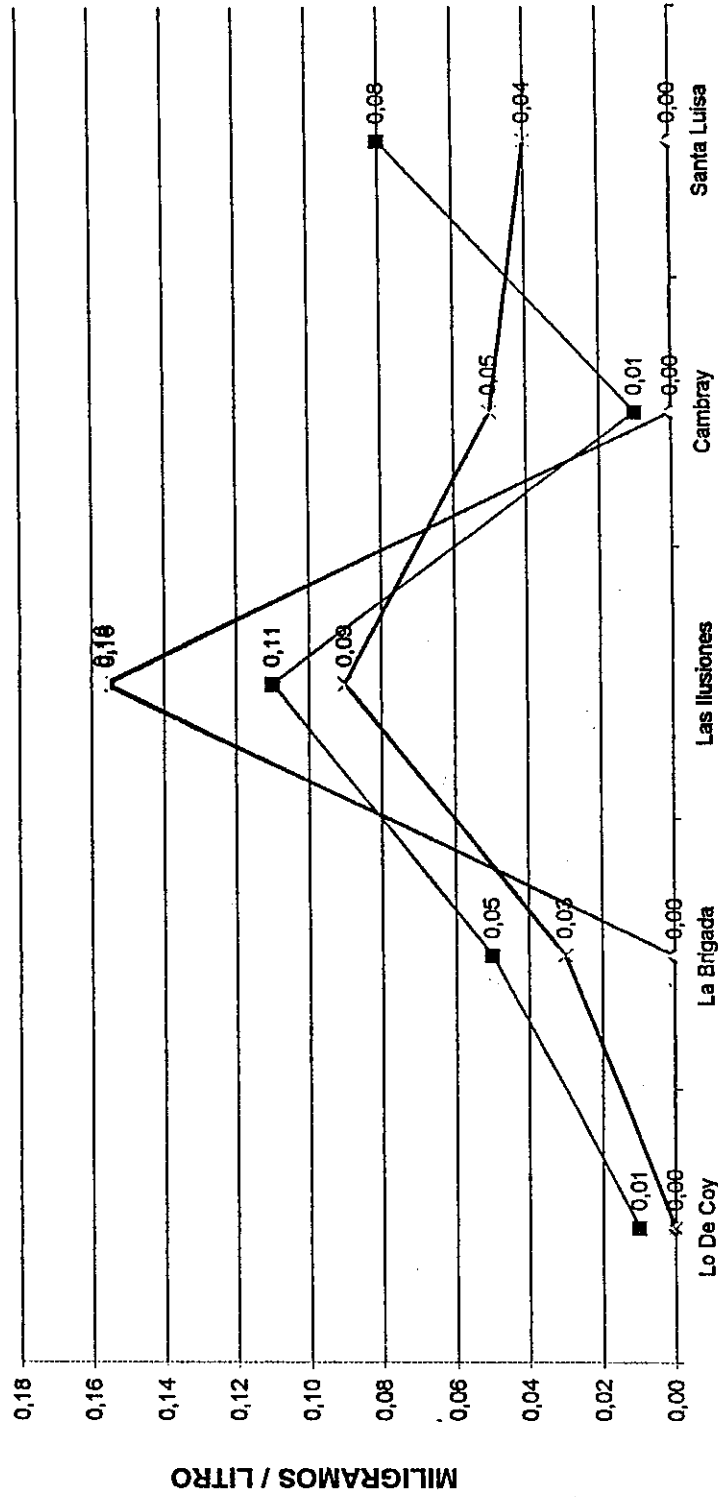


GRÁFICO DEL PARÁMETRO NITRITOS



TANQUES DE DISTRIBUCIÓN

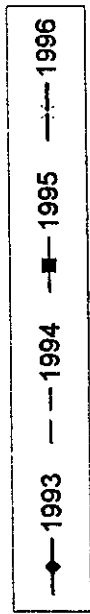
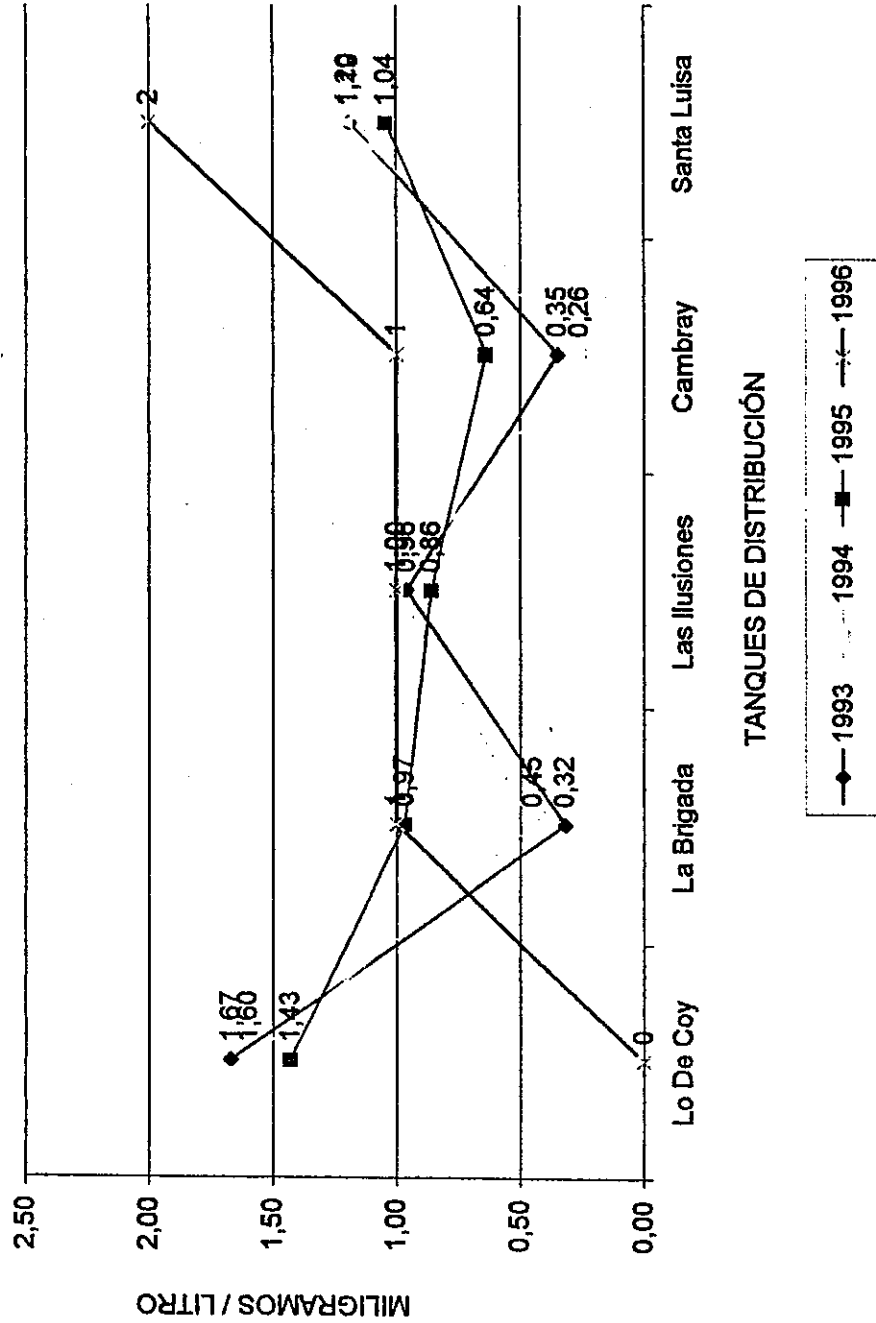
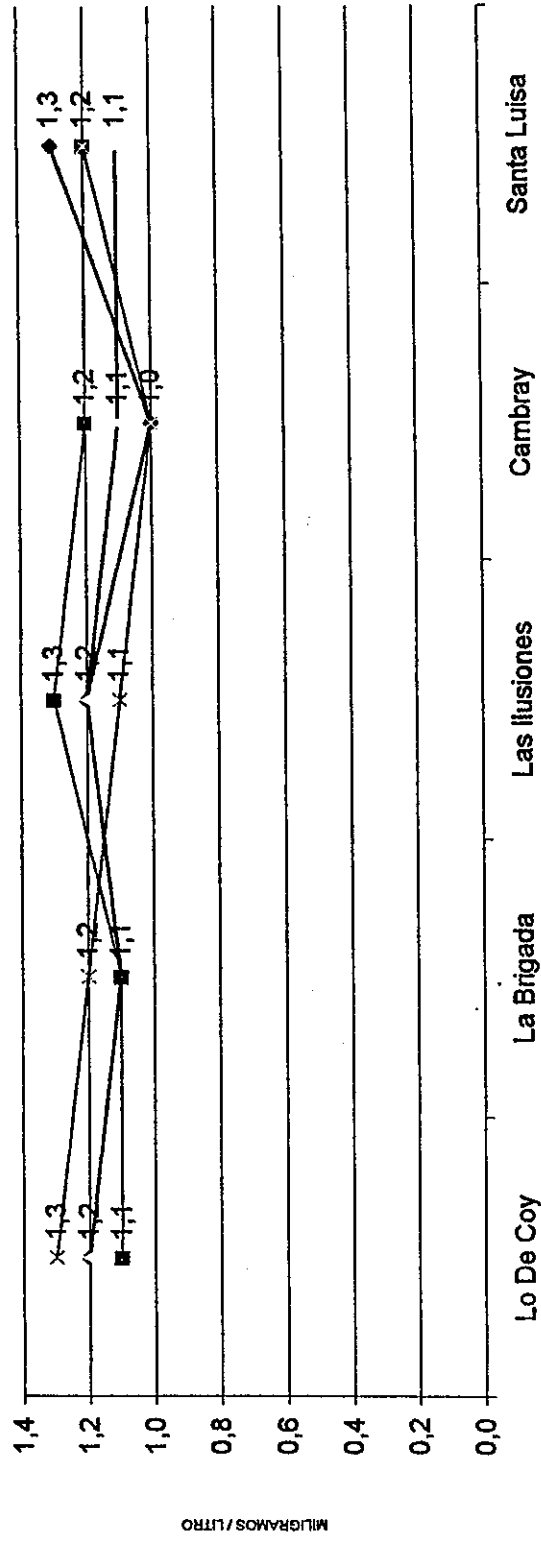


GRÁFICO DEL PARÁMETRO HIERRO TOTAL

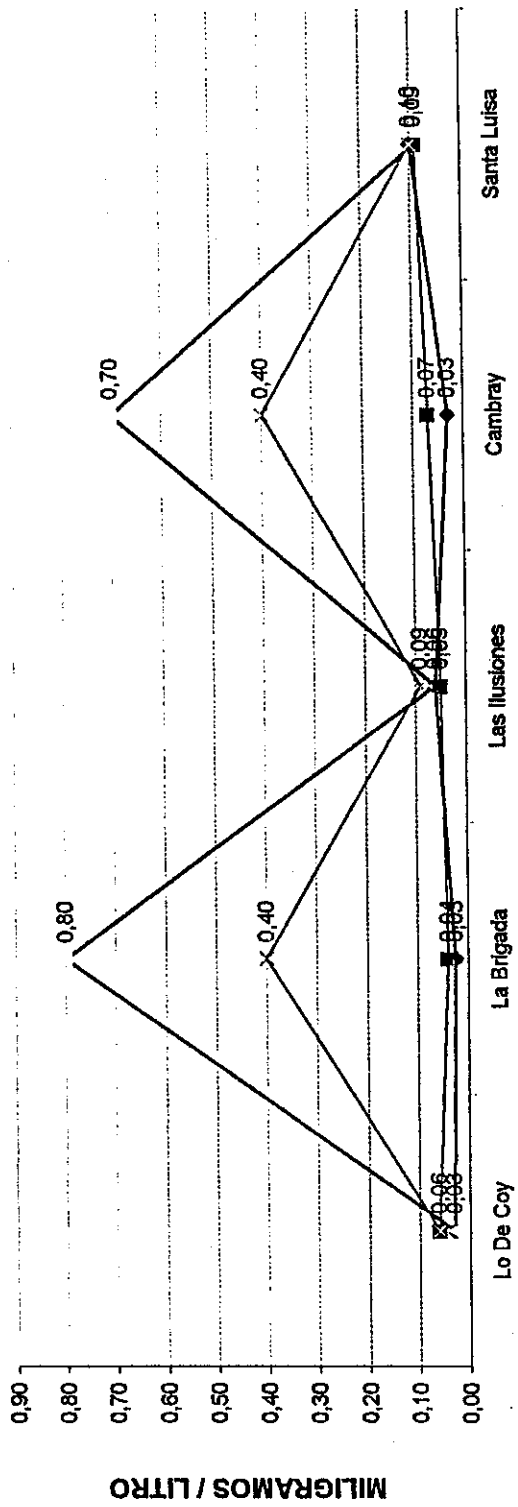
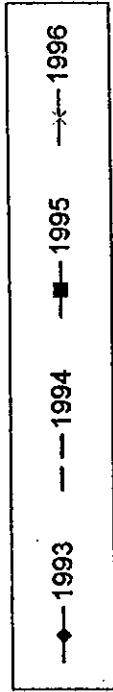


# GRÁFICO DEL PARÁMETRO CLORO RESIDUAL



TANQUES DE DISTRIBUCIÓN

GRÁFICO DEL PARÁMETRO ALUMINIO



TANQUES DE DISTRIBUCIÓN

#### **4.4. POR PLANTA DE TRATAMIENTO EN CADA PROCESO**

Los resultados que se presentan a continuación, corresponden a las muestras tomadas en las plantas de tratamiento de agua potable (Lo de Coy, La Brigada, Las Ilusiones, Cambray y Santa Luisa, Ojo de Agua), estas muestras son de agua cruda en el vertedero de entrada y en el canal de entrada, también están los resultados de muestras de agua que reciben algún tipo de tratamiento, aplicándoles químicos, estas muestras realizadas en los tanques sedimentadores y en los filtros, así también los resultados de muestras tomadas en los tanques de distribución de cada planta de tratamiento de agua potable .

Los datos que se presentan en cada cuadro son los resultados de los promedios anuales de la calidad de agua que es distribuida a los usuarios, durante los años de 1,993 a 1,996.

##### **Comentarios de los resultados:**

###### **Lo de Coy:**

Los valores resultantes para la Dureza, Alcalinidad, Nitratos, Sólidos Totales y Sulfato, se incrementan en relación a los valores en el canal de entrada.

En relación con los Nitratos debe investigarse la razón de su incremento ya que posiblemente exista contaminación en el proceso de filtración debido a las condiciones de la capa filtrante.

El incremento en los otros parámetros puede deberse a la adición de químicos para el tratamiento, sin embargo, se debe realizar una investigación más profunda.

###### **La Brigada:**

Para la planta La Brigada no se observa ninguna variación significativa, funcionando la planta en condición adecuada a pesar de su edad.

###### **Las Ilusiones:**

Al igual que la planta Lo de Coy, se incrementan los parámetros de Dureza, Alcalinidad, Nitratos, Sólidos Totales y Sulfatos.

###### **El Cambray:**

Se observa en los resultados que la calidad del agua es aceptable.

### **Santa Luisa:**

Se detecta fácilmente que las condiciones del agua tratada empeoran con el ingreso del agua al tanque de distribución (véase turbiedad en el tanque). Al igual que Lo de Coy e Ilusiones se incrementan los parámetros de Dureza, Nitratos, Sólidos Totales, Sulfatos, lo que hace necesario una revisión del proceso de tratamiento.

### **Ojo de Agua :**

Se deduce de los resultados que la calidad del agua es aceptable.

**PLANTA LO DE COY  
PROMEDIOS ANUALES**

DETERMINACIONES	Año 1993				Año 1994			
	Canal de Entrada	Tanque Sedimentadores	Filtros	Tanques de Distribución	Canal de Entrada	Tanque Sedimentadores	Filtros	Tanques de Distribución
Temperatura C	19	20	20	19	21	19	20	19
Color (Unidades)	90	25	25	12	63	25	22	10
Turbiedad (UTN)	16	15	11	8	19	5	11	10
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	60	65	320	320	63	66	322	320
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	104	107	176	178	99	72	155	150
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,13	0,10	0,12	0,11	0,14	0,06	0,05	0,12
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,05	0,04	0,06	0,06	0,07	0,05	0,07	0,07
Nitritos (mg/L)	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00
Nitratos (mg/L)	7,26	5,73	22,00	21,78	7,84	5,25	22,52	21,70
Cloruros (mg/L)	8	9	55	60	7	8	56	60
Hierro (mg/L)	0,3	0,7	2,0	1,7	0,3	0,6	2,0	1,6
Hierro Total (mg/L)	2	1	1	1	4	0	1	1
Sólidos Totales (mg/L)	144	144	756	754	157	137	758	753
Perdidas por Ignición (mg/L)	95	95	95	95	97	75	80	94
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	69	62	68	70	72	62	70	75
Sólidos en Susp. (mg/L)	25	7	19	16	27	8	22	20
Sólidos Disueltos (mg/L)	7	7	35	35	7	7	35	40
Conduc. Elect (umhos/cm)	196	198	200	210	194	199	198	196
pH (Unidades)	7	7	7	8	7	7	7	7
Sulfato (mg/L)	0	0	0	29	7	0	0	28
Detergentes (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aluminio (mg/L)	1,60	1,60	1,90	0,03	1,50	1,59	1,60	0,03
Calcio (mg/L)	15	14	23	23	17	15	23	23
Sodio (mg/L)	4	4	6	6	4	4	5	8
Potasio (mg/L)	5	5	8	13	5	5	8	11
Magnesio (mg/L)	14	99	206	120	12	98	102	116
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	1	0	0	0	1
Índice de Saturación	-1	-1	-3	-3	-1	-1	-3	-4
Aspecto	Turbia	Clara	TURBIA	TURBIA	TURBIA	TURBIA	TURBIA	TURBIA
Olor	Inodora	Inodora	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA



**PLANTA LO DE COY  
PROMEDIOS ANUALES**

DETERMINACIONES	Año 1995				Año 1996			
	Canal de Entrada	Tanque Sedimentadores	Filtros	Tanques de Distribución	Canal de Entrada	Tanque Sedimentadores	Filtros	Tanques de Distribución
Temperatura C	21	20	20	20	19	19	20	21
Color (Unidades)	85	25	25	10	89	25	22	8
Turbiedad (UTN)	19	15	11	6	45	11	5	4
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	65	65	302	302	66	66	303	306
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	103	107	163	164	72	72	155	162
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,14	0,10	0,12	0,15	0,07	0,06	0,05	0,19
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,06	0,04	0,06	0,07	0,05	0,05	0,07	0,10
Nitritos (mg/L)	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00
Nitratos (mg/L)	7,50	5,73	22,00	26,00	5,37	5,25	19,00	20,06
Cloruros (mg/L)	8	9	50	54	12	19	56	57
Fluoruros (mg/L)	0,3	0,7	1,0	1,4	0,8	0,6	1,5	1,3
Hierro Total (mg/L)	3	1	1	1	1	1	1	0
Sólidos Totales (mg/L)	156	144	722	727	157	137	736	744
Pérdidas por Ignición (mg/L)	95	95	95	93	97	75	80	87
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	70	62	68	72	72	62	66	66
Sólidos en Susp. (mg/L)	25	25	29	29	27	8	22	32
Sólidos Disueltos (mg/L)	6	7	35	43	7	7	35	63
Conduc. Elect (umhos/cm)	195	198	200	203	195	199	198	199
pH (Unidades)	7	7	7	7	7	7	7	7
Sulfato (mg/L)	21	0	0	36	0	0	0	45
Detergentes (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Aluminio (mg/L)	0,01	0,16	0,15	0,06	0,02	1,59	1,60	0,06
Calcio (mg/L)	15	20	23	29	15	15	23	33
Sodio (mg/L)	4	4	6	12	4	4	5	17
Potasio (mg/L)	5	5	8	22	4	5	8	22
Magnesio (mg/L)	98	99	116	125	97	98	102	123
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	1	0	0	0	1
Índice de Saturación	-1	-1	-3	-3	-1	-1	-3	-3
Aspecto	TURBIA	TURBIA	TURBIA	TURBIA	TURBIA	TURBIA	TURBIA	TURBIA
Olor	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA

# PLANTA LA BRIGADA PROMEDIOS ANUALES

DETERMINACIONES	Año 1,993					Año 1,994					PROMEDIOS	
	Entrada del Río	Vertedero de Entrada	Tanques de Succión	Tanques Sedimentadores	Tanques de Distribución	Entrada del Río	Vertedero de Entrada	Tanques de Succión	Tanques Sedimentadores	Tanques de Distribución	Entrada del Río	Vertedero de Entrada
Temperatura C	18	18	17	19	20	19	20	18	19	19	19	18
Color (Unidades)	60	60	10	5	5	54	50	13	6	6	64	58
Turbiedad (UTN)	120	60	9	3	3	125	84	5	3	3	104	60
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	66	60	60	60	60	59	52	60	58	58	66	63
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	64	80	40	44	44	68	85	38	45	45	65	83
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,00	0,00	0,03	0,03
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,01	0,13	0,02	0,01	0,01	0,02	0,13	0,01	0,00	0,00	0,02	0,13
Nitritos (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02
Nitratos (mg/L)	20,48	14,84	1,76	1,32	1,32	21,50	4,84	1,76	1,50	1,54	20,76	7,14
Cloruros (mg/L)	11	12	13	14	14	12	10	12	14	14	14	13
Fluoruros (mg/L)	0,0	0,2	0,2	0,3	0,3	0,0	0,2	0,1	0,5	0,5	0,3	0,5
Hierro Total (mg/L)	4	1	0	0	0	5	3	0	0	0	4	2
Sólidos Totales (mg/L)	235	170	145	142	142	246	170	151	144	144	241	171
Perdidas por Ignición (mg/L)	128	66	55	55	128	132	66	55	57	120	129	66
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	107	64	91	87	102	109	65	96	85	98	108	64
Sólidos en Susp. (mg/L)	139	24	7	4	28	137	27	7	5	25	140	25
Sólidos Disueltos (mg/L)	83	20	87	90	90	83	12	108	91	96	83	8
Conduc. Elect (umhos/cm)	164	175	180	180	180	164	177	215	180	180	166	176
pH (Unidades)	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7
Sulfato (mg/L)	16	8	23	26	26	17	8	26	26	26	17	9
Detergentes (mg/L)	0,06	0,10	0,04	0,03	0,03	0,08	0,06	0,03	0,01	0,00	0,07	0,31
Aluminio (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,62	1,00	1,00	1,00	0,80	0,18	0,42
Calcio (mg/L)	14	13	14	14	14	14	11	14	13	13	14	13
Sodio (mg/L)	6	7	7	8	8	7	7	7	7	7	7	7
Potasio (mg/L)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Magnesio (mg/L)	8	7	6	6	56	8	7	6	6	61	15	14
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Índice de Saturación	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-1
Aspecto	Turbia	Turbia	CLARA		CLORO	Turbia	Turbia	CLARA		CLARA	CLARA	CLARA
Olor	Lig. Turbia	Lig. Turbia	INODORA		FTE. CLORO	Lig. Turbia	Lig. Turbia	LIG. TURBIA		LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA

# PLANTA LA BRIGADA PROMEDIOS ANUALES

	Año 1,995						Año 1,996						PROMEDIOS		
	Entrada del Río	Vertedero de Entrada	Tanques de Succión	Tanques de Sedimentadores	Tanques de Distribución	Entrada del Río	Vertedero de Entrada	Tanques de Succión	Tanques de Sedimentadores	Tanques de Distribución	Tanques de Succión	Tanques de Sedimentadores	Tanques de Distribución	Tanques de Succión	Tanques de Sedimentadores
DETERMINACIONES															
Temperatura C	18	16	19	19	19	20	18	19	19	19	18	19	19	18	19
Color (Unidades)	85	76	12	10	10	56	47	13	12	10	12	10	12	8	8
Turbiedad (UTN)	122	67	8	8	7	48	30	5	5	5	7	5	7	4	4
Dureza (mg/L CaCO <sub>2</sub> )	69	68	68	66	45	68	60	60	60	64	62	64	62	62	62
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>2</sub> )	63	85	41	45	49	64	80	82	85	49	50	49	50	47	47
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,03	0,03	0,06	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07	0,04	0,07	0,04	0,04	0,04
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,02	0,14	0,12	0,06	0,05	0,02	0,13	0,10	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,03
Nitritos (mg/L)	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02
Nitratos (mg/L)	20,58	4,05	5,25	7,87	12,40	20,48	4,84	1,77	1,90	8,43	2,84	8,43	2,84	5,91	5,91
Cloruros (mg/L)	12	12	13	14	17	20	18	19	22	28	14	28	14	18	18
Fluoruros (mg/L)	0,0	0,3	0,3	0,4	1,0	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	0,4	1,0	0,4	0,7	0,7
Hierro Total (mg/L)	5	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sólidos Totales (mg/L)	242	173	148	161	172	239	170	147	144	166	148	166	148	156	156
Perdidas por Ignición (mg/L)	126	67	55	57	114	129	66	62	68	117	57	117	57	120	120
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	109	63	94	87	98	108	64	96	97	99	94	99	94	99	99
Sólidos en Susp. (mg/L)	142	24	28	32	94	141	24	17	24	30	15	30	15	44	44
Sólidos Disueltos (mg/L)	83	0	104	91	87	83	0	61	72	89	90	89	90	91	91
Conduc. Elect (umhos/cm)	168	178	200	181	194	168	175	201	181	193	199	193	199	187	187
pH (Unidades)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Sulfato (mg/L)	19	12	26	26	44	17	8	26	26	59	25	59	25	39	39
Detergentes (mg/L)	0,06	0,98	0,62	0,09	0,05	0,07	0,10	0,10	0,15	0,50	0,20	0,50	0,20	0,15	0,15
Aluminio (mg/L)	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,64	0,32	0,38	0,40	0,34	0,40	0,34	0,32	0,32
Calcio (mg/L)	14	14	15	15	22	14	15	15	15	21	15	21	15	18	18
Sodio (mg/L)	7	6	7	8	15	7	8	8	8	21	7	21	7	13	13
Potasio (mg/L)	3	3	3	3	14	3	4	3	3	12	3	12	3	8	8
Magnesio (mg/L)	18	27	6	6	71	28	16	26	32	76	11	76	11	66	66
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1
Índice de Saturación	-2	-1	-2	-2	-2	-2	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Aspecto	TURBIA	TURBIA	CLARA	CLARA	CLARA	TURBIA	TURBIA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA
Olor	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA

**OSCILACIONES BOMBEO ATLANTICO  
LAS ILUSIONES  
PROMEDIOS ANUALES**

	Año 1,993				Año 1,994				Año 1,995			
	Entrada del Río	Tanque de Succión	Tanque Sedimentadores	Tanques de Distribución	Entrada del Río	Tanque de Succión	Tanque Sedimentadores	Tanques de Distribución	Entrada del Río	Tanque de Succión	Tanque Sedimentadores	Tanques de Distribución
<b>DETERMINACIONES</b>												
Temperatura C	20	19	20	19	20	20	21	20	19	20	21	19
Color (Unidades)	92	98	25	25	80	77	61	20	80	60	32	20
Turbiedad (UTN)	84	25	18	7	87	66	60	56	93	45	28	14
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	67	237	343	492	70	327	486	488	70	230	242	485
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	83	66	46	34	80	64	35	35	82	96	78	38
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,10	0,71	0,48	0,48	0,09	0,76	0,51	0,51	0,12	0,73	0,50	0,64
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,04	0,18	0,25	0,25	0,04	0,31	0,25	0,25	0,50	0,31	0,25	0,28
Nitritos (mg/L)	0,03	0,13	0,16	0,16	0,03	0,21	0,16	0,16	0,03	0,23	0,16	0,11
Nitratos (mg/L)	10,64	10,84	29,26	29,26	11,34	14,00	29,48	29,48	11,06	18,00	29,50	26,50
Cloruros (mg/L)	9	81	87	87	8	82	87	87	10	82	87	80
Hierro (mg/L)	0,2	1,6	2,0	1,0	0,5	1,6	1,1	1,0	0,3	0,1	1,2	0,9
Hierro Total (mg/L)	3	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1
Sólidos Totales (mg/L)	250	250	250	250	247	250	255	270	254	260	251	243
Pérdidas por Ignición (mg/L)	135	136	136	135	124	124	122	120	139	132	132	128
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	116	116	116	116	114	108	108	105	118	115	111	105
Sólidos en Susp. (mg/L)	107	74	74	74	100	89	83	79	107	96	74	69
Sólidos Disueltos (mg/L)	83	128	141	153	78	84	97	160	86	93	97	140
Sulfato (mg/L)	8	14	16	15	7	23	31	94	8	21	24	29
Conduc. Elect. (umhos/cm)	32	61	74	160	28	59	72	153	97	61	49	168
pH (Unidades)	8	7	7	7	8	7	7	8	7	8	7	7
Calcio (mg/L)	3	14	15	17	3	80	80	16	1	28	28	26
Sodio (mg/L)	7	7	7	8	6	58	62	6	6	14	16	17
Potasio (mg/L)	0	16	17	14	0	16	16	11	8	16	17	25
Magnesio (mg/L)	5	12	21	32	18	32	32	35	12	15	22	46
Aluminio (mg/L)	1,10	1,10	0,97	0,06	1,13	0,80	0,92	0,06	0,00	0,06	0,05	0,05
Detergentes (mg/L)	0,15	0,16	0,16	0,16	0,10	0,15	0,10	0,08	0,15	0,09	0,06	0,09
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Índice de Saturación	-1	-1	-1	-1	-2	0	0	-2	-1	-1	-1	-1
Aspecto	lg. Turb. - Turb. Inodora	lg. Turb. - Turb. Inodora	lg. Turb. - Turb. Inodora	CLARA	lg. Turb. - Turb. Inodora	lg. Turb. - Turb. Inodora	lg. Turb. - Turb. Inodora	CLARA	lg. Turb. - Turb. Inodora	lg. Turb. - Turb. Inodora	lg. Turb. - Turb. Inodora	CLARA
Clor	Turb. - Turb. Inodora	lg. Turb. - Turb. Inodora	INODORA	CLARA	Turb. - Turb. Inodora	lg. Turb. - Turb. Inodora	INODORA	INODORA	Turb. - Turb. Inodora	lg. Turb. - Turb. Inodora	INODORA	INODORA

**OSCILACIONES BOMBEO ATLANTICO  
LAS ILUSIONES  
PROMEDIOS ANUALES**

DETERMINACIONES	Año 1,996				Promedios			
	Entrada del Río	Tanque de Succión	Tanques Sedimentadores	Tanque de Distribución	Entrada del Río	Tanque de Succión	Tanques Sedimentadores	Tanque de Distribución
Temperatura C	20	19	20	20	19	20	21	20
Color (Unidades)	62	58	36	18	79	56	39	21
Turbiedad (UTN)	56	45	28	12	80	45	34	22
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	67	136	295	467	68	233	342	483
Alcalinidad (mg/L NaO <sub>2</sub> )	80	60	43	31	81	72	51	35
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,92	0,80	0,53	0,43	0,31	0,75	1,00	1,00
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,04	0,37	0,25	0,19	0,15	0,29	0,00	0,00
Nitritos (mg/L)	0,32	0,30	0,17	0,09	0,10	0,22	0,00	0,00
Nitratos (mg/L)	11,27	18,00	29,30	26,12	11,08	15,21	29,00	28,00
Cloruros (mg/L)	15	82	87	69	11	82	87	81
Fluoruros (mg/L)	0,8	0,6	0,9	0,8	0,4	1,0	1,0	1,0
Hierro Total (mg/L)	1	1	1	1	2	1	1	1
Sólidos Totales (mg/L)	249	240	245	276	250	250	250	260
Perdidas por Ignición (mg/L)	126	123	118	114	131	129	127	129
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	116	120	112	107	116	115	112	108
Sólidos en Susp. (mg/L)	110	105	97	64	106	91	82	72
Sólidos Disueltos (mg/L)	99	104	125	155	86	102	115	152
Sulfato (mg/L)	8	89	101	116	8	37	43	64
Conduc. Elect (umhos/cm)	9	81	49	172	41	61	61	168
pH (Unidades)	7	7	7	8	8	7	7	8
Calcio (mg/L)	3	19	23	28	2	35	37	22
Sodio (mg/L)	7	32	27	18	7	28	28	12
Potasio (mg/L)	6	11	16	19	4	15	16	17
Magnesio (mg/L)	11	16	25	48	12	19	25	40
Aluminio (mg/L)	1,07	1,00	0,93	0,09	0,83	0,74	1,00	0,00
Detergentes (mg/L)	1,58	1,01	0,66	0,43	0,50	0,35	0,00	0,00
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	1	0	0	0	1
Índice de Saturación	-1	-1	-2	-2	-1	-1	-1	-2
Aspecto	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	CLARA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	LIG. TURBIA	CLARA
Olor	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA

**PLANTA EL CAMBRAY  
PROMEDIOS ANUALES**

DETERMINACIONES	Año 1,1993			Año 1,1994		
	Vert. No. 1 Río Pinula Las Minas	Vert. No. 2 Río Hincapié	Tanque de Distribución	Vertedero No. 1	Vertedero No. 2	Tanque de Distribución
Temperatura C	18	19	18	20	19	20
Color (Unidades)	40	38	7	32	30	19
Turbiedad (UTN)	98	123	2	84	60	10
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	71	85	76	68	80	102
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	77	93	94	77	91	76
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,06	0,08	0,02	0,06	0,09	0,03
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,03	0,04	0,01	0,03	0,04	0,02
Nitritos (mg/L)	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02	0,00
Nitratos (mg/L)	12,90	12,50	5,72	12,90	12,90	6,85
Cloruros (mg/L)	9	14	17	9	14	16
Fluoruros (mg/L)	0,1	0,2	0,4	0,1	0,3	0,3
Hierro Total (mg/L)	3	2	0	3	3	0
Sólidos Totales (mg/L)	239	213	157	238	214	164
Pérdidas por Ignición (mg/L)	12	112	15	13	110	75
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	114	103	80	112	103	93
Sólidos en Susp. (mg/L)	97	72	45	97	74	54
Sólidos Disueltos (mg/L)	12	12	65	15	13	72
Conduc. Elect. (umhos/cm)	165	218	215	165	218	224
pH (Unidades)	7	7	8	7	7	7
Sulfato (mg/L)	0	0	3	7	10	22
Detergentes (mg/L)	0,00	0,06	0,06	0,00	0,06	0,03
Aluminio (mg/L)	2,00	2,00	0,03	2,00	2,00	0,70
Calcio (mg/L)	8	12	20	8	13	20
Sodio (mg/L)	6	2	11	0	3	14
Potasio (mg/L)	2	9	4	2	9	2
Magnesio (mg/L)	5	5	54	6	0	53
Cloro Residual (mg/L)	0	0	1	0	0	1
Índice de Saturación	-1	-1	0	-1	-1	-1
Aspecto	Turbia	Clara	Lig. Turbia	Lig. Turbia	Lig. Turbia	Lig. Turbia
Olor	Inodora	Inodora	A Cloro	A Cloro	A Cloro	A Cloro

**PLANTA EL CAMBRAY  
PROMEDIOS ANUALES**

DETERMINACIONES	Año 1,995					Año 1,996					PROMEDIOS		
	Vertedero No. 1	Vertedero No. 2	Tanque de Distribución	Vertedero No. 1	Vertedero No. 2	Tanque de Distribución	Vertedero No. 1	Vertedero No. 2	Tanque de Distribución	Vertedero No. 1	Vertedero No. 2	Tanques de Distribución	
Temperatura C	18	19	21	19	19	19	19	19	19	19	19	20	
Color (Unidades)	40	38	15	58	38	19	58	38	19	43	36	15	
Turbiedad (UTN)	98	123	6	39	34	10	39	34	10	80	85	7	
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	71	85	83	70	86	97	70	86	97	70	84	90	
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	77	93	91	82	92	62	82	92	62	78	92	81	
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,06	0,08	0,03	0,06	0,09	0,03	0,06	0,09	0,03	0,06	0,08	0,03	
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,01	0,03	0,04	0,01	0,03	0,04	0,01	
Nitritos (mg/L)	0,01	0,02	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	
Nitratos (mg/L)	12,90	12,50	8,00	13,50	13,70	8,00	13,50	13,70	8,00	13,05	12,90	7,14	
Cloruros (mg/L)	9	14	22	11	18	23	11	18	23	9	15	19	
Fluoruros (mg/L)	0,1	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	1,0	0,7	
Hierro Total (mg/L)	3	2	0	1	2	1	1	2	1	2	2	0	
Sólidos Totales (mg/L)	239	213	164	238	215	175	238	215	175	238	214	165	
Perdidas por Ignición (mg/L)	12	112	34	12	111	59	12	111	59	12	111	35	
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	114	103	86	115	103	97	114	103	97	114	103	89	
Sólidos en Susp. (mg/L)	97	72	56	99	74	62	97	74	62	97	73	54	
Sólidos Disueltos (mg/L)	12	12	71	11	11	78	12	11	78	12	12	72	
Conduc. Elect (umhos/cm)	165	218	204	165	215	201	165	215	201	165	217	211	
pH (Unidades)	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
Sulfato (mg/L)	14	12	27	0	0	35	0	0	35	5	6	22	
Detergentes (mg/L)	0,00	0,06	0,06	0,00	0,07	0,06	0,00	0,07	0,06	0,00	0,06	0,05	
Aluminio (mg/L)	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	0,00	1,00	2,00	0,00	1,10	0,00	0,18	
Calcio (mg/L)	8	12	31	7	13	33	8	13	33	8	13	26	
Sodio (mg/L)	12	2	21	6	3	23	6	3	23	6	2	17	
Potasio (mg/L)	2	9	13	2	9	26	2	9	26	2	9	11	
Magnesio (mg/L)	15	8	65	5	12	64	5	12	64	8	6	59	
Cloro Residual (mg/L)	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	
Índice de Saturación	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	0	
Aspecto	Lig. Turbia	Lig. Turbia	Lig. Turbia	Lig. Turbia	Lig. Turbia	Lig. Turbia	Lig. Turbia	Lig. Turbia	Lig. Turbia	Turbia	Turbia	Turbia	
Olor	A Cloro	A Cloro	A Cloro	A Cloro	A Cloro	A Cloro	A Cloro	A Cloro	A Cloro	Inodora	Inodora	A Cloro	

**PLANTA SANTA LUISA**  
**PROMEDIOS ANUALES**

DETERMINACIONES	Año 1,993					Año 1,994					PROMEDIOS			
	Canal de Mezcla	TANQUES SEDIMENTADORES	FILTROS	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	Canal de Mezcla	TANQUES SEDIMENTADORES	FILTROS	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	Canal de Mezcla	TANQUES SEDIMENTADORES	FILTROS	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	Canal de Mezcla	TANQUES SEDIMENTADORES
Temperatura C	19	20	20	20	19	20	21	20	19	20	21	20	19	20
Color (Unidades)	74	54	31	27	60	48	36	25	56	48	36	25	56	46
Turbiedad (UTN)	14	14	8	68	28	22	20	67	23	22	20	67	23	18
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	54	89	214	320	60	325	323	321	55	325	323	321	55	256
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	80	95	102	116	92	107	111	114	87	107	111	114	87	136
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,07	0,28	0,33	0,17	0,05	0,45	0,33	0,15	0,07	0,45	0,33	0,15	0,07	0,39
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,04	0,22	0,17	0,08	0,05	0,30	0,20	0,09	0,05	0,30	0,20	0,09	0,05	0,27
Nitritos (mg/L)	0,01	0,14	0,09	0,00	0,02	0,20	0,09	0,00	0,01	0,20	0,09	0,00	0,01	0,16
Nitratos (mg/L)	7,48	22,88	25,96	25,08	7,58	23,01	25,97	25,10	7,65	23,01	25,97	25,10	7,65	22,95
Cloruros (mg/L)	9	56	54	76	9	56	54	76	10	56	54	76	10	56
Fluoruros (mg/L)	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1
Hierro Total (mg/L)	1	1	1	3	2	1	1	3	1	1	1	3	1	1
Sólidos Totales (mg/L)	189	857	870	915	197	859	865	917	194	859	865	917	194	859
Pérdidas por Ignición (mg/L)	78	387	395	80	83	410	390	70	80	410	390	70	80	399
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	61	76	89	99	67	232	206	105	64	232	206	105	64	256
Sólidos en Susp. (mg/L)	10	36	36	81	15	37	36	82	12	37	36	82	12	36
Sólidos Disueltos (mg/L)	83	152	155	152	88	152	152	156	85	152	152	156	85	153
Conduc. Elect (umhos/cm)	165	172	163	160	165	133	136	151	165	133	136	151	165	178
pH (Unidades)	7	7,7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8
Sulfato (mg/L)	4	137	139	138	6	137	137	120	7	137	137	120	7	137
Detergentes (mg/L)	0,06	0,22	0,17	0,28	0,06	0,12	0,10	0,28	0,06	0,12	0,10	0,28	0,06	0,13
Aluminio (mg/L)	0,50	0,93	0,97	0,10	0,00	0,06	0,08	0,09	0,30	0,06	0,08	0,09	0,30	0,48
Calcio (mg/L)	22	26	27	26	22	26	26	27	22	26	26	27	22	26
Sodio (mg/L)	13	19	18	19	14	19	18	19	13	19	18	19	13	19
Potasio (mg/L)	4	8	8	8	6	8	7	10	5	8	7	10	5	8
Magnesio (mg/L)	3	35	37	58	0	25	38	64	5	25	38	64	5	26
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Índice de Saturación	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-1	-2
Aspecto	Clara	LIG TURBIA	TURBIA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA
Olor	Inodora	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA



**PLANTA SANTA LUISA**  
**PROMEDIOS ANUALES**

DETERMINACIONES	Año 1,1995				Año 1,1996				PROMEDIOS	
	Canal de Mezcla	TANQUES SEDIMENTADORES	FILTROS	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	Canal de Mezcla	TANQUES SEDIMENTADORES	FILTROS	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	FILTROS	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
Temperatura C	17	20	21	20	21	20	21	20	21	20
Color (Unidades)	43	41	38	25	48	40	37	22	36	25
Turbiedad (UTN)	15	12	10	18	34	23	19	11	14	41
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	56	283	304	316	49	326	348	905	297	466
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	86	99	100	111	91	242	232	118	136	115
Nitrógeno Alb (mg/L)	0,06	0,42	0,40	0,05	0,08	0,43	0,39	0,17	0,36	0,14
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0,05	0,25	0,17	0,16	0,05	0,30	0,18	0,14	0,18	0,12
Nitritos (mg/L)	0,01	0,15	0,09	0,08	0,01	0,15	0,09	0,04	0,09	0,03
Nitratos (mg/L)	7,53	22,90	25,90	18,43	8,01	23,00	26,00	24,16	25,96	23,19
Cloruros (mg/L)	9	56	54	72	13	55	54	69	54	73
Fluoruros (mg/L)	0,2	0,8	0,6	1,0	0,9	0,8	0,6	1,0	0,6	1,1
Hierro Total (mg/L)	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2
Sólidos Totales (mg/L)	193	860	867	722	195	859	870	907	868	865
Perdidas por Ignición (mg/L)	81	389	389	89	80	411	392	67	392	77
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	64	269	346	94	63	447	465	108	277	102
Sólidos en Susp. (mg/L)	13	36	36	85	12	37	36	78	36	82
Sólidos Disueltos (mg/L)	86	152	155	142	83	157	155	146	154	149
Conduc. Elect (umhos/cm)	165	182	174	162	165	225	239	164	178	159
pH (Unidades)	7	8	7	8	7	8	7	7	7	7
Sulfato (mg/L)	12	138	139	124	5	138	139	131	138	128
Detergentes (mg/L)	0,06	0,09	0,12	0,16	0,06	0,08	0,07	0,33	0,12	0,26
Aluminio (mg/L)	0,03	0,06	0,08	0,09	0,66	0,86	1,00	0,10	0,53	0,10
Calcio (mg/L)	22	26	26	36	21	26	27	39	27	32
Sodio (mg/L)	13	19	19	26	13	19	19	27	18	23
Potasio (mg/L)	5	8	12	19	4	8	12	31	10	17
Magnesio (mg/L)	10	22	27	69	8	22	27	72	32	66
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
Índice de Saturación	-1	-2	-2	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2
Aspecto	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA	CLARA
Olor	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA	INODORA

**PLANTA DE BOMBEO OJO DE AGUA  
PROMEDIOS ANUALES**

	Año 1993				Año 1994				
	Pozos Anexo No. 1	Pozo Anexo No. 3	Pozo Diamante No. 1	Pozo Diamante No. 3	Pozo Anexo No. 1	Tanque de Succión	Pozo Diamante No. 1	Pozo Diamante No. 3	Pozo Diamante No. 7
<b>DETERMINACIONES</b>									
Temperatura C	22	22	23	24	21	20	20	20	19
Color (Unidades)	1	5	1	4	1	1	2	1	1
Turbiedad (UTN)	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	94	168	140	140	68	91	150	140	150
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	130	220	172	172	107	128	217	176	190
Nitrógeno Alb (mg/L)	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Nitrógeno Libre (mg/L NH <sub>3</sub> )	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitritos (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitratos (mg/L)	3	1	2	2	3	1	2	1	1
Cloruros (mg/L)	9	12	8	8	11	11	12	11	13
Fluoruros (mg/L)	1	1	1	1	2	2	1	1	1
Hierro Total (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Sólidos Totales (mg/L)	89	216	190	190	90	93	221	176	188
Perdidas por Ignición (mg/L)	89	109	101	101	98	84	92	86	90
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	75	107	89	89	81	77	129	90	98
Sólidos en Susp. (mg/L)	2	2	2	2	4	6	3	2	3
Sólidos Disueltos (mg/L)	249	203	173	173	345	264	214	180	193
Conduc. Elect (umhos/cm)	285	404	347	347	289	290	400	347	352
pH (Unidades)	7	8	8	8	7	7	8	7	7
Sulfato (mg/L)	0	11	16	16	35	54	13	16	10
Detergentes (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aluminio (mg/L)	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Calcio (mg/L)	22	37	32	32	15	16	0	0	0
Sodio (mg/L)	17	20	20	20	1	0	0	0	0
Potasio (mg/L)	2	2	2	2	12	8	0	0	0
Magnesio (mg/L)	0	7	9	15	32	16	0	0	0
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Índice de Saturación	0	0	0	0	-4	-4	0	0	0
Aspecto	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	LIG. TURBIA INODORA	LIG. TURBIA INODORA	Turbia Inodora	LIG. TURBIA Inodora	LIG. TURBIA INODORA
Olor	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	Clara Inodora	LIG. TURBIA INODORA	LIG. TURBIA INODORA	Turbia Inodora	LIG. TURBIA Inodora	LIG. TURBIA INODORA

**PLANTA DE BOMBEO OJO DE AGUA  
PROMEDIOS ANUALES**

DETERMINACIONES	Año 1995				Año 1996				
	Pozo Anexo No. 1	Pozo Anexo No. 3	Pozo Diamante No. 1	Pozo Diamante No. 3	Pozo Anexo No. 1	Pozo Anexo No. 3	Pozo Diamante No. 1	Pozo Diamante No. 3	Pozo Diamante No. 7
Temperatura C	24	23	22	22	22	21	22	20	20
Color (Unidades)	2	3	3	1	1	2	2	1	2
Turbiedad (UTN)	1	1	0	0	1	1	0	0	1
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	0	86	158	130	92	93	165	141	145
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	64	118	200	172	122	119	210	174	187
Nitrógeno Alb (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrógeno Libre (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitritos (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitratos (mg/L)	4	4	1	1	6	5	1	2	1
Cloruros (mg/L)	11	12	12	8	21	19	16	12	11
Fluoruros (mg/L)	0	0	0	0	1	2	1	1	1
Hierro Total (mg/L)	0	0	6	0	0	1	0	0	1
Sólidos Totales (mg/L)	179	178	209	176	93	88	215	191	200
Perdidas por Ignición (mg/L)	0	0	92	86	80	72	98	93	98
Sustancia Mineral Fija (mg/L)	0	0	107	89	60	77	117	98	101
Sólidos en Susp. (mg/L)	2	3	2	2	2	2	3	2	3
Sólidos Disueltos (mg/L)	162	160	203	2	14	192	203	173	174
Conduc. Elect (umhos/cm)	294	290	390	350	287	292	397	348	350
pH (Unidades)	7	7	7	7	6	7	8	7	8
Sulfato (mg/L)	6	8	11	11	7	6	13	15	9
Detergentes (mg/L)	0	0	0	0	3	7	0	0	0
Aluminio (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calcio (mg/L)	20	22	37	32	23	17	37	32	27
Sodio (mg/L)	17	17	20	20	20	15	20	20	20
Potasio (mg/L)	2	1	2	2	1	1	2	2	2
Magnesio (mg/L)	13	7	18	15	7	11	18	15	20
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Índice de Saturación	-1	-1	-1	-1	1	-2	-1	0	0
Aspecto	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora

## CAPÍTULO 5

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON LAS NORMAS

En las tablas de resultados, que a continuación se presentan, están separadas las tablas de los resultados de los análisis químicos, físicos y exámenes bacteriológicos efectuados en los vertederos, canal de entrada y canal de mezcla, para el caso de las plantas de tratamiento de agua potable, y en las descargas para el caso de pozos.

Estos resultados son de agua cruda y comparados con los Límite Máximo Aceptable y Límite Máximo Permisible (LMA y LMP) de la norma COGUANOR.

Se hace notar que salvo para el caso de comparar los resultados del tanque de distribución con las normas, cualquier otra comparación en los procesos de tratamiento no es aplicable, puesto que la norma COGUANOR NGO 29001 es para "Agua Potable", en este trabajo se incluye solamente como una guía acerca de la calidad de agua a tratar o en proceso de tratamiento.

## PARÁMETROS QUÍMICOS

## Parámetros Químicos

Parámetros	Canal de Mezcla Planta Santa Luisa				Entrada de Río Planta Las Ilusiones				LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)
	1993	1994	1995	1996	1993	1994	1995	1996		
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	54	60	56	49	67	70	70	67	100	500
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	80	92	86	91	83	80	82	80	50-100	200
Nitrógeno Libre (mg/L)	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,50	0,04	45992	50
Nitritos (mg/L)	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,32		0,01
Nitratos (mg/L)	7	8	8	8	11	11	11	11		45
Cloruros (mg/L)	9	9	9	13	9	8	10	15	200	400
Fluoruros (mg/L)	0,2	0,2	0,2	1,0	0,2	0,5	0,3	0,8		1,70
Hierro Total (mg/L)	1	2	1	2	3	2	3	1	0	1,000
Sulfato (mg/L)	4	6	12	5	8	7	8	8	200	400
Detergentes (mg/L)	0,10	0,06	0,06	0,06	0,20	0,10	0,15	1,58	0,200	1,000
Aluminio (mg/L)	0,50	0,00	0,03	0,66	1,10	1,10	0,00	1,07	0,050	0,100
Calcio (mg/L)	22	22	22	21	3	3	1	3	75	200
Sodio (mg/L)	13	14	13	13	7	6	6	7	40	70
Potasio (mg/L)	4	6	5	4	0	0	8	6	7	15
Magnesio (mg/L)	3	0	10	8	5	18	12	11	50	150
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3-0,5	0,6-1,0

Parámetros	Canal de Entrada Planta Lo de Coy				LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)
	1993	1994	1995	1996		
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	60	63	65	66	100	500
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	104	99	103	72	50-100	200
Nitrógeno Libre (mg/L)	0,05	0,07	0,05	0,05	45992	50
Nitritos (mg/L)	0,01	0,02	0,01	0,02		0,01
Nitratos (mg/L)	7	8	8	5		45
Cloruros (mg/L)	8	7	8	12	200	400
Fluoruros (mg/L)	0,3	0,3	0,3	0,8		1,70
Hierro Total (mg/L)	2	4	3	1	0	1,000
Sulfato (mg/L)	0	7	21	0	200	400
Detergentes (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,200	1,000
Aluminio (mg/L)	1,60	1,50	0,01	0,02	0,050	0,100
Calcio (mg/L)	15	17	15	15	75	200
Sodio (mg/L)	4	4	4	4	40	70
Potasio (mg/L)	5	5	5	4	7	15
Magnesio (mg/L)	14	12	98	97	50	150
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0,3-0,5	0,6-1,0

Parámetros Químicos

Parámetros	Planta La Brigada										LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)		
	Entrada de Río 1993		Vertedero de Entrada 1993		Entrada de Río 1994		Vertedero de Entrada 1994		Entrada de Río 1996				Vertedero de Entrada 1996	
	Río Pinula Las Minas	Hincapié 1993	Río Hincapié 1993	Vertedero de Entrada 1993	Río Pinula Las Minas	Hincapié 1994	Vertedero de Entrada 1994	Vertedero de Entrada 1994	Río Pinula Las Minas	Hincapié 1996			Vertedero de Entrada 1996	Vertedero de Entrada 1996
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	66	60	59	62	69	68	68	68	68	68	60	500		
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	64	80	68	85	63	85	85	85	64	80	80	200		
Nitrógeno Libre (mg/L)	0.01	0.13	0.02	0.13	0.02	0.14	0.14	0.14	0.02	0.13	0.13	50		
Nitritos (mg/L)	0.00	0.00	0.10	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01		
Nitratos (mg/L)	20	15	22	5	21	4	4	4	20	5	5	45		
Cloruros (mg/L)	11	12	12	10	12	12	12	12	20	18	18	400		
Fluoruros (mg/L)	0.0	0.2	0.0	0.2	0.0	0.3	0.3	0.3	1.1	1.0	1.70	1.70		
Hierro Total (mg/L)	4	1	5	3	5	1	1	1	2	1	1	1,000		
Sulfato (mg/L)	16	8	17	8	19	12	12	12	17	8	8	400		
Detergentes (mg/L)	0.06	0.10	0.08	0.06	0.06	0.98	0.98	0.98	0.07	0.10	0.10	1,000		
Aluminio (mg/L)	0.00	0.00	0.60	1.00	0.06	0.04	0.04	0.04	0.03	0.84	0.84	0.100		
Calcio (mg/L)	14	13	14	11	14	14	14	14	14	15	15	200		
Sodio (mg/L)	6	7	7	7	7	6	6	6	7	8	8	70		
Potasio (mg/L)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	15		
Magnesio (mg/L)	8	7	8	7	18	27	27	27	28	16	16	150		
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3-0.5		

Parámetros	Planta El Cambray										LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)		
	Río Pinula Las Minas		Río Hincapié 1993		Río Pinula Las Minas		Río Hincapié 1994		Río Pinula Las Minas				Río Hincapié 1996	
	Río Pinula Las Minas	Hincapié 1993	Río Hincapié 1993	Vertedero de Entrada 1993	Río Pinula Las Minas	Hincapié 1994	Vertedero de Entrada 1994	Vertedero de Entrada 1994	Río Pinula Las Minas	Hincapié 1996			Vertedero de Entrada 1996	Vertedero de Entrada 1996
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	71	85	68	80	71	85	85	85	70	86	86	500		
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	77	93	77	91	77	93	93	93	82	92	92	200		
Nitrógeno Libre (mg/L)	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	50		
Nitritos (mg/L)	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03	0.03	0.01		
Nitratos (mg/L)	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	45		
Cloruros (mg/L)	9	14	9	14	9	14	14	14	11	18	18	400		
Fluoruros (mg/L)	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	1.1	1.1	1,70		
Hierro Total (mg/L)	3	2	3	3	3	2	2	2	1	2	2	1,000		
Sulfato (mg/L)	0	0	7	10	14	12	12	12	0	0	0	400		
Detergentes (mg/L)	0.00	0.10	0.00	0.06	0.03	0.06	0.06	0.06	0.00	0.07	0.07	1,000		
Aluminio (mg/L)	1.70	1.80	1.60	1.80	0.16	0.90	0.90	0.90	1.05	1.80	1.80	0.100		
Calcio (mg/L)	8	12	8	13	8	12	12	12	7	13	13	200		
Sodio (mg/L)	6	2	0	3	12	2	2	2	6	3	3	70		
Potasio (mg/L)	2	9	2	9	2	9	9	9	2	9	9	15		
Magnesio (mg/L)	5	5	6	0	15	8	8	8	5	12	12	150		
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3-0.5		

### Parámetros Químicos

Parámetros	Planta Ojo de Agua												LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)
	Año 1993						Año 1994							
	Pozo Anexo 1	Pozo Anexo 3	Pozo Diamante 1	Pozo Diamante 3	Pozo Diamante 7	Pozo Anexo 1	Pozo Anexo 3	Pozo Diamante 1	Pozo Diamante 3	Pozo Diamante 7	Pozo Anexo 1	Pozo Anexo 3		
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	70	94	168	140	150	66	91	150	140	150	100	100	500	
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	110	130	220	172	194	107	128	217	176	190	50-100	200		
Nitrógeno Libre (mg/L)	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.32	0.34	0.15	0.01	0.02	45992	50		
Nitritos (mg/L)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.22	0.23	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01		
Nitratos (mg/L)	5	3	1	2	1	3	1	1	1	1	1	1	45	
Cloruros (mg/L)	10	9	12	8	9	11	11	12	11	13	200	400		
Fluoruros (mg/L)	0.6	0.7	0.8	0.6	0.8	1.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1.70	1.70		
Hierro Total (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,000	
Sulfato (mg/L)	0	0	11	16	9	35	54	13	16	10	200	400		
Detergentes (mg/L)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.200	1,000		
Aluminio (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00	0.00	0.00	0.050	0,100		
Calcio (mg/L)	15	37	37	32	28	15	16	0	0	0	75	200		
Sodio (mg/L)	1	20	20	20	21	1	0	0	0	0	40	70		
Potasio (mg/L)	3	2	2	2	2	12	8	0	0	0	7	15		
Magnesio (mg/L)	2	7	7	9	11	32	16	0	0	0	50	150		
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3-0.5	0.6-1.0		

Parámetros	Planta Ojo de Agua												LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)
	Año 1995						Año 1996							
	Pozo Anexo 1	Pozo Anexo 3	Pozo Diamante 1	Pozo Diamante 3	Pozo Diamante 7	Pozo Anexo 1	Pozo Anexo 3	Pozo Diamante 1	Pozo Diamante 3	Pozo Diamante 7	Pozo Anexo 1	Pozo Anexo 3		
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	0	86	158	130	134	92	93	165	141	145	100	500		
Alcalinidad (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	64	118	200	172	180	122	119	210	174	187	50-100	200		
Nitrógeno Libre (mg/L)	0.02	0.01	0.12	0.01	0.01	0.02	0.05	0.02	0.02	0.03	46992	50		
Nitritos (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.01	0.01		
Nitratos (mg/L)	4	4	1	1	1	6	5	1	2	1	1	45		
Cloruros (mg/L)	11	12	12	8	9	21	19	16	12	11	200	400		
Fluoruros (mg/L)	0.36	0.34	0.22	0.13	0.17	1.70	1.50	1.24	1.12	1.08	1.70	1.70		
Hierro Total (mg/L)	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1,000		
Sulfato (mg/L)	8	8	11	11	11	7	6	13	15	9	200	400		
Detergentes (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	7.10	0.00	0.00	0.00	0.200	1,000		
Aluminio (mg/L)	0.01	0.00	0.07	0.06	0.07	0.34	0.16	0.34	0.32	0.30	0.050	0,100		
Calcio (mg/L)	20	22	37	32	26	23	17	37	32	27	75	200		
Sodio (mg/L)	17	17	20	20	20	20	15	20	20	20	40	70		
Potasio (mg/L)	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	7	15		
Magnesio (mg/L)	13	7	18	15	19	7	11	18	15	20	50	150		
Cloro Residual (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3-0.5	0.6-1.0		



## **PARÁMETROS FÍSICOS**

### Parámetros Físicos

Parámetros	Canal de Mezcla Planta Santa Luisa					Entrada de Río Planta Las Ilusiones					LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)
	1993	1994	1995	1996	1996	1993	1994	1995	1996	1996		
Temperatura	19	19	17	21	21	20	20	19	20	20	18 a 30	No Mayor de 34
Color (Unidades)	74	60	93	48	48	92	80	80	62	62	5 U.	50 U
Turbiedad (UTN)	14,00	28,00	15,00	34,00	34,00	94,00	87,00	93,00	56,00	56,00	5 UTN	25 UTN
Sólidos Totales (Mg/L)	189,00	197,00	193,00	195,00	195,00	250,00	247,00	254,00	249,00	249,00	350 a 720	1200
Sólidos en susp. (Mg/L)	10	15	13	12	12	17	100	107	110	110	100 a 220	350,00
Sólidos Disueltos (Mg/L)	83	88	86	83	83	83	78	86	99	99	250 a 500	850
Cond. Eléctrica (Umhos/Cm)	165,0	165,0	165,0	165,0	165,0	32,0	28,0	97,0	9,0	9,0	50	1500
pH (Unidades)	7	7	7	7	7	8	8	7	7	7	7 a 8,5	6,5 a 9,2
Aspecto	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	No rechazab	No rechazable
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	No rechazab	No rechazable

Parámetros	Canal de Entrada Planta Lo de Coy					LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)
	1993	1994	1995	1996	1996		
Temperatura	19	21	21	19	19	18 a 30	50 U.
Color (Unidades)	90	63	85	89	89	5 U.	25 UTN.
Turbiedad (UTN)	16,00	19,00	19,00	45,00	45,00	5 UTN	1200
Sólidos Totales (Mg/L)	144,00	1567,00	156,00	157,00	157,00	350 a 720	350,00
Sólidos en susp. (Mg/L)	25	27	25	27	27	100 a 220	850
Sólidos Disueltos (Mg/L)	7	7	6	7	7	250 a 500	1500
Cond. Eléctrica (Umhos)	196,0	194,0	195,0	195,0	195,0	50	6,5 a 9,2
pH (Unidades)	7	7	7	7	7	7 a 8,5	
Aspecto	Clara	Clara	Turbia	Turbia	Turbia	No rechazab	No rechazable
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	No rechazab	No rechazable

## Parámetros Físicos

Parámetros	Planta La Brigada										LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)	
	Entrada de Río 1993	Vertedero de Entrada 1993	Entrada de Río 1994	Vertedero de Entrada 1994	Entrada de Río 1995	Vertedero de Entrada 1995	Entrada de Río 1996	Vertedero de Entrada 1996	Vertedero de Entrada 1996				
Temperatura	18	18	19	20	18	16	20	18	18	20	18	18 a 30	No Mayor de 30
Color (Unidades)	60	60	54	50	85	76	56	47	47	56	47	5 U.	50 U
Turbiedad (UTN)	120,00	60,00	125,00	84,00	122,00	67,00	48,00	30,00	30,00	48,00	30,00	5 UTN	25 UTN
Sólidos Totales (Mg/L)	235,00	170,00	246,00	170,00	242,00	173,00	239,00	170,00	170,00	239,00	170,00	350 a 720	1200,00
Sólidos en susp. (Mg/L)	139	24	137	27	142	24	141	24	24	141	24	100 a 220	350
Sólidos Disueltos (Mg/L)	83	20	83	12	83	0	873	0	0	873	0	250 a 500	850
Cond. Eléctrica (Umhos/Cm)	164,0	175,0	164,0	177,0	168,0	178,0	168,0	175,0	175,0	168,0	175,0	50	1500,00
pH (Unidades)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7 a 8,5	6,5 a 9,2
Aspecto	Turbia	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	No rechazabil	No rechazable
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	No rechazabil	No rechazable

Parámetros	Planta El Cambray										LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)	
	Río Pinulia Las Minas 1993	Río Hincapié 1993	Río Pinulia Las Minas 1994	Río Hincapié 1994	Río Pinulia Las Minas 1995	Río Hincapié 1995	Río Pinulia Las Minas 1996	Río Hincapié 1996	Río Hincapié 1996				
Temperatura	18	19	20	19	18	17	19	19	19	19	19	18 a 30	No Mayor de 30
Color (Unidades)	40	38	32	30	40	38	58	38	38	58	38	5 U.	50 U
Turbiedad (UTN)	98,00	123,00	84,00	60,00	98,00	123,00	39,00	34,00	34,00	39,00	34,00	5 UTN	25 UTN
Sólidos Totales (Mg/L)	239,00	203,00	238,00	214,00	239,00	203,00	238,00	215,00	215,00	238,00	215,00	350 a 720	1200,00
Sólidos en susp. (Mg/L)	97	72	97	74	97	72	99	74	74	99	74	100 a 220	350
Sólidos Disueltos (Mg/L)	12	12	15	13	12	12	11	11	11	11	11	250 a 500	850
Cond. Eléctrica (Umhos/Cm)	165,0	218,0	165,0	218,0	165,0	218,0	165,0	215,0	215,0	165,0	215,0	50	1500,00
pH (Unidades)	7	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7	7 a 8,5	6,5 a 9,2
Aspecto	Turbia	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	No rechazabil	No rechazable
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	No rechazabil	No rechazable

**Parámetros Físicos**

Parámetros	Planta Ojo de Agua														LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)
	Año 1993							Año 1994								
	Pozo Anexo I	Pozo Anexo 3	Pozo Anexo 1	Pozo Diamante 1	Pozo Diamante 3	Pozo Diamante 7	Pozo Diamante 7	Pozo Anexo 1	Pozo Anexo 3	Pozo Anexo 1	Pozo Diamante 1	Pozo Diamante 3	Pozo Diamante 7	Pozo Diamante 7		
Temperatura	22	22	22	22	23	24	24	21	20	20	20	20	19	18 a 30	No Mayor de 30	
Color (Unidades)	1	1	5	5	1	4	4	1	1	1	2	1	1	5 U.	50 U	
Turbiedad (UTN)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5 UTN	25 UTN	
Sólidos Totales (Mg/L)	88,00	89,00	216,00	216,00	190,00	203,00	203,00	90,00	93,00	221,00	176,00	188,00	188,00	350 a 720	1200,00	
Sólidos en susp. (Mg/L)	2	2	2	2	2	4	4	4	6	3	2	3	3	100 a 220	350	
Sólidos Disueltos (Mg/L)	228	249	203	203	173	178	178	345	264	214	180	193	193	250 a 500	850	
Cond. Eléctrica (Umhos/Cm)	287,0	285,0	404,0	404,0	347,0	355,0	355,0	289,0	290,0	400,0	347,0	352,0	352,0	50	1500,00	
pH (Unidades)	7	7	8	8	8	8	8	7	7	8	7	7	7	7 a 8,5	6,5 a 9,2	
Aspecto	Turbia	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	No rechazable	Rechazable	
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	No rechazable	Rechazable	

Parámetros	Planta Ojo de Agua														LMA (Mg/l)	LMP (Mg/l)
	Año 1995							Año 1996								
	Pozo Anexo I	Pozo Anexo 3	Pozo Anexo 1	Pozo Diamante 1	Pozo Diamante 3	Pozo Diamante 7	Pozo Diamante 7	Pozo Anexo 1	Pozo Anexo 3	Pozo Anexo 1	Pozo Diamante 1	Pozo Diamante 3	Pozo Diamante 7	Pozo Diamante 7		
Temperatura	24	23	20	20	22	22	22	22	21	22	20	20	20	18 a 30	No Mayor de 30	
Color (Unidades)	2	3	3	3	1	1	1	1	2	2	1	2	2	5 U.	50 U	
Turbiedad (UTN)	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	5 UTN	25 UTN	
Sólidos Totales (Mg/L)	179,00	178,00	209,00	209,00	176,00	188,00	188,00	93,00	88,00	215,00	191,00	200,00	200,00	350 a 720	1200,00	
Sólidos en susp. (Mg/L)	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3	100 a 220	350	
Sólidos Disueltos (Mg/L)	162	160	203	203	2	2	2	14	192	203	173	174	174	250 a 500	850	
Cond. Eléctrica (Umhos/Cm)	294,00	290,00	390,00	390,00	350,00	339,00	339,00	287,00	292,00	397,00	348,00	350,00	350,00	50	1500,00	
pH (Unidades)	7	7	7	7	7	7	7	6	7	8	7	8	8	7 a 8,5	6,5 a 9,2	
Aspecto	Turbia	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	No rechazable	Rechazable	
Olor	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	Inodora	No rechazable	Rechazable	



Los resultados bacteriológicos que se muestran a continuación, corresponden a muestras tomadas en los diferentes procesos de tratamiento en las plantas. Los resultados muestran que en los canales de entrada de cada una de las plantas, el agua ingresa altamente contaminada, valores más probables del orden de  $NMP > 24 \times 10^6$ . Lo que indica la degradación que se ocasiona a las aguas superficiales por los desechos vertidos a los ríos, deforestación y un sin número de causas.

En la siguiente etapa, que es la sedimentación, a excepción de la Planta La Brigada, es poca o nada la eficiencia en la disminución de la contaminación bacteriológica, quizás debido al hecho de que en la mayoría de plantas la precloración no existe. Lo anterior mejoraría notablemente si se implementaran dichos sistemas.

En el proceso de filtración las Plantas Lo de Coy y La Brigada presentan los mejores rendimientos en la disminución de la contaminación bacteriológica, el resto de las plantas presentan resultados similares al agua sedimentada.

Finalmente en los tanques de distribución, que es donde se aplica cloro para la desinfección final en las plantas de EMPAGUA, se muestra la efectividad del mismo, ya que los resultados demuestran que el agua almacenada, previa su distribución, es potable.

Nota aparte merece la calidad del agua del Ojo de Agua, que desde el punto de vista bacteriológico es excelente (salvo para algunos casos de los pozos del sector denominado el Diamante que ocasionalmente presenta coliformes, posiblemente por el ingreso de agua del río Villalobos).

En referencia a los muestreos efectuados en la totalidad de puntos de la red de distribución, como podrá observarse en los cuadros siguientes, se han efectuado más de 5,000 análisis anuales, cifra que se considera adecuada, sin embargo, es de hacer notar que ocasionalmente no se alcanzan las 400 muestras mensuales, como consecuencia principalmente de la falta de medios de movilización.

Del análisis de la información se deduce que el año 1994 es el que presentó más muestras de agua, no potable 111 en total; en orden descendente los años 1995, 1993 y 1996, con 67, 44 y 13 respectivamente.

Los porcentajes de negatividad (no potable) nunca exceden el 5 % que establece la norma para muestreos superiores a 20 muestras mensuales. El porcentaje más alto fue en el año 1994 con 2.04 % , seguidamente el año 1995 con 1.28 % , después el año 1993 con 0.81 % y finalmente el año 1996 con 0.24 % .

No existe un patrón definido en cuanto a la presentación de valores negativos o no potables en los meses del año, ya que indistintamente en cualquier mes se incrementa el número de los mismos, sin que sea un número significativo.

**CANTIDAD DE EXÁMENES BACTERIOLÓGICOS  
Y PORCENTAJE DE NEGATIVIDAD**

**PUNTOS CLAVES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN Y EMERGENCIA  
PROGRAMA PREVENCIÓN DEL CÓLERA  
AÑO DE 1993**

MES	POTABLE	NO POTABLE	TOTAL
ENERO	466 (99.15 %)	4 (0.85 %)	470 (100 %)
FEBRERO	382 (99.22 %)	3 (0.78 %)	385 (100 %)
MARZO	565 (99.30 %)	4 (0.70 %)	569 (100 %)
ABRIL	364 (99.73 %)	1 (0.27 %)	365 (100 %)
MAYO	412 (99.04 %)	4 (0.96 %)	416 (100 %)
JUNIO	462 (98.72 %)	6 (1.28 %)	468 (100 %)
JULIO	497 (98.61 %)	7 (1.39 %)	504 (100 %)
AGOSTO	568 (99.30 %)	4 (0.70 %)	572 (100 %)
SEPTIEMBRE	495 (98.60 %)	7 (1.40 %)	502 (100 %)
OCTUBRE	316 (99.37 %)	2 (0.63 %)	318 (100 %)
NOVIEMBRE	505 (99.80 %)	1 (0.20 %)	506 (100 %)
DICIEMBRE	365 (99.73 %)	1 (0.27 %)	366 (100 %)
<b>TOTAL</b>	<b>5,393 (99.19 %)</b>	<b>44 (0.81 %)</b>	<b>5,437 (100 %)</b>

**CANTIDAD DE EXÁMENES BACTERIOLÓGICOS  
PORCENTAJE DE NEGATIVIDAD**

**RED DE DISTRIBUCIÓN DE EMPAGUA  
POR MES AÑO DE 1,994**

MES	POTABLE	%	NO POTABLE	%	TOTAL	%
ENERO	517	98.66	7	1.34	524	100
FEBRERO	495	97.63	13	2.37	508	100
MARZO	425	97.93	9	2.04	434	100
ABRIL	253	97.31	7	2.69	260	100
MAYO	446	99.33	3	0.67	449	100
JUNIO	447	94.50	26	5.5	473	100
JULIO	432	97.96	9	2.04	441	100
AGOSTO	470	98.53	7	1.47	477	100
SEPTIEMBRE	407	98.55	6	1.45	413	100
OCTUBRE	418	100.0	0	0	418	100
NOVIEMBRE	558	97.89	12	2.11	570	100
DICIEMBRE	455	97.22	13	2.78	468	100
<b>TOTAL</b>	<b>5,323</b>	<b>97.94</b>	<b>112</b>	<b>2.06</b>	<b>5,435</b>	<b>100</b>

CANTIDAD DE EXÁMENES BACTERIOLÓGICOS  
PORCENTAJE DE NEGATIVIDAD

PUNTOS CLAVES DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN Y  
PUNTOS DE EMERGENCIA PROGRAMA PREVENCIÓN DEL CÓLERA  
POR MES AÑO DE 1,995

MES	POTABLE	%	NO POTABLE	%	TOTAL	%
ENERO	503	97.48	13	2.52	516	100
FEBRERO	457	100	0	0	457	100
MARZO	479	96.96	15	3.04	494	100
ABRIL	308	94.77	17	5.23	325	100
MAYO	244	97.6	6	2.4	250	100
JUNIO	484	100	0	0	484	100
JULIO	370	99.73	1	0.27	371	100
AGOSTO	479	100	0	0	479	100
SEPTIEMBRE	429	100	0	0	429	100
OCTUBRE	499	100	0	0	499	100
NOVIEMBRE	480	98.56	7	1.44	487	100
DICIEMBRE	450	98.25	8	1.75	458	100
<b>TOTAL</b>	<b>5,182</b>	<b>98.72</b>	<b>67</b>	<b>1.28</b>	<b>5,249</b>	<b>100</b>

CANTIDAD DE EXÁMENES BACTERIOLÓGICOS Y PORCENTAJE DE  
NEGATIVIDAD  
RED DE DISTRIBUCIÓN DE EMPAGUA  
AÑO DE 1996

MES	POTABLE	%	NO POTABLE	%	TOTAL
ENERO	508	100	0	0	508
FEBRERO	484	99.59	2	0.41	486
MARZO	426	99.77	1	0.23	427
ABRIL	361	98.37	6	1.63	367
MAYO	235	99.58	1	0.42	236
JUNIO	476	100	0	0	476
JULIO	499	99.8	1	0.2	500
AGOSTO	443	100	0	0	443
SEPTIEMBRE	506	99.8	1	0.2	507
OCTUBRE	523	99.81	1	0.19	524
NOVIEMBRE	458	100	0	0	458
DICIEMBRE	409	100	0	0	409
<b>TOTAL</b>	<b>5,328</b>	<b>99.76</b>	<b>13</b>	<b>0.24</b>	<b>5,341</b>



PLANTA LO DE COY  
EXAMEN BACTERIOLÓGICO  
No. de Coliformes

FUENTE	CLASE	1993			1994			1995			1996			Observaciones *
		Total	Fecal	Total	Total	Fecal	Total	Total	Fecal	Total	Total	Fecal	Total	
Caudal de Entrada	Cruda	>23X10 <sup>7</sup>	>23X10 <sup>7</sup>	>22X10 <sup>6</sup>	>22X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	No Potable
Sedimentadores	Tratada	>23X10 <sup>6</sup>	>23X10 <sup>6</sup>	>22X10 <sup>5</sup>	>22X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	No Potable
Filtros	Tratada	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	Potable
Tanque de Distribución	Tratada y Desif.	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	Potable

PLANTA LA BRIGADA  
EXAMEN BACTERIOLÓGICO  
No. de Coliformes

FUENTE	CLASE	1993			1994			1995			1996			Observaciones *
		Total	Fecal	Total	Total	Fecal	Total	Total	Fecal	Total	Total	Fecal	Total	
Vertedero de Entrada	Cruda	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>23X10 <sup>5</sup>	>23X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>4</sup>	>24X10 <sup>4</sup>	>24X10 <sup>4</sup>	>24X10 <sup>4</sup>	No Potable
Sedimentadores	Tratada	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	Potable
Filtros	Tratada	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	Potable
Entrada de Pozos	Tratada y Desif.	<3	<3	<3	<3	<3	<2.2	<2.2	<2.2	<3	<3	<3	<3	Potable
Tanque de Distribución	Tratada y Desif.	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	Potable

PLANTA ATLANTICO LAS ILUSIONES  
EXAMEN BACTERIOLÓGICO  
No. de Coliformes

FUENTE	CLASE	1993			1994			1995			1996			Observaciones *
		Total	Fecal	Total	Total	Fecal	Total	Total	Fecal	Total	Total	Fecal	Total	
Entrada de Río	Cruda	>26X10 <sup>6</sup>	>26X10 <sup>6</sup>	>25X10 <sup>7</sup>	>25X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>27X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	No Potable
Tanque de Succión	Cruda	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	No Potable
Sedimentadores	Tratada	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>23X10 <sup>5</sup>	>23X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	No Potable
Filtros	Tratada	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>23X10 <sup>5</sup>	>23X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	No Potable
Tanque de Distribución	Tratada y Desif.	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	Potable

\*Observaciones : De acuerdo a la Norma COGUANOR 29001, Inciso 5.1

PLANTA EL CAMBRAY  
EXAMEN BACTERIOLÓGICO  
No. de Coliformes

FUENTE	CLASE	1993			1994			1995			1996			Observaciones *
		Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal			
Río Pinula-Las Limas	Cruda	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>23X10 <sup>6</sup>	>23X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	No Potable	
Río Hincapié	Cruda	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>23X10 <sup>6</sup>	>23X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	No Potable	
Sedimentadores	Tratada	>24X10 <sup>4+</sup>	>24X10 <sup>4+</sup>	>23X10 <sup>5</sup>	>23X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>4+</sup>	No Potable	
Filtros	Tratada	>23X10 <sup>3</sup>	>23X10 <sup>3</sup>	>23X10 <sup>3</sup>	>23X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	No Potable	
Tanque de Distribución	Tratada y Desif.	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	Potable	

PLANTA SANTA LUISA  
EXAMEN BACTERIOLÓGICO  
No. de Coliformes

FUENTE	CLASE	1993			1994			1995			1996			Observaciones *
		Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal			
Canal de mezcla	Cruda	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>23X10 <sup>6</sup>	>23X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	>24X10 <sup>7</sup>	No Potable	
Sedimentadores	Tratada	>24X10 <sup>4+</sup>	>24X10 <sup>4+</sup>	>23X10 <sup>5</sup>	>23X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>5</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	>24X10 <sup>6</sup>	No Potable	
Filtros	Tratada	>24X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	>23X10 <sup>3</sup>	>23X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>3</sup>	>24X10 <sup>4</sup>	>24X10 <sup>4</sup>	>24X10 <sup>4</sup>	No Potable	
Tanque de Distribución	Tratada y Desif.	< 3.1	< 3.13	< 4.1	< 4.1	< 5.1	< 5.1	< 5.1	< 5.1	< 4.1	< 4.1	< 4.1	Potable	

PLANTA OJO DE AGUA  
EXAMEN BACTERIOLÓGICO  
No. de Coliformes

FUENTE	CLASE	1993			1994			1995			1996			Observaciones *
		Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal	Total	Fecal			
Pozo Anexo 1	Cruda	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 2	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	Potable	
Pozo Anexo 3	Cruda	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	Potable	
Pozo Diamante 1	Cruda	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	Potable	
Pozo Diamante 3	Cruda	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 2	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	Potable	
Pozo Diamante 7	Cruda	< 23	< 9	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 43	< 43	< 43	No Potable	
Tanque el Guarda	Desinfectada	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	< 2.2	Potable	

\*Observaciones : De acuerdo a la Norma COGUANOR 29001, Inciso 5.1

**EXAMEN BACTERIOLÓGICO DE AGUA CRUDA:  
PLANTA EL CAMBRAY, PROMEDIO DE LOS AÑOS 1993 A 1996  
TOTAL, FECAL (No. COLIFORMES)**

FUENTE	CLASE	COMPARACION CON LA NORMA COGUANOR	OBSERVACIONES
Río Pinula - Las Limas	Cruda	No Cumple Con la Norma	No Potable
Río Hincapié	Tratada	No Cumple Con la Norma	No Potable
Sedimentadores	Tratada	No Cumple Con la Norma	No Potable
Filtros	Tratada	No Cumple Con la Norma	No Potable
Tanque de Distribución	Tratada y Desinfectada	Si Cumple Con la Norma	Potable

**PLANTA SANTA LUISA, PROMEDIO DE LOS AÑOS 1993 A 1996  
TOTAL, FECAL(No. COLIFORMES)**

FUENTE	CLASE	COMPARACION CON LA NORMA COGUANOR	OBSERVACIONES
Canal de Mezcla	Cruda	No Cumple Con la Norma	No Potable
Sedimentadores	Tratada	No Cumple Con la Norma	No Potable
Filtros	Tratada	No Cumple Con la Norma	No Potable
Tanque de Distribución	Tratada y Desinfectada	Si Cumple Con la Norma	Potable

**PLANTA OJO DE AGUA, PROMEDIO DE LOS AÑOS 1993 A 1996  
TOTAL, FECAL(No. COLIFORMES)**

FUENTE	CLASE	COMPARACION CON LA NORMA COGUANOR	OBSERVACIONES
Pozo Anexo 1	Cruda	Si Cumple Con la Norma	Potable
Pozo Anexo 2	Cruda	Si Cumple Con la Norma	Potable
Pozo Diamante 1	Cruda	Si Cumple Con la Norma	Potable
Pozo Diamante 3	Cruda	Si Cumple Con la Norma	Potable
Pozo Diamante 7	Cruda	No Cumple Con la Norma	No Potable
Tanque El Guarda	Desinfectada	Si Cumple Con la Norma	Potable

**EXAMEN BACTERIOLÓGICO DE AGUA CRUDA:  
PLANTA LO DE COY, PROMEDIO DE LOS AÑOS 1993 A 1996  
TOTAL, FECAL (No. COLIFORMES)**

FUENTE	CLASE	COMPARACION CON LA NORMA COGUANOR	OBSERVACIONES
Canal de Entrada	Cruda	No Cumple Con la Norma	No Potable
Sedimentadores	Tratada	No Cumple Con la Norma	No Potable
Filtros	Tratada	Si Cumple Con la Norma	Potable
Tanque de Distribución	Tratada y Desinfectada	Si Cumple Con la Norma	Potable

**PLANTA LA BRIGADA, PROMEDIO DE LOS AÑOS 1993 A 1996  
TOTAL, FECAL(No. COLIFORMES)**

FUENTE	CLASE	COMPARACION CON LA NORMA COGUANOR	OBSERVACIONES
Vertedero de Entrada	Cruda	No Cumple Con la Norma	No Potable
Sedimentadores	Tratada	No Cumple Con la Norma	No Potable
Filtros	Tratada	Si Cumple Con la Norma	Potable
Entrada de Pozos	Tratada y Desinfectada	Si Cumple Con la Norma	Potable
Tanque de Distribución	Tratada y Desinfectada	Si Cumple Con la Norma	Potable

**PLANTA LAS ILUSIONES, PROMEDIO DE LOS AÑOS 1993 A 1996  
TOTAL, FECAL(No. COLIFORMES)**

FUENTE	CLASE	COMPARACION CON LA NORMA COGUANOR	OBSERVACIONES
Entrada de Río	Cruda	No Cumple Con la Norma	No Potable
Tanque de succión	Cruda	No Cumple Con la Norma	No Potable
Sedimentadores	Tratada	No Cumple Con la Norma	No Potable
Filtros	Tratada	No Cumple Con la Norma	No Potable
Tanque de Distribución	Tratada y Desinfectada	Si Cumple Con la Norma	Potable

## CONCLUSIONES

- 1.- De acuerdo con los resultados de los análisis efectuados en los diferentes procesos de tratamiento en las Plantas de EMPAGUA, la calidad del agua desde el punto de vista químico, físico y bacteriológico, en los tanques de almacenamiento, previo a su distribución, se encuentran dentro de lo requerido por la norma COGUANOR 29001 para agua potable.
  
- 2.- La calidad del agua sin tratamiento que ingresa a las plantas, en el período analizado y para valores promedio anuales, presenta una tendencia similar y se mantienen dentro del mismo rango, sin embargo, es de hacer notar que ocasionalmente y en época lluviosa algunos parámetros son excesivamente altos, principalmente la turbiedad y color. Lo anterior sucede con más frecuencia en las plantas Santa Luisa, que ha alcanzado valores de hasta 5,000 unidades UTN; igualmente Las Ilusiones y Lo de Coy. No se puede concluir si las aguas que ingresan a las plantas son aptas para ser utilizadas posteriormente como agua de consumo humano sobre la base de estándares nacionales por carecer de los mismos.
  
- 3.- Conforme a los resultados, en los procesos de tratamiento en cada una de las plantas, se hace necesario revisar el funcionamiento de las mismas en sus diferentes etapas, ya que el agua, principalmente en Santa Luisa y Lo de Coy, empeora sus condiciones de calidad, a su paso por los mismos.
  
- 4.- En relación a la eficiencia en la remoción de contaminantes bacteriológicos, conforme a los resultados se denota muy poca eficiencia en los diferentes procesos de las plantas, ya que es en la aplicación de Cloro después del proceso de filtración cuando se logra una efectiva desinfección del agua.
  
- 5.- Desde el punto de vista bacteriológico, en los años analizados y conforme a la norma COGUANOR 29001, se cumple con la misma, ya que presenta valores de 99.19, 97.96, 98.72, y 99.82 %, para los años 1993, 1994, 1995 y 1996 respectivamente (la norma establece que no debe detectarse más del 5 % de presencia de microorganismos en las muestras, cuando se analicen mensualmente más de 20 muestras).

6.- En referencia al número de muestreos en la red de distribución que se deben hacer mensualmente, EMPAGUA realizó 5,437 análisis, en el año 1993. En el año 1994, 5,436. En el año 1995, se realizaron 5,182; mientras que en el año 1996, 5,328 análisis. Aunque eventualmente por diversas causas y muy pocas veces, no se alcanzan las 400 muestras mensuales, la cantidad de análisis efectuados es suficiente para garantizar la calidad de agua distribuida.

7.- La ubicación de los puntos de muestreos actualmente ya no es la más adecuada, en virtud del crecimiento propio de la red, además existe el hecho que varios sectores son alimentados por pozos directamente, razón por la cual se hace necesaria la ampliación y/o readecuación de los mismos.

8.- El éxito que hasta ahora ha obtenido EMPAGUA, para poder proporcionar agua con calidad que exigen las normas y el efectivo control de calidad que debe existir, tanto en su producción como en la distribución del líquido, se debe en gran medida a la comunicación e interrelación existente entre el personal del Laboratorio y el personal encargado de operar y mantener el sistema.

## RECOMENDACIONES

- 1.- Para preservar las condiciones de calidad de agua que ingresa a las plantas de EMPAGUA, se recomienda implementar programas de conservación y manejo de cuencas, ya que las condiciones de agua en época lluviosa son críticas, además del descenso en la producción de agua de las mismas.
  
- 2.- Para la reubicación de los puntos de muestreo, se recomienda tomar como base la cobertura de todas las zonas que abarca el sistema de EMPAGUA. Dado que actualmente los puntos se encuentran concentrados en algunas zonas, con el fin de preservar la información estadística de varios años es recomendable, si se reubican, que los mismos sean alimentados por la misma fuente de agua con el fin de inferir los datos del nuevo punto. En todo caso si fuera factible conservarlos y ampliar el número de los mismos para cubrir toda la red de agua, se considera más adecuado.
  
- 3.- Realizar evaluaciones periódicas en las plantas de tratamiento, con el objeto de evaluar el funcionamiento de los diferentes procesos de tratamiento. Lo anterior con el objeto de determinar su eficiencia y adoptar las medidas correctivas correspondientes.
  
- 4.- Dados los resultados de eficiencia en la remoción de contaminantes bacteriológicos, es recomendable, si a la fecha no se ha efectuado, implementar la precloración en las distintas plantas con el objeto de mejorar las condiciones del agua en los procesos de tratamiento y asegurar de esa manera un mejor funcionamiento de los mismos.
  
- 5.- Implementar con más recursos, tanto en cantidad como en calidad, al Laboratorio de química y microbiología sanitaria del centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el objeto que pueda mantener sus niveles de trabajo y pueda extender su cobertura. De esa manera se aprovechará la experiencia y alta calidad técnica de sus laborantes.
  
- 6.- Con el objeto de mantener informados a los usuarios de EMPAGUA, acerca de las condiciones de calidad del agua que distribuye, se recomienda realizar campañas publicitarias con tal objeto.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- APHA - AWWA - WPCF . STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATHER. 16 Th. EDITION USA: American Public Health. Association 1985.
- 2.- MANUAL DE OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA. CURSO : OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA COMSIP ENGHENARIA S/A. Reproducción: Unidad de capacitación. Empresa municipal de agua de la ciudad de Guatemala. Guatemala, 1991.
- 3.- MANUAL DE TRATAMIENTO DEL AGUA PARA INGENIEROS, CURSO : OPERACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA. COMPSIP ENGHENARIA S/A. Reproducción: Unidad de capacitación. Empresa municipal de agua de la ciudad de Guatemala. Guatemala, 1991.
- 4.- MANUAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS ( Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York, Albany ). México : Editorial Limusa. 1965.
- 5.- NORMA GUATEMALTECA OBLIGATORIA, COGUANOR NGO 29001 ESPECIFICACIONES PARA AGUA POTABLE. Unidad de capacitación. Empresa municipal de agua de la ciudad de Guatemala.
- 6.- NORMAS INTERNACIONALES PARA EL AGUA POTABLE. Organización Mundial para la Salud, Ginebra, Segunda edición, 1964.
- 7.- ORDÓÑEZ COMPARINI, Mario Roberto. DETERMINACIONES DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL MUNICIPIO DE PALÍN, PARA CONSUMO, HUMANO Y SU USO EN LOS PROCESOS DE LA INDUSTRIA DE ESTA ÁREA. Tesis de graduación de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1992.
- 8.- MÉRIDA MALDONADO, Vilmer Abraham. CONTAMINACIÓN DIFUSA EN LA CUENCA DEL RÍO PAS: ESTUDIO DEL APORTE DE NITRÓGENO Y FÓSFORO AL CAUCE. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias y Técnicas del Agua y del Medio Ambiente, UNIVERSIDAD DE CANTABRIA, Santander, España, 1991.



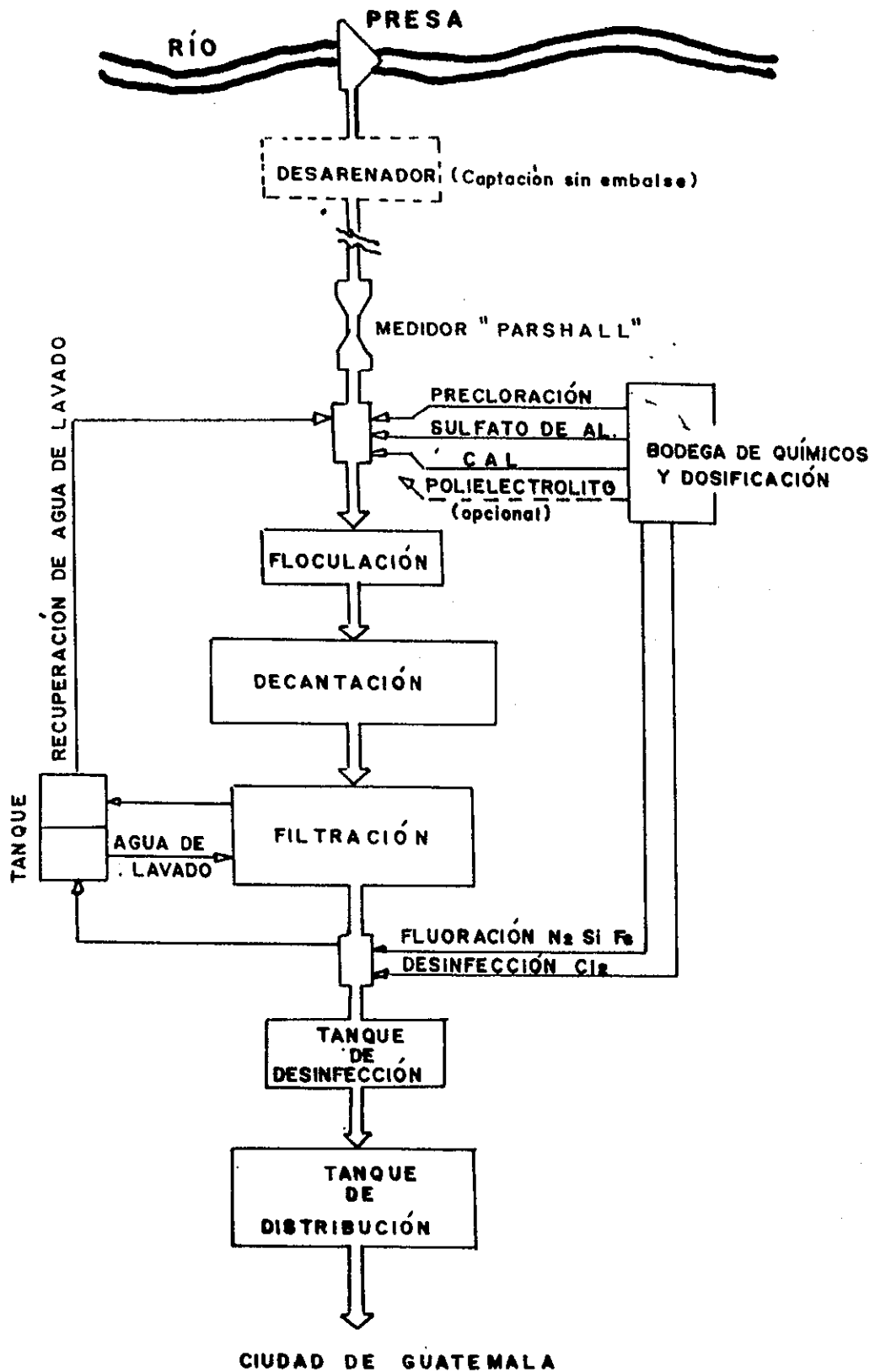
- 9.- BOY PIEDRASANTA, José Alberto. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS, PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO, EN EL MUNICIPIO DE AMATITLÁN. Tesis de graduación de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1990.
- 10.- JUÁREZ HERNÁNDEZ, Oscar Giovanni. REHABILITACIÓN DE LA PLANTA LAS ILUSIONES PARA SU ÓPTIMO FUNCIONAMIENTO. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1995.
- 11.- GÓMEZ ESCOBAR, Carlos. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COLONIA PRIMERO DE JULIO Y LA APLICACIÓN DE UN PROCESO DE DESINFECCIÓN. Tesis de graduación de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1993.
- 12.- VÉLEZ MOLLER, Patricia. COMISIÓN PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DEL CÓLERA. Folleto Facultad de Ciencia Médicas. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 1977.

## ANEXOS

- 1.- Esquema de tratamiento de agua potable.
  - 2.- Esquemas de cada una de las plantas de tratamiento de agua potable de EMPAGUA.
  - 3.- Norma COGUANOR.
  - 4.- Normas Internacionales
    - 4.1 OMS
    - 4.2 AWWA
    - 4.3 Canadá, Comunidad Económica Europea y Japón
  - 5.- Listado de puntos de muestreo
  - 6.- Mapa de ubicación de puntos de muestro
  - 7.- Mapa de ubicación de cada planta de tratamiento de EMPAGUA
  - 8.- Técnica de colecta de muestras de agua.
  - 9.- Formato de cuadros de resultados físico, químico y bacteriológico del laboratorio de química y microbiología sanitaria del centro de investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala
-

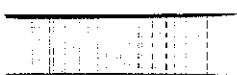
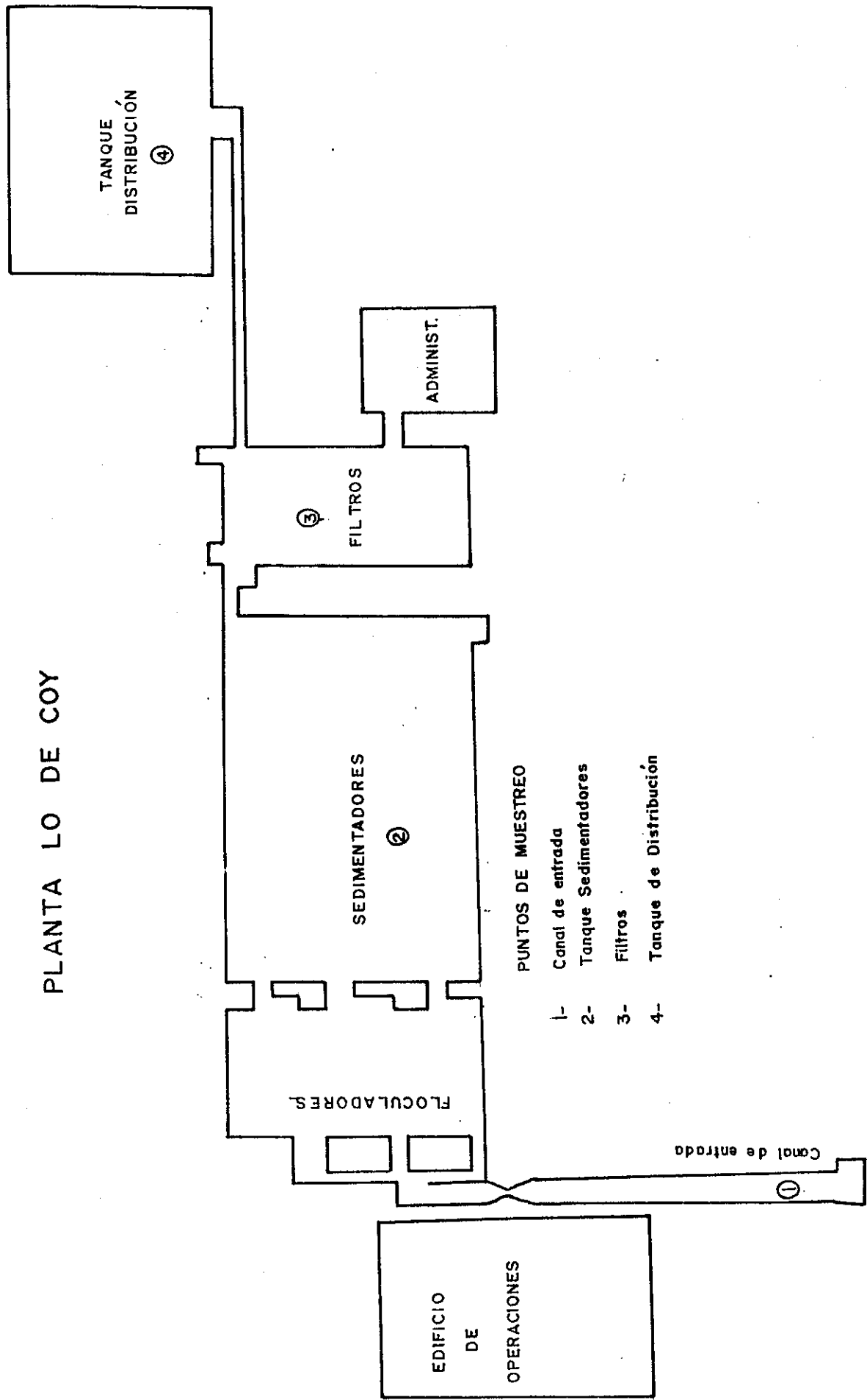
## ANEXO 1

# ESQUEMA DE TRATAMIENTO PARA POTABILIZACIÓN DE AGUA DE RÍO

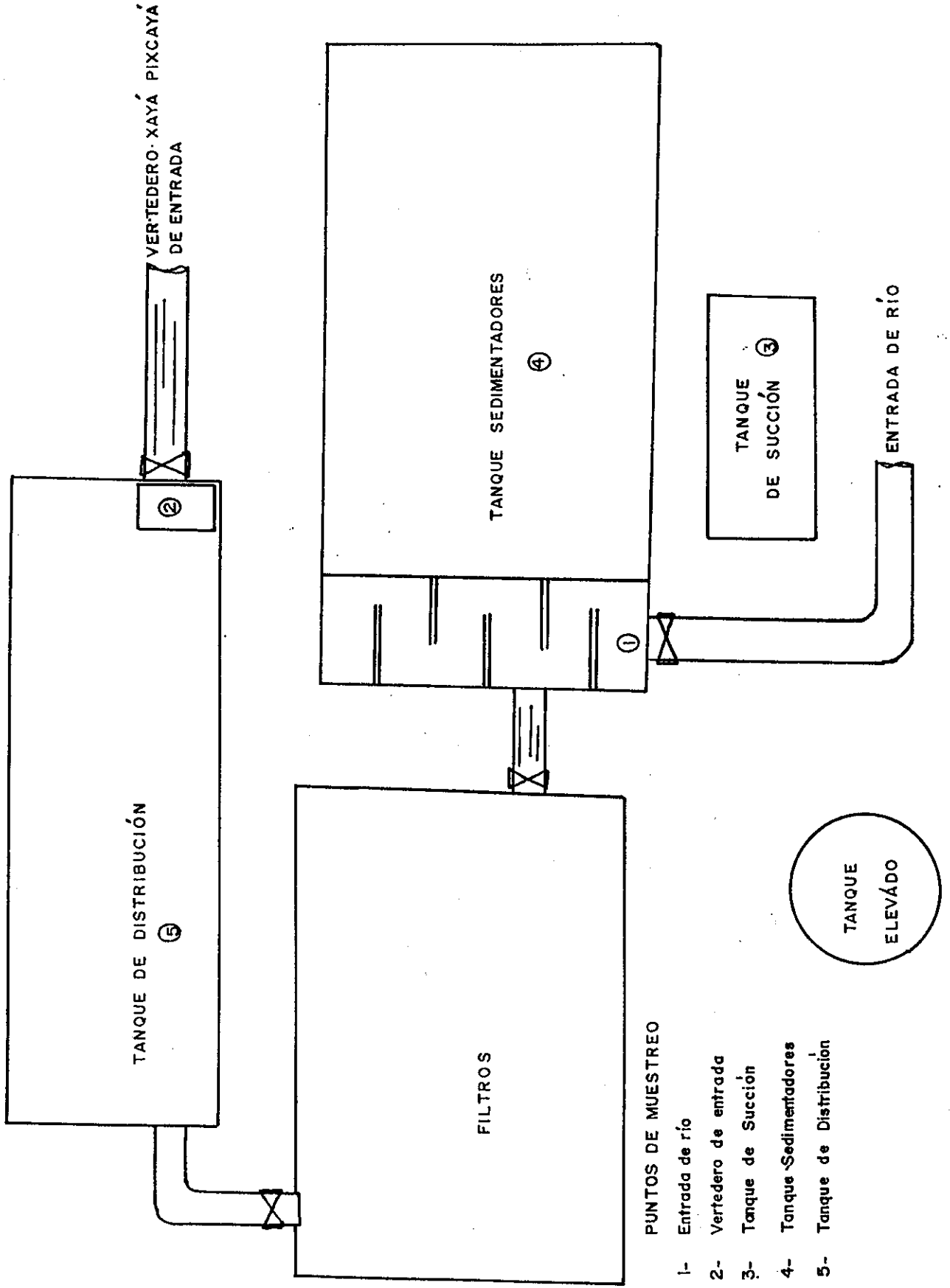




# PLANTA LO DE COY



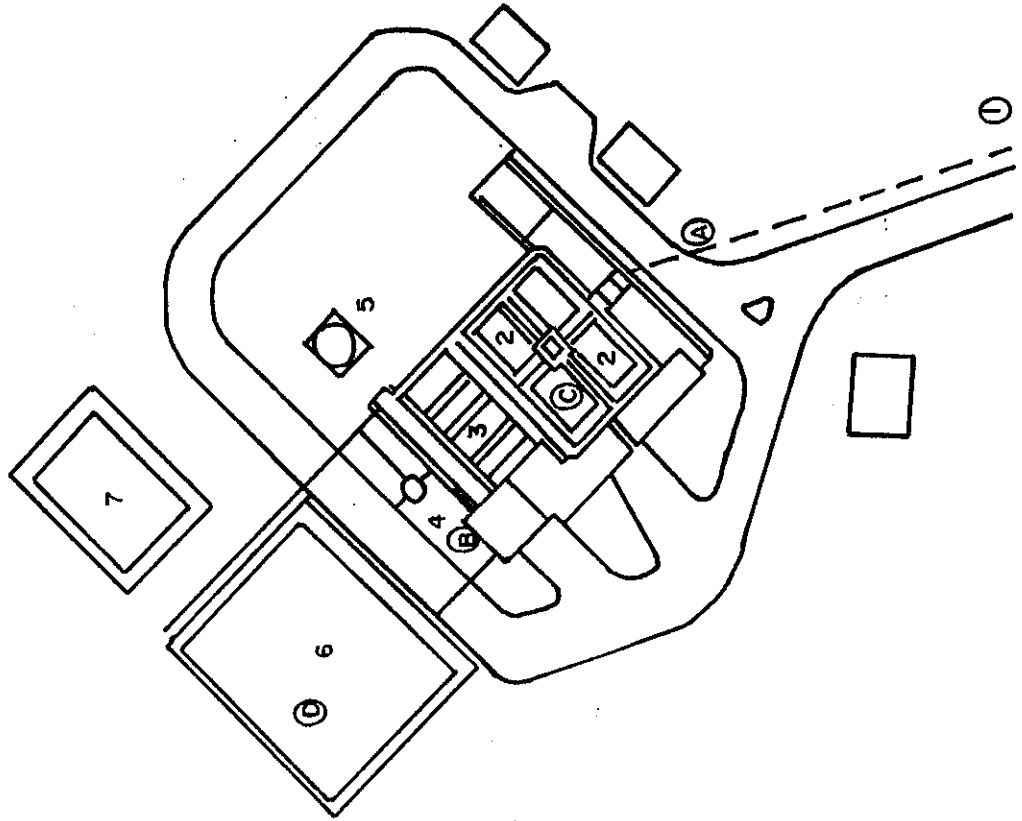
# PLANTA LA BRIGADA



# PLANTA LAS ILUSIONES

## PUNTOS DE MUESTREO

- A- Entrada de río
  - B- Tanque de Succión
  - C- Tanque Sedimentadores
  - D- Tanque de Distribución
- 
- 1- Entrada de río
  - 2- Tanques Sedimentadores
  - 3- Filtros
  - 4- Tanque de Succión
  - 5- Tanque Circular Elevado
  - 6- Tanque Distribución
  - 7- Tanque de Recuperación

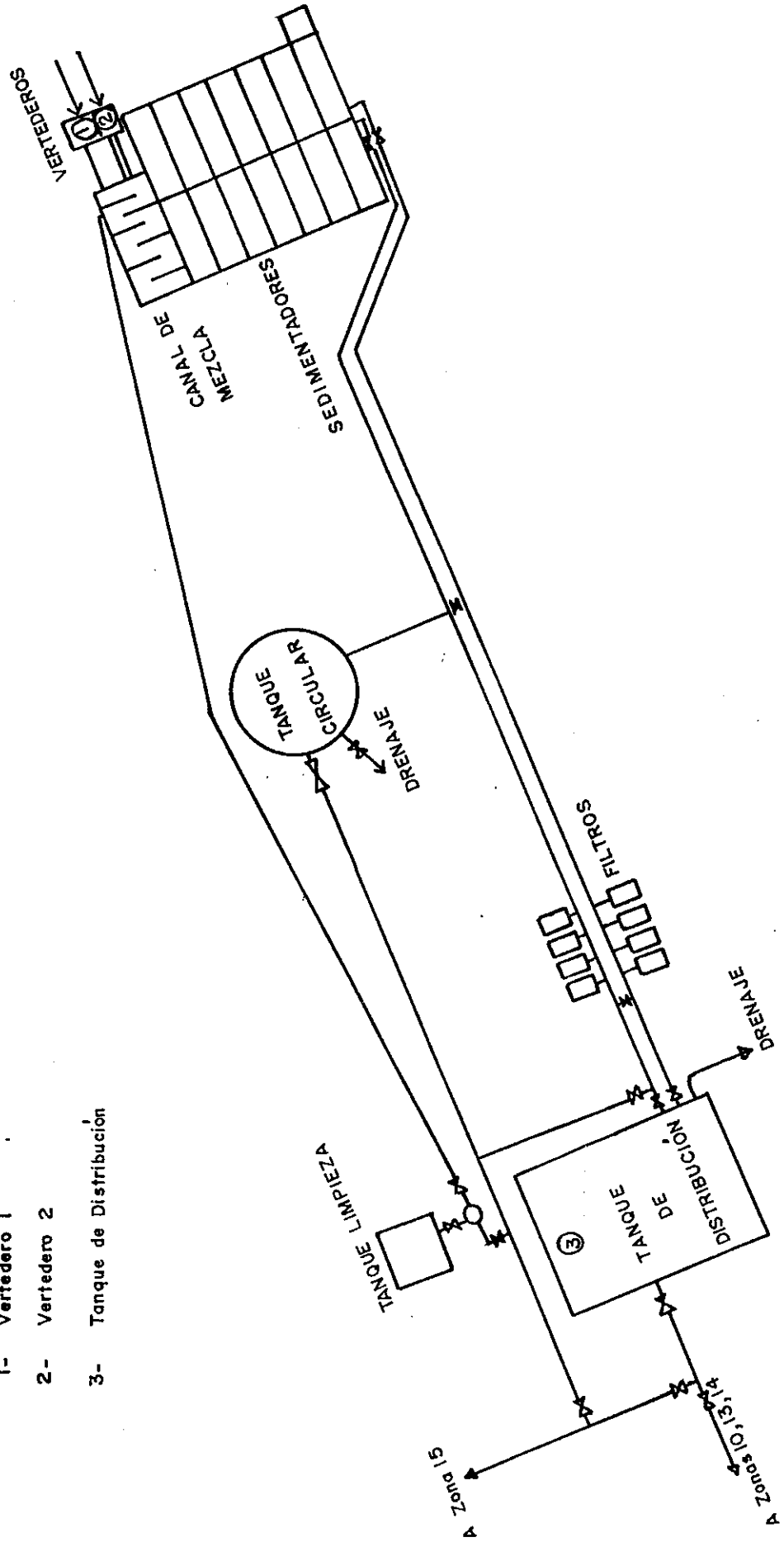




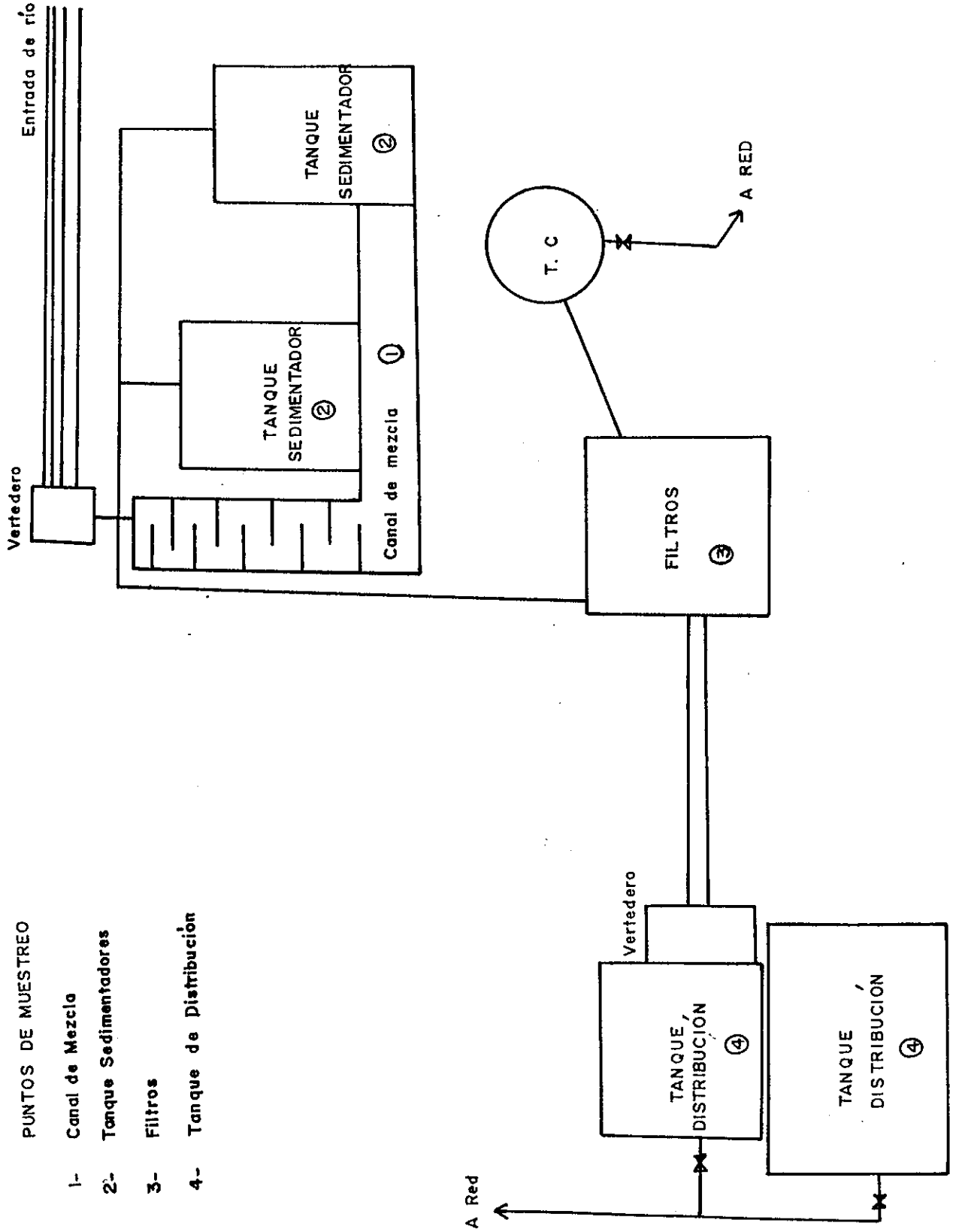
# PLANTA EL CAMBRAY

## PUNTOS DE MUESTREO

- 1- Vertedero 1
- 2- Vertedero 2
- 3- Tanque de Distribución



# PLANTA SANTA LUISA



## PUNTOS DE MUESTREO

- 1- Canal de Mezcla
- 2- Tanque Sedimentadores
- 3- Filtros
- 4- Tanque de Distribución



## ANEXO 3

COMISION GUATEMALTECA DE NORMAS - COGUANOR - MINISTERIO DE ECONOMIA, GUATEMALA, C. A.

	AGUA POTABLE Especificaciones	COGUANOR NGO 29 001
<p>1. OBJETO</p> <p>Esta norma tiene por objeto fijar los valores de las características que definen la calidad del agua potable.</p>		
<p>2. NORMAS COGUANOR A CONSULTAR</p>		
COGUANOR NGO 4 010	1a. Revisión	Sistema Internacional de Unidades (SI).
COGUANOR NGO 29 010 h1		Aguas. Ensayos y/o análisis. Aparatos de laboratorio. Reactivos y técnicas de laboratorio.
COGUANOR NGO 29 010 h2		Aguas. Ensayos y/o análisis. Expresión de resultados.
COGUANOR NGO 29 010 h3		Aguas. Ensayos y/o análisis. Precisión, exactitud, comprobación y corrección de los resultados de los análisis.
COGUANOR NGO 29 010 h4		Aguas. Ensayos y/o análisis. Toma y conservación de muestras.
COGUANOR NGO 29 010 h5		Aguas. Ensayos y/o análisis. Uso de resinas de intercambio iónico.
COGUANOR NGO 29 011 h2		Aguas. Ensayos físicos. Determinación de color.
COGUANOR NGO 29 011 h3		Aguas. Ensayos físicos. Determinación de conductividad.
COGUANOR NGO 29 011 h5		Aguas. Ensayos físicos. Determinación de olor.
COGUANOR NGO 29 011 h7		Aguas. Ensayos físicos. Determinación de residuo.
COGUANOR NGO 29 011 h9		Aguas. Ensayos físicos. Determinación de sabor.
COGUANOR NGO 29 011 h10		Aguas. Ensayos físicos. Determinación de temperatura.
COGUANOR NGO 29 011 h12		Aguas. Ensayos físicos. Determinación de turbiedad.
COGUANOR NGO 29 012 h1		Aguas. Determinación de metales. Generalidades.
COGUANOR NGO 29 012 h2		Aguas. Determinación de metales. Tratamiento preliminar de las muestras.
COGUANOR NGO 29 012 h3		Aguas. Determinación de metales. Absorción atómica a la llama. Espectrofotometría.
COGUANOR NGO 29 012 h4		Aguas. Determinación de metales. Micropartículas metálicas por absorción atómica electro-térmica. Espectrofotometría.
COGUANOR NGO 29 012 h5		Aguas. Determinación de metales. Métodos polarográficos.
COGUANOR NGO 29 012 h6		Aguas. Determinación de metales. Aluminio.
COGUANOR NGO 29 012 h7		Aguas. Determinación de metales. Arsénico.
COGUANOR NGO 29 012 h11		Aguas. Determinación de metales. Calcio.
COGUANOR NGO 29 012 h12		Aguas. Determinación de metales. Cromo.
COGUANOR NGO 29 012 h13		Aguas. Determinación de metales. Cobre.
COGUANOR NGO 29 012 h14		Aguas. Determinación de metales. Dureza.
COGUANOR NGO 29 012 h15		Aguas. Determinación de metales. Hierro.
COGUANOR NGO 29 012 h16		Aguas. Determinación de metales. Plomo.
C o n t i n u a		

COGUANOR NGO 29 012 h18	Aguas. Determinación de metales. Magnesio.
COGUANOR NGO 29 012 h19	Aguas. Determinación de metales. Manganeso.
COGUANOR NGO 29 012 h23	Aguas. Determinación de metales. Selenio.
COGUANOR NGO 29 012 h28	Aguas. Determinación de metales. Zinc.
COGUANOR NGO 29 013 h1	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Generalidades.
COGUANOR NGO 29 013 h4	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Boro.
COGUANOR NGO 29 013 h7	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Cloruro.
COGUANOR NGO 29 013 h8	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Cloro residual.
COGUANOR NGO 29 013 h12	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Cianuro.
COGUANOR NGO 29 013 h13	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Fluoruro.
COGUANOR NGO 29 013 h18	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrito).
COGUANOR NGO 29 013 h19	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrito).
COGUANOR NGO 29 013 h23	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Potencial de hidrógeno (pH).
COGUANOR NGO 29 013 h26	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Sulfato.
COGUANOR NGO 29 014 h1	Aguas. Determinación de constituyentes orgánicos. Generalidades.
COGUANOR NGO 29 014 h10	Aguas. Determinación de constituyentes orgánicos. Fenoles.
COGUANOR NGO 29 018 h1	Aguas. Exámenes microbiológicos. Generalidades.
COGUANOR NGO 29 018 h2	Aguas. Exámenes microbiológicos. Control de calidad de los exámenes.
COGUANOR NGO 29 018 h3	Aguas. Exámenes microbiológicos. Aparatos de laboratorio.
COGUANOR NGO 29 018 h4	Aguas. Exámenes microbiológicos. Lavado y esterilizado del equipo de laboratorio.
COGUANOR NGO 29 018 h5	Aguas. Exámenes microbiológicos. Preparación de los medios de cultivo.
COGUANOR NGO 29 018 h6	Aguas. Exámenes microbiológicos. Toma y transporte de muestras.
COGUANOR NGO 29 018 h7	Aguas. Exámenes microbiológicos. Recuento total de bacterias.
COGUANOR NGO 29 018 h8	Aguas. Exámenes microbiológicos. Determinación del grupo coliforme. Método de tubos múltiples.
COGUANOR NGO 29 018 h9	Aguas. Exámenes microbiológicos. Determinación del grupo coliforme. Método de las membranas de filtración.
COGUANOR NGO 29 018 h10	Aguas. Exámenes microbiológicos. Determinación del grupo estreptococos fecales. Métodos de los tubos múltiples. Método de las membranas de filtración.

Continúa

### 3. DEFINICIONES

3.1 Agua potable. Es aquella que por sus características de calidad especificadas en esta norma, es adecuada para el consumo humano.

3.2 Límite máximo aceptable (LMA). Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

3.3 Límite máximo permisible (LMP). Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual, el agua no es adecuada al consumo humano.

3.4 Grupo coliforme, comprende:

3.4.1 Grupo coliforme total. Comprende todas las bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a  $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  en menos de 48 h, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.

3.4.2 Grupo coliforme fecal. Se define como los bacilos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a  $44^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$  en menos de 24 h, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.

3.4.3 Todas las bacterias que originan colonias oscuras (verde dorado, con brillo metálico o colonias rosadas con un punto oscuro en el centro de la colonia), en un período de 24 h a  $35^{\circ}\text{C}$ , características cuando se investiga por el método de las membranas de filtración.

3.5 Grupo estreptococo fecal. Bacterias de forma redondeada, agrupadas en forma de cadena, que provocan una coloración púrpura en el fondo de los tubos y una turbiedad densa a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  en un período de 24 h, características cuando se investigan por el método de los tubos de fermentación.

3.5.1 Todas las bacterias que originan colonias de color rosado a rojo oscuro a  $35 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  en un período de 48 h, características cuando se investigan por el método de las membranas de filtración.

3.6 Recuento total de bacterias. Es el cómputo del número total de colonias desarrolladas (en la suposición que una bacteria da origen a una colonia) en agar nutritivo incubado a  $35^{\circ}\text{C}$  y  $20^{\circ}\text{C}$  en un período de  $24 \pm 2$  h.

### 4. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS

El agua potable debe tener las siguientes características de calidad.

4.1 Características físicas.

Continúa

**Cuadro 1. Características físicas. Límite máximo aceptable y límite máximo permisible que debe tener el agua potable**

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	50.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
pH (2)	7.0 - 8.5	6.5 - 9.2
Residuos totales	500.0 mg/L	1 500.0 mg/L
Temperatura	18.0 - 30.0°C	No mayor de 34.0°C
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 U <sub>tn</sub> o U <sub>fj</sub>	25.0 U <sub>tn</sub> o U <sub>fj</sub> (3)

- (1) Unidad de color en la escala de platino-cobalto.  
 (2) Potencial de hidrógeno en unidades de pH.  
 (3) Unidad de turbiedad, sea en unidades Jackson (u.t.j.) o unidades nefelométricas (u.t.n.). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.

4.1.1 Conductividad eléctrica. El agua potable deberá tener una conductividad eléctrica de 50 a 1 500  $\mu\text{mho/cm}$  a 25°C.

4.2 Características químicas del agua potable. Son aquellas características que afectan la potabilidad del agua y que se indican en el cuadro 2 siguiente.

**Cuadro 2. Sustancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles**

Detergentes aniónicos	0.200 mg/L	1.000 mg/L
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Bario (Ba)	---	1.000 mg/L
Boro (B)	---	1.000 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	200.000 mg/L
Cinc (Zn)	5.000 mg/L	15.000 mg/L
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	200.000 mg/L	600.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Fluoruro (F <sup>-</sup> ), (1)	---	1.700 mg/L
Hierro total (Fe)	0.100 mg/L	1.000 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	150.000 mg/L
Manganeso (Mn)	0.050 mg/L	0.500 mg/L
Niquel (Ni)	0.010 mg/L	0.020 mg/L
Sustancias fenólicas	0.001 mg/L	0.002 mg/L
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	200.000 mg/L	400.000 mg/L

(1) Véase el numeral 4.3.

4.2.1 De preferencia los resultados de los análisis químicos deben expresarse en miligramos por litro, mg/L o en términos de miliequivalentes por litro, me/L. La ventaja de expresar los resultados en términos de me/L es que los aniones (iones cargados negativamente) y los cationes (iones cargados positivamente) pueden sumarse separadamente y compararse para

Continúa



comprobar la exactitud del análisis.

Cuadro 3. Factores para convertir mg/L a me/L, y viceversa (1)

Cationes	mg/L a me/L	me/L a mg/L	Aniones	mg/L a me/L	me/L a mg/L
Al <sup>+++</sup>	0.11120	8.993	BO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02335	42.82
Ba <sup>++</sup>	0.01456	68.68	Br <sup>-</sup>	0.01251	79.92
Ca <sup>++</sup>	0.04990	20.04	Cl <sup>-</sup>	0.02820	35.46
Cr <sup>+++</sup>	0.05768	17.34	CO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	0.03333	30.01
Cu <sup>++</sup>	0.03148	31.77	CrO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	0.01724	58.01
Fe <sup>++</sup>	0.03581	27.93	F <sup>-</sup>	0.05263	19.00
Fe <sup>+++</sup>	0.05371	18.62	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.01639	61.02
H <sup>+</sup>	0.99210	1.008	HPO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	0.02084	47.99
K <sup>+</sup>	0.02558	39.10	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.01031	96.99
Li <sup>+</sup>	0.14410	6.94	HS <sup>-</sup>	0.03024	33.07
Mg <sup>++</sup>	0.08224	12.16	HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.01233	81.07
Mn <sup>++</sup>	0.03641	27.47	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0.01030	97.07
Mn <sup>++++</sup>	0.07282	13.73	I <sup>-</sup>	0.00788	126.90
Na <sup>+</sup>	0.04348	23.00	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02174	46.01
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.05543	18.04	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.01613	62.01
Pb <sup>++</sup>	0.009652	103.60	OH <sup>-</sup>	0.05880	17.01
Sr <sup>++</sup>	0.02282	43.84	PO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	0.03159	31.66
Zn <sup>++</sup>	0.03059	32.69	S <sup>---</sup>	0.06237	16.03
			SiO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	0.02629	38.05
			SO <sub>3</sub> <sup>---</sup>	0.02498	40.03
			SO <sub>4</sub> <sup>---</sup>	0.02082	48.03

(1) Estos factores se basan en la carga de los iones, sin atender a las reacciones de oxidación-reducción, que son posibles con algunos iones. Los valores en mg/L o en me/L se multiplican por los factores correspondientes para obtener, respectivamente, me/L o mg/L.

4.3 Agua fluorurada. Cuando al agua potable se le ha adicionado compuestos derivados del flúor debe de haber una relación entre los límites de la concentración del ión fluoruro en función del promedio anual de las máximas temperaturas diarias del aire, lo que se consigna en el cuadro 4.

Cuadro 4. Promedio de temperatura y límites recomendados para la concentración de fluoruro

Promedio de temperaturas máximas diarias en grados Celsius (°C) (1)	Límites recomendados para la concentración del ión fluoruro, en mg/L		
	Mínimo	Óptimo	Máximo
10.1 - 12.0	0.9	1.2	1.7
12.1 - 14.6	0.8	1.1	1.5
14.7 - 17.7	0.8	1.0	1.3
17.8 - 21.4	0.7	0.9	1.2
21.5 - 26.3	0.7	0.8	1.0
26.4 - 32.5	0.6	0.7	0.8

(1) Los promedios de temperaturas deben obtenerse en base a datos correspondientes a un mínimo de 5 años.

Continúa

4.4 Agua clorada. La cloración de los abastecimientos públicos de agua representa el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria adecuada, "Potable". La desinfección por cloro y sus derivados significa una disminución de bacterias y virus hasta una concentración inocua, por lo que en el cuadro 5 se hace referencia a los límites adecuados de concentración de cloro libre residual que es aquella porción del cloro residual total que sea "libre" y que sirve como medida de la capacidad para oxidar la materia orgánica.

Cuadro 5. Relación entre cloro residual libre y sus respectivos límites máximos aceptables y límites máximos permisibles

Substancia	LMA	LMP
Cloro residual libre	0.3 - 0.5 mg/L	0.6 - 1.0 mg/L

4.4.1 Observaciones al cuadro 5.

- a) El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.3 mg/L a 0.5 mg/L, después de 30 min de contacto, con el propósito principal de reducir en un 99.99 por ciento la concentración de virus entéricos.
- b) En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro debe mantenerse en un límite máximo permisible de 0.6 mg/L a 1.0 mg/L, en todas las partes del sistema de distribución haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupciones o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.
- c) Los límites aceptables y permisibles de estas especificaciones están sujetos a modificarse cuando se pueda emplear un método analítico sencillo pero preciso y exacto para determinar la presencia de las sustancias denominadas "Trihalometanos" (THM) en el agua de consumo, siempre que no sobrepasen el límite de 0.1 mg/L:

4.5 Límites de toxicidad. En el cuadro 6 se indican algunas sustancias o compuestos químicos que al sobrepasar el límite máximo permisible, causan toxicidad en el agua potable.

Cuadro 6. Relación de las sustancias tóxicas con su respectivo límite máximo permisible

Substancias	LMP
Arsénico (As)	0.050 mg/L
Cadmio (Cd)	0.010 mg/L
Cianuro (CN <sup>-</sup> )	0.050 mg/L
Cromo (Cr)	0.050 mg/L
Mercurio (Hg)	0.002 mg/L
Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	45.000 mg/L
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0.010 mg/L
Plata (Ag)	0.050 mg/L
Plomo (Pb)	0.100 mg/L
Selenio (Se)	0.010 mg/L

Continúa

4.6 **Límites de sustancias biocidas.** Los nombres de las sustancias biocidas orgánicas sintéticas, así como el límite máximo aceptable y límite máximo permisible se describen en el cuadro 7.

**Cuadro 7. Relación de compuestos biocidas con sus respectivos límites máximos aceptables y límites máximos permisibles**

Compuestos	LMA	LMP
Aldrín	0.0010 mg/L	0.0170 mg/L
Clordano	0.0030 mg/L	0.0030 mg/L
Compuestos organofosforados y carbamatos	0.1000 mg/L	0.1000 mg/L
DDT	0.0500 mg/L	0.0500 mg/L
Dieldrín	0.0010 mg/L	0.0170 mg/L
Endrín	0.0002 mg/L	0.0010 mg/L
Heptacloro	0.0001 mg/L	0.0180 mg/L
Heptacloro epóxido	0.0001 mg/L	0.0180 mg/L
Lindano	0.0040 mg/L	0.0560 mg/L
Metoxicloro	0.0350 mg/L	0.0350 mg/L
Toxafeno	0.0050 mg/L	0.0250 mg/L
<b>Herbicidas clorofenoxi:</b>		
2,4 - D (1)	0.0200 mg/L	0.1000 mg/L
2,4,5 - TP (2)	0.0300 mg/L	0.1000 mg/L
2,4,5 - T (3)	0.0020 mg/L	0.1000 mg/L

- (1) 2,4 - D (2,4, Acido diclorofenoxiacético)  
 (2) 2,4,5 - TP (2,4,5 Acido triclofenoxipropiónico)  
 (3) 2,4,5 - T (2,4,5 Acido triclofenoxiacético)

## 5. CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS PARA CERTIFICAR LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Las características para agua potable estipulan el número permisible de microorganismos coliformes, en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina, con esta finalidad se establecen las alternativas siguientes.

5.1 **Casos para los cuales ya se tiene un historial.** Cuando por el método de los tubos múltiples de fermentación se examinen cinco porciones de 10 cm<sup>3</sup> cada una, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 2.2 coliformes en 100 cm<sup>3</sup> o sea NMP/100 cm<sup>3</sup>, lo cual se interpreta comúnmente como un indicador de que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para consumo humano.

5.2 **Para nuevas introducciones de agua potable, en la evaluación de las plantas de depuración y para evaluaciones anuales, se debe proceder según se indica en los numerales 5.2.1 y 5.2.2.**

5.2.1 Cuando en el método de los tubos múltiples de fermentación se examinan tres porciones de 10 cm<sup>3</sup>, tres porciones de 1 cm<sup>3</sup> y tres porciones de 0.1 cm<sup>3</sup>, la ausencia de gas

Continúa

en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 3.0 coliformes en 100 cm<sup>3</sup>, la cual se interpreta comúnmente como un indicador de que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para consumo humano.

5.2.2 Cuando en el método de los tubos múltiples de fermentación se examinan cinco porciones de 10 cm<sup>3</sup>; cinco porciones de 1 cm<sup>3</sup> y cinco porciones de 0.1 cm<sup>3</sup>, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 2.0 coliformes en 100 cm<sup>3</sup> la cual se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano.

5.3 En el método de los tubos múltiples de fermentación, una muestra positiva confirmada en tres o más tubos (de porciones de 10cm<sup>3</sup> o más), se indica la necesidad de una acción correctiva inmediata y de exámenes adicionales.

5.4 En forma similar se estipula en el método de las membranas de filtración, cuando el volumen normal es una porción de 100 cm<sup>3</sup> ó más. Interpretándose en esta técnica que el límite de calidad es de una colonia por 100 cm<sup>3</sup> (1 colonia de coliformes/100 cm<sup>3</sup>) y que el límite en el cual deben de tomarse medidas correctivas es de 4 ó más colonias coliformes por 100 cm<sup>3</sup>.

5.5 Cuando el muestreo se efectúa diariamente, las muestras que se tomen en un mismo punto, después de una muestra "no satisfactoria", se considerarán como especiales y no se incluyen en el número prescrito de muestras mensuales.

5.6 Límites. Según se indique por las muestras que se examinen, la presencia de microorganismos del grupo coliforme por el método de los tubos múltiples de fermentación no deben de exceder de los siguientes límites:

5.6.1 Cuando se examinan porciones de 10 cm<sup>3</sup>, no más del 10 por ciento deben mostrar, en cualquier mes, la presencia del grupo coliforme. No será permisible la presencia del grupo coliforme en tres o más de las porciones de 10 cm<sup>3</sup> de una muestra normal cuando ocurran:

5.6.1.1 En dos muestras consecutivas.

5.6.1.2 En más de una muestra mensual, cuando se examinan mensualmente menos de 20 muestras, o,

5.6.1.3 En más de cinco por ciento de las muestras, cuando se examinan mensualmente más de 20 muestras.

5.7 Cuando se aplique la técnica de las membranas de filtración la media aritmética de la densidad de coliformes de todas las muestras normales que se examinen en un mes no debe de exceder de un microorganismo /100 cm<sup>3</sup>. El número de colonias coliformes por muestra normal no ha de exceder de 3/50 cm<sup>3</sup>, 4/100 cm<sup>3</sup>, 7/200 cm<sup>3</sup> ó 13/500 cm<sup>3</sup>, en:

5.7.1 Dos muestras consecutivas.

5.7.2 En más de una muestra mensual, cuando se examinan mensualmente menos de 20 muestras, o,

5.7.3 Más del cinco por ciento de las muestras normales, cuando se examinan mensualmente más de 20 muestras.

Continúa

5.8 Cuando en una muestra normal aislada se presenten organismos coliformes en tres o más de las porciones de  $10 \text{ cm}^3$  por el método de los tubos múltiples de fermentación o las colonias coliformes exceden de los valores mencionados en la técnica de las membranas de filtración, se deben de tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se deben de examinar hasta que los resultados que se obtengan, cuando menos en dos muestras consecutivas, demuestren que el agua es de una calidad satisfactoria.

5.9 Un número mayor de 500 microorganismos/ $\text{cm}^3$  en el recuento total de bacterias, señala el límite en el cual deben de tomarse medidas correctivas e indicando la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier sospecha de contaminación. El recuento total de bacterias debe tenerse únicamente en cuenta cuando la investigación del grupo coliforme no sea lo suficientemente confiable en la calidad del agua de determinados suministros de distribución. Esta especificación implica que debe realizarse el recuento en dos porciones de  $1 \text{ cm}^3$  y dos porciones de  $0.1 \text{ cm}^3$  en cajas de Petri por muestra examinada.

5.10 Frecuencia del muestreo para certificar la calidad bacteriológica del agua potable. Se establece el número de muestras en relación a la población servida con base en la figura 1. Ejemplo:

<u>Población servida</u>	<u>Número mínimo de muestras por mes</u>
2 500 ó más abajo .....	1
10 000 .....	7
25 000 .....	25
100 000 .....	100
1 000 000 .....	300
2 000 000 .....	390
5 000 000 .....	500

Continúa en Pag. 10.

Continúa

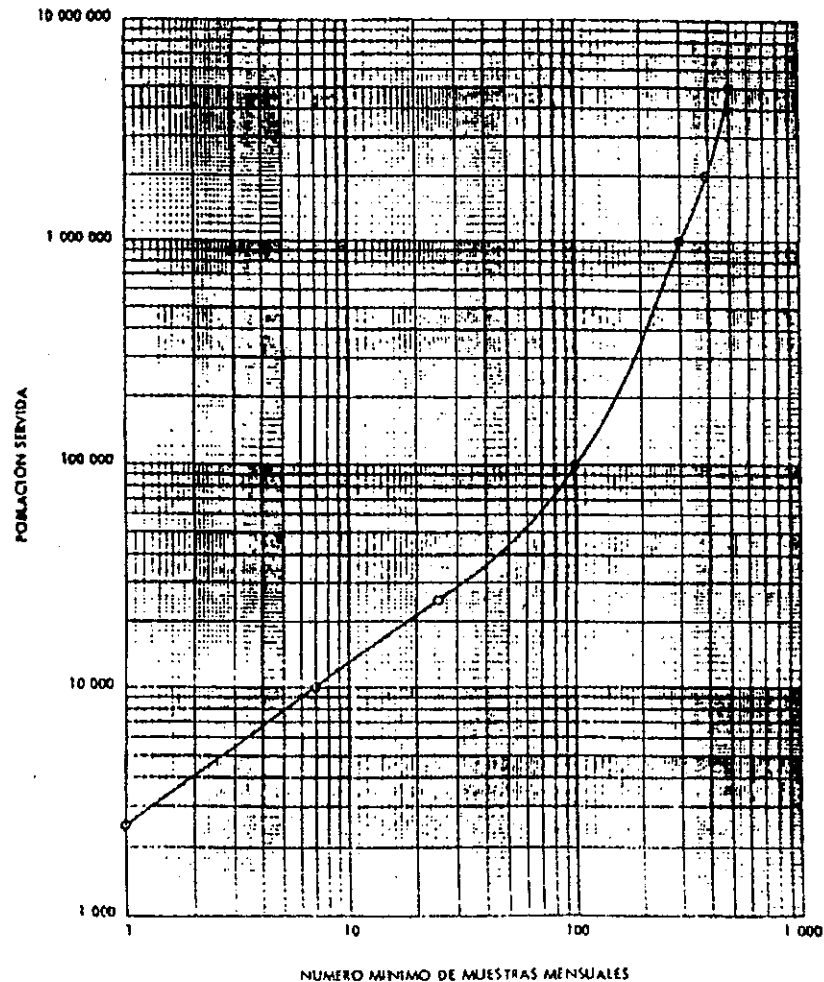


Fig. 1 Relación entre el número de muestras que se toman mensualmente y la población servida

Las frecuencias recomendadas son las mínimas necesarias para exámenes microbiológicos rutinarios. Es necesaria la obtención de exámenes microbiológicos más frecuentes en circunstancias desfavorables o en peligro inmediato de contaminación.

## 6. METODOS DE ANALISIS

6.1 Las determinaciones de las especificaciones y características físico-químicas y microbiológicas del agua, indicadas en la presente norma, deben realizarse de acuerdo con las correspondientes normas COGUANOR NGO 29 010, 29 011, 29 012, 29 013, 29 014 y 29 018; véase capítulo 2.

## 7. RECOLECCION DE MUESTRAS

El muestreo para el análisis físico-químico deberá realizarse de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 29 010 h4 y el muestreo para exámenes microbiológicos, deberá realizarse de acuerdo con la norma COGUANOR NGO 29 018 h6.

Continúa

**8. CORRESPONDENCIA**

Para la elaboración de la presente norma se consultaron los siguientes documentos:

- 8.1 U.S. Environmental Protection, 1975. Interim Primary Drinking Water Standards. Fed. Reg. 40 (51) 11990, mar. 14. 1975.
- 8.2 Organización Mundial de la Salud. "Normas para Agua Potable" Ginebra, 1964, 1971.
- 8.3 Franz J. Mair, Fluoruración del Agua Potable. O.M.S. Washington D.C., 1971.
- 8.4 APHA, - AWWA - WPCF, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 14 th edition, 1975.
- 8.5 Sobsey Mark D. Enteric Viruses and Drinking Water Supplies National Symposium on the State of America's Drinking Water. Sep 26-27, 1974. Chapel Hill, N.C.U.S.A.
- 8.6 Organización Mundial de la Salud. Conferencia Panamericana sobre el mejoramiento del Agua de Consumo Humano, Sao Paulo, Brazil, Port Spain, Trinidad, 1976.
- 8.7 A.W.W.A. Journal "Trihalometanes in Water" enero, 1981.
- 8.8 Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York. Manual de Tratamiento de Agua, Cap. 12. 1978.

----- Ultima Línea-----

## ANEXO 4



Parámetros	OMS
Aluminio	0.2 mg/L
Amonio	1.5 mg/L
Antimonio	0.005 mg/L
Arsénico	0.01 mg/L
Bario	0.7 mg/L
Boro	0.3 mg/L
Cadmio	0.003 mg/L
Cloro	250 mg/L
Cromo	0.05 mg/L
Coliformes (Total)	
Coliformes Fecales (E. Coli)	
Color	15 cu
Cobre	1-2 mg/L
Cianuro	0.07 mg/L
Fluor	1.5 mg/L
Hierro	0.3 mg/L
Plomo	0.01 mg/L
Magnesio	01-05 mg/L
Mercurio	0.01 mg/L
Molibdeno	0.07 mg/L
Niquel	0.02 mg/L
Nitrato/Nitrato (Total)	
Nitrato	50 mg/L (as $\text{NC}_3$ )
Nitrito	3 mg/L (as $\text{NO}_2$ )
Olor	
pH	6.5-8.5
Fósforo	
Phenois	
Potasio	
Selenio	0.01 mg/L
Dióxido de Silicio	
Plata	NS*
Sólido Total Disuelto	1000 mg/L
Sodio	200 mg/L
Sulfato	250 mg/L
Turbiedad	5 NTU
Zinc	3.0 mg/L

PARAMETRO	AWWA
Aluminio	0.2 mg/l
Amonio	1.5 mg/l
Arsénico	0.01 mg/l
Bario	0.8 mg/l
Boro	0.3 mg/l
Cadmio	0.003 mg/l
Cloro	2.50 mg/l
Cromo	15 u.
Color	1-2 mg/l
Cobre	0.08 mg/l
Cianuro	1.7 mg/l
Fluor	0.3 mg/l
Hierro	0.01 mg/l
Plomo	0.1-0.5 mg/l
Magnesio	0.01 mg/l
Mercurio	0.02 mg/l
Niquel	0.02 mg/l
Nitrato	50 mg/l
Nitrito	3 mg/l
pH	6.5 a 8.5
Selenio	0.01 mg/l
Sodio	200mg/l
Sulfato	250 mg/l
Turbiedad	5 UTN
Zinc	3 mg/l

Parámetros	Canadá	Comunidad Económica Europea	Japón
Aluminio		0.20 mg/l	0.2 mg/l
Amonio		0.50 mg/l	NS*
Antimonio		0.01 Mg/l	0.002 mg/l
Arsénico	0.025 mg/l	0.05 mg/l	0.01 mg/l
Bario	1.0 mg/l	NS*	NS*
Boro	5.0 mg/l	1.0 mg/l	0.2 mg/l
Cadmio	0.005 mg/l	0.005 mg/l	0.01 mg/l
Cloro	250 mg/l	25 mg/l	200 mg/l
Cromo	0.05 mg/l	0.05 mg/l	0.05 mg/l
Coliformes (Total)		0 o MPN < 1	0
Coliformes Fecales (E. Coli)			0
Color	15 cu	20 mg Pt.Co/l	5 cu
Cobre	1.0 mg/l	NS*	1.0 mg/l
Cianuro	0.2 mg/l	0.05 mg/l	0.01 mg/l
Fluor	1.5 mg/l	0.7-1.5 mg/l	0.8 mg/l
Dureza		50 mg/l	300 mg/l
Hierro	0.3 mg/l	0.2 mg/l	0.3 mg/l
Plomo	0.01 mg/l	0.05 mg/l	0.05 mg/l
Magnesio	0.05 mg/l	0.02 mg/l	0.01-0.05 mg/l
Mercurio	0.001 mg/l	0.001 mg/l	0.0005 mg/l
Molibdeno			0.07 mg/l
Niquel		0.05 mg/l	0.01 mg/l
Nitrato/Nitrato (Total)			10.0 mg/l (as N)
Nitrato	10.0 mg/l (as N)	50 mg/l	10 mg/l (as N)
Nitrito	3.2 mg/l	0.1 mg/l	10 mg/l (as N)
Olor		2 dilution no@12c	10 mg/l (as N)
pH	6.5-8.5	6.2-8.5	5.8-8.6
Fósforo		5 mg/l	NS*
Phenois	0.002 mg/l	0.5 pg/l C.H.OH	0.005 mg/l
Potasio		12 mg/l	NS*
Selenio	0.01 mg/l	0.01 Mg/l	0.01 mg/l
Dióxido de Silicio		10 mg/l	NS*
Plata	0.05 mg/l	0.01 mg/l	NS*
Sólido Total Disuelto	500 mg/l	NS*	500 mg/l
Sodio		75-150 mg/l	200 mg/l
Sulfato	500 mg/l	NS*	NS*
Turbiedad	1 NTU	4 JTU	1-2 Unidades
Zinc	5.0 mg/l	NS*	1.0 mg/l

## ANEXO 5

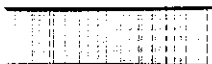
PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE MUESTRAS EN LA  
RED DE DISTRIBUCIÓN Y PUNTOS DE EMERGENCIA

<u>PUNTO</u>	<u>LUGAR DE RECOLECCIÓN</u>	<u>TIPO</u>
01.-	11 Calle Final Hipódromo del Norte Zona 2.	G.P.
02.-	Colonia las Ilusiones Lote 117 Sec. "E", Zona 18	G.P.
03.-	Colonia el Limón 22 Av. 15-46 Zona 18	G.P.
04.-	Residenciales Atlántida 8-37 Zona 18	G.J.
05.-	Colonia Juan de Arco Lote 24 "A" Zona 18	G.P.
06.-	Colonia La Esperanza, 15 Av. Lote 79 Zona 6	G.P.
07.-	Colonia Jesús de la Buena Esperanza, Zona 6	G.P.
08.-	Estación de Bomberos Municipales Zona 5	G.P.
09.-	Colonia Lourdes, 1ra. Calle "B" 8-91 Zona 17	G. J.
10.-	Vista Hermosa I, 2da. Calle 18-07 Zona 15	G. J.
11.-	Colonia el Maestro 2da. Calle 16-34 Zona 15	G. J.
12.-	Colonia Ciudad Real I, 6 Av. 3-56 Zona 12	G.P.
13.-	Tanque Público, 15 y 18 Calle Zona 10	G.P.
14.-	Colonia Ciudad Real I, 3ra. Av. y 2da. Calle Zona 12	G.P.
15.-	Colonia Castañas, 3ra. Calle 2-18 Zona 11	G.P.
16.-	Escuela de Enfermeras, Zona 11	G.L.
17.-	Colonia Miraflores, 17 Av. 11-71 Zona 11	G. J.
18.-	Colonia Tikal II, 8a. Calle 33-24 Zona 7	G. J.
19.-	Colonia La Florida, 1ra. Calle y 11 Av. Zona 19	G.P.
20.-	Tanque Público, 5 Av. y 32 Calle Zona 3	G.P.
21.-	Edificio Torre Café, Sótano No. 3 Zona 4	G.P.
22.-	Colonia Ciudad Real II, 4ta. Av. 7-14 Zona 12	G.P.
23.-	Colonia Kennedy 3ra. Av. 7-14 Zona 18	G.P.
24.-	Dispensario Municipal No. 9, 20 Calle "B" 13-31 Zona 13	G.L.
25.-	Instituto Técnico Vocacional, Zona 13	G. J.
26.-	Instituto Normal, Zona 13	G. J.
27.-	Instituto Tezulutlán, Zona 10	G.P.
28.-	Dispensario Municipal No. 2, 26 Av. 24-09 Zona 5	G.L.
29.-	Dispensario Municipal No. 4, 3ra. Calle 15-52 Zona 6	G.L.
30.-	Instituto Normal para señoritas Centro América	G.P.
31.-	Dispensario Municipal No. 3, Av. Centro América 18-56 Zona 1	G.P.
32.-	Instituto Central, Zona 1	G.L.
33.-	Escuela de Comercio Central, Zona 1	G.P.
34.-	Instituto Rafael Aqueche, Zona 1	G.P.
35.-	Instituto Belén, Zona 1	G.P.
36.-	Centro de Salud Bethania, Zona 7	G.P.
37.-	Mercado Santa Fe, Zona 13	G.L.

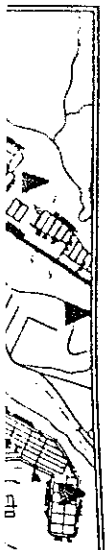
38.-	Mercado La Vía, Zona 10	G.L.
39.-	Mercado Sur No. 2, Zona 1	G.L.
40.-	Mercado La Palmita, Zona 5	G.L.
41.-	Mercado Central, Zona 1	G.L.
42.-	Mercado Colón, Zona 1	G.L.
43.-	Mercado La Parroquia, Zona 6	G.L.
44.-	Mercado La Terminal, Zona 4	G.L.
45.-	Mercado Avenida Elena, Zona 3	G.L.
46.-	Mercado El Gallito, Zona 3	G.L.
47.-	Mercado La Reformita, Zona 12	G.L.
48.-	Mercado La Florida, Zona 19	G.L.
49.-	Mercado Primero de Julio, Zona 19	G.L.
50.-	Mercado El Guarda, Zona 11	G.L.
51.-	Instituto Primero de Julio, Zona 19	P.L.
52.-	Instituto Federico Mora, Zona 7	P.L.
53.-	Planta La Brigada, Zona 7	T.D.
54.-	Hospital Juan Pablo II , 12 Calle 1-46 Zona 3, Mixco	P. J.
55.-	Hospital Nacional de Salud Mental, Zona 18	P.L.
56.-	Colonia Nimajuyú, Zona 21, 16-07 Edificio "B" Apto. 207	P.P.
57.-	Colonia Nimajuyú, Zona 21, 16-02 Edificio "A" Apto. 408	P.P.

#### NOMENCLATURA:

- G.P. Grifo Pila
- G. J. Grifo Jardín
- G.L. Grifo Lavamanos
- T.D. Tanque de Distribución
- P.P. Pozo Pila



**ANEXO 6**



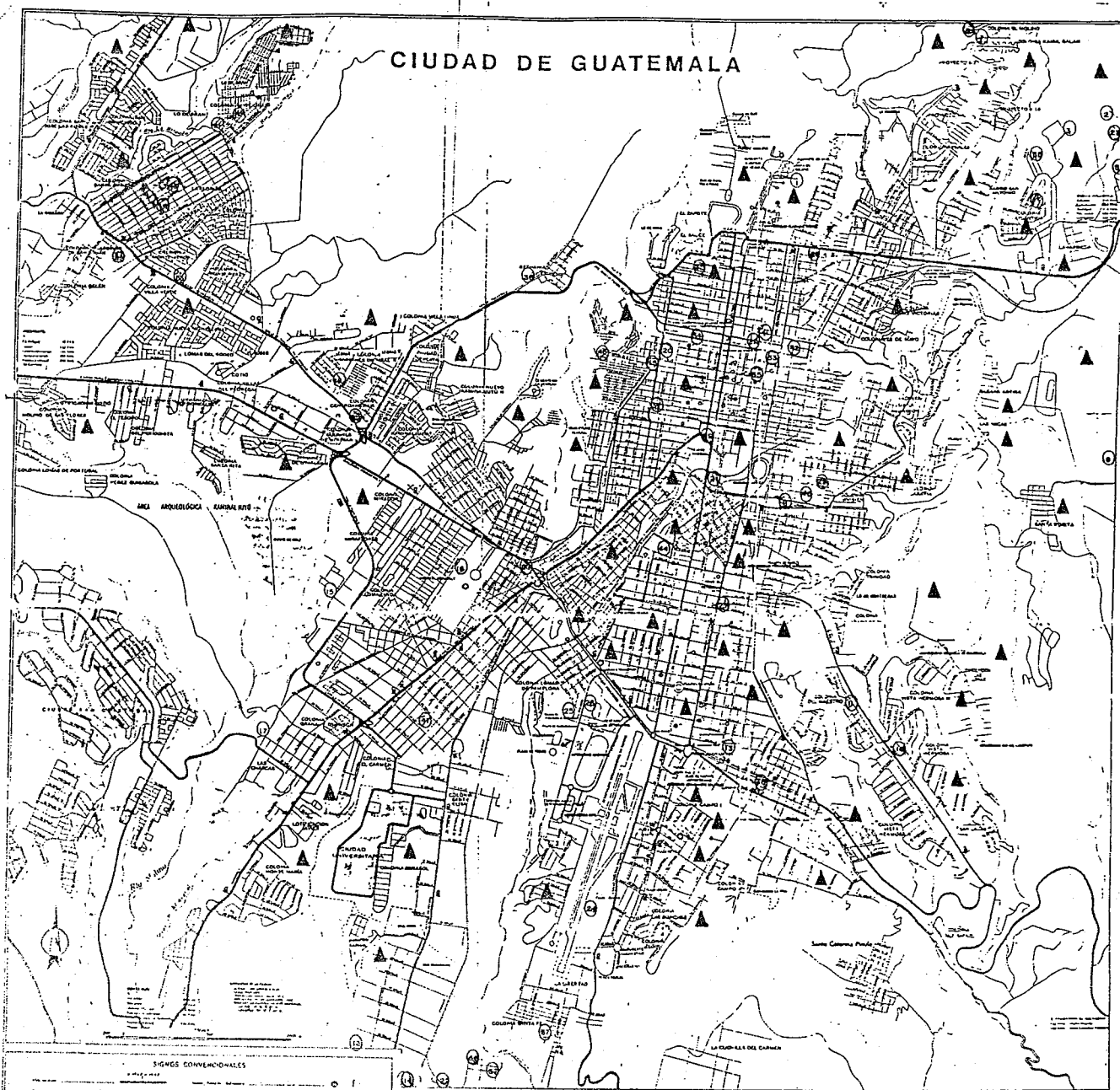
CIUDAD DE GUATEMALA



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----



# CIUDAD DE GUATEMALA



**SIGNES CONVENCIONALES**

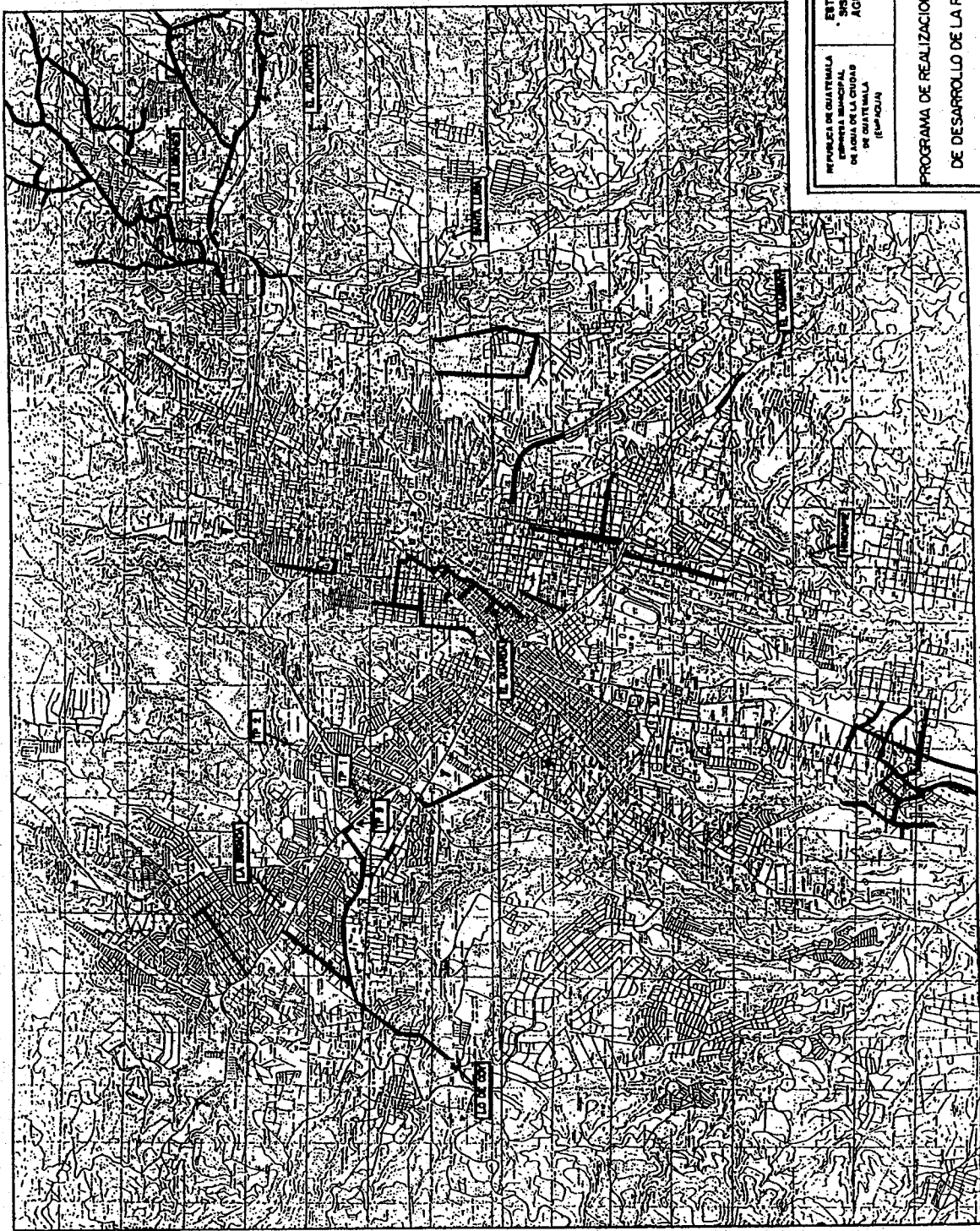
...	...	0
...	...	1
...	...	2
...	...	3
...	...	4
...	...	5
...	...	6
...	...	7
...	...	8
...	...	9
...	...	10

○ PUNTOS DE COLETA DE MUESTRAS EN LA RED DE DISTRIBUCION.


▲ PUNTOS DE COLETA DE MUESTRAS PROPUESTOS.

Puerto Quetzal

**ANEXO 7**



↑ METROS EN OJO DE AGUA

REPUBLICA DE GUATEMALA EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA (SAPAGUA)	ESTUDIO DE OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE GUATEMALA.	PROGRAMA DE REALIZACION DE LA PRIMERA ETAPA DE DESARROLLO DE LA RED (HORIZONTE 2000)
 SOGREAH <small>Sociedad Guatemalteca de Ingenieros y Arquitectos</small>	N°: 23048 RF Agosto - 88	N°: 109

**ANEXO 8**

## Técnica de Colecta de muestras de agua

Exámenes Físicos y Químicos:

Tipos de frascos:

Vidrio

Polietileno

Polipropileno

Volumen necesario para el análisis:

500 ml

Preservación de la muestra:

Refrigeración a 4 °C

Plazo para transportar las muestras y analizarlas en el laboratorio:

Aguas limpias: 24 horas

Aguas poluídas: Menos de 24 horas de preferencia

Preservantes:

Refrigeración a 4 °C

Ácido Nítrico

Ácido Sulfúrico

Hidróxido de Sodio

Ácido clorhídrico

Examen Bacteriológico:

Frascos de colecta:

Frascos de vidrio neutro

Capacidad de 125 ml a 250 ml

Lavar con detergente

Enjuagar de 6 a 12 veces con agua corriente

Cubrir el frasco con papel metálico o papel impermeable

Frasco de polietileno

Polipropileno o policarbonato

Preservación y plazo para transportar las muestras para analizarlas en laboratorio:

Sin preservación no máximo de 1 hora

Muestras no cloradas o poluídas a 10 °C, pueden ser analizadas en 8 horas

Colecta de muestras :

Debe ser realizada en primer lugar antes de cualquier otra colecta

Abrir el frasco rápidamente dentro del agua

Fechar el frasco

**ANEXO 9**



**LABORATORIO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA SANITARIA**  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
 CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC

<b>EXAMEN QUIMICO SANITARIO</b>	
O.T. No. _____	INF. No. _____
MUESTRA DE: _____	FECHA Y HORA DE RECOLECCION: _____
RECOLECTADA POR: _____	FECHA DE INICIO DEL EXAMEN: _____
LUGAR: _____	CONDICIONES DE TRANSPORTE: _____
FUENTE: _____	_____

**RESULTADOS**

1. ASPECTO _____	4. OLOR _____	7. TEMPERATURA _____ °C (EN EL MOMENTO DE RECOLECCION)
2. COLOR _____	5. SABOR _____	8. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA _____ $\mu$ mhos/cm
3. TURBIEDAD _____	6. pH _____	

SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1 AMONIACO NH <sub>3</sub>		6 CLORUROS CL <sup>-</sup>		11 SOLIDOS TOTALES	
2 NITRITOS NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		7 FLUORUROS F <sup>-</sup>		12 SOLIDOS VOLATILES	
3 NITRATOS NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		8 SULFATOS		13 SOLIDOS FIJOS	
4 CLORO RESIDUAL		9 HIERRO TOTAL Fe		14 SOLIDOS EN SUSPENSION	
5 MANGANESO Mn		10 DUREZA TOTAL		15 SOLIDOS DISUELTOS	

**ALCALINIDAD (CLASIFICACION)**

HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL

**OTRAS DETERMINACIONES** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

TECNICA "STANDARD METHODS" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.P.C.F. 16 TH EDITION 1985 NORMA COGUANOR NGO 4 010 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

**OBSERVACIONES** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
JEFE DE LABORATORIO







**LABORATORIO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA SANITARIA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12**



**EMPAGUA**

FACULTAD DE INGENIERIA - USAC

**EXAMEN BACTERIOLOGICO**

INF. No. \_\_\_\_\_

OT. No. \_\_\_\_\_

INTERESADO: \_\_\_\_\_

PROYECTO: \_\_\_\_\_

MUESTRA RECOLECTADA POR: \_\_\_\_\_

DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_

MUESTRA RECOLECTADA EN: \_\_\_\_\_

FECHA Y HORA DE RECOLECCION: \_\_\_\_\_

MUNICIPIO: \_\_\_\_\_

FECHA Y HORA DE LLEGADA A LAB.: \_\_\_\_\_

DEPARTAMENTO: \_\_\_\_\_

CONDICIONES DE TRANSPORTE: \_\_\_\_\_

SABOR: \_\_\_\_\_

SUSTANCIAS EN SUSPENSION: \_\_\_\_\_

ASPECTO: \_\_\_\_\_

CLORO RESIDUAL: \_\_\_\_\_

OLOR: \_\_\_\_\_

**NUMERACION TOTAL DE GERMENES**

a) SIEMBRA EN AGAR NUTRITIVO, INCUBACION A 35° C

CANTIDAD SEMBRADA	1.0 cm <sup>3</sup>	0.1 cm <sup>3</sup>	0.01 cm <sup>3</sup>
NUMERO DE COLONIAS DESARROLLADAS			

b) SIEMBRA EN AGAR NUTRITIVO, INCUBACION A 20° C

CANTIDAD SEMBRADA	1.0 cm <sup>3</sup>	0.1 cm <sup>3</sup>	0.01 cm <sup>3</sup>
NUMERO DE COLONIAS DESARROLLADAS			

RESULTADO: \_\_\_\_\_ NUMERO DE BACTERIAS POR cm<sup>3</sup>

**INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI-AEROGENES)**

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35° C	TOTAL 35° C	FECAL 44.5° C
10.0 cm <sup>3</sup>			
1.0 cm <sup>3</sup>			
0.1 cm <sup>3</sup>			
0.01 cm <sup>3</sup>			
0.001 cm <sup>3</sup>			
RESULTADO: NUMERO MAS PROBABLE DE GERMENES COLIFORMES/100 cm <sup>3</sup>			

TECNICA "STANDARD METHODS" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.P.C.F. NORMA COGUANOR NGO 4 OIO SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

CONCLUSION \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

GUATEMALA \_\_\_\_\_

JEFE DE LABORATORIO \_\_\_\_\_