

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
FACULTAD DE INGENIERIA



SEGURIDAD INDUSTRIAL  
EN UNA PLANTA FORMULADORA  
DE PRODUCTOS QUIMICOS

Evaluación, capacitación y desarrollo  
de un programa de seguridad industrial

TESIS

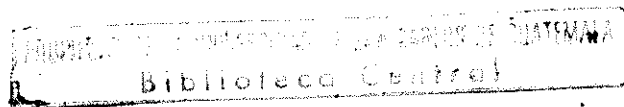
PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

HERIBERTO ARREAGA FION

PREVIO A OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

Guatemala, enero de 1,996



08  
T(3633)  
C.41

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

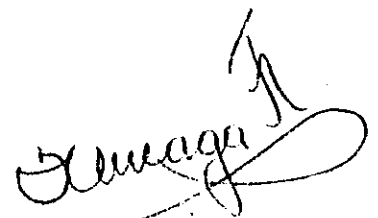
FACULTAD DE INGENIERIA

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:

SEGURIDAD INDUSTRIAL EN UNA PLANTA FORMULADORA DE PRODUCTOS QUIMICOS.

que fuera aceptado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial, con fecha 27 de Octubre de 1,993.



Heriberto Arreaga Fion

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DB  
T(3840)  
c. 4

**HONORABLEL 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:**

**DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS, PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SU USO INDUSTRIAL EN LA POBLACIÓN DE NUEVO SAN CARLOS, RETALHULEU.**

**tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química.**

  
MILTON LISANDRO CIFUENTES HIDALGO

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



## FACULTAD DE INGENIERÍA

### MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.
VOCAL TERCERO:	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez.
VOCAL CUARTO:	Br. Freddy Rodríguez Quezada.
VOCAL QUINTO:	Br. Mario Nephtalí Morales Solís.
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López.

### TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

#### GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck.
EXAMINADOR:	Ing. José Manuel Tay Oroxom.
EXAMINADOR:	Ing. Williams Guillermo Alvarez Mejía.
EXAMINADOR:	Dr. Rodolfo Espinoza Smith.
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López.



Guatemala, 24 de julio de 1,996

Doctor,  
Adolfo Gramajo,  
Director  
Escuela de Ingeniería Química,  
Facultad de Ingeniería,  
Presente.

Señor Director

Por este medio me permito comunicarle que he asesorado el trabajo de tesis titulado **DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOS QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS, PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SU USO INDUSTRIAL EN LA POBLACION DE NUEVO SAN CARLOS, RETALHULEU**, del estudiante **MILTON LISANDRO CIFUENTES HIDALGO**, con carnet No. 91-12667.

Considero que llena los requisitos exigidos por la Escuela de Ingeniería Química, siendo conveniente que se apruebe y se proceda a la autorización del mismo.

Dejo constancia que la fase práctica de esta investigación cubrió para este tipo de estudio la época seca y la lluviosa donde existe una variación significativa de la calidad del agua.

Me suscribo de usted, atentamente,

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

ING. ZENON MUCH SANTOS  
LABORATORIO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA  
SANITARIA  
ASESOR



Guatemala 19 de agosto de 1996

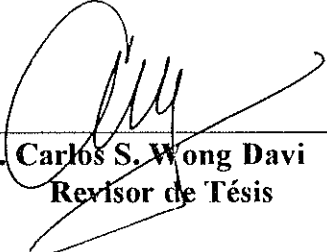
Doctor  
Adolfo N. Gramajo  
Director de la Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Ciudad Universitaria

Señor Director:

por medio de la presente quiero informarle de he efectuado la revisión del trabajo de tesis titulado **DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOS QUIMICOS Y BACTERIOLOGICOS, PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SU USO INDUSTRIAL EN LA POBLACION DE NUEVO SAN CARLOS, RETALHULEU**, del estudiante *MILTON LISANDRO CIFUENTES HIDALGO*, con carnet 91-12667.

Considero que la misma cumple los requisitos establecidos por la Escuela de Ingeniería Química, siendo un ejemplo de aplicación de la Ingeniería Química en beneficio de la población.

Me suscribo de usted atentamente,

  
Ing. Carlos S. Wong Davi  
Revisor de Tesis




**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, después de conocer al dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis del estudiante **Milton Lisandro Cifuentes Hidalgo**, titulado: **DETERMINACION DE LOS PARAMATROS FISICOS, QUIMICOS Y BACTEREOLOGICOS, PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y USO INDUSTRIAL EN LA POBLACION DE NUEVO SAN CARLOS, RETALHULEU**, procede a la autorización del mismo.

  
Dr. Adolfo Gramajo  
DIRECTOR  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA QUIMICA  
U. S. A. C.

Guatemala, 4 de octubre de 1,996.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



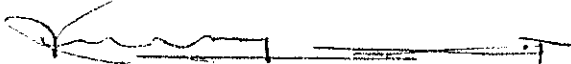
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: **DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOS, QUIMICOS Y BACTEREOLÓGICOS, PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SU USO INDUSTRIAL EN LA POBLACION DE NUEVO SAN CARLOS, RETALHULEU,** del estudiante **Milton Lisandro Cifuentes Hidalgo,** procede a la autorización del mismo.

IMPRIMASE:

  
Ing. Julio Ismael González Podszueck  
DECANO



Guatemala, 4 de octubre de 1,996.



## **ACTO QUE DEDICO**

**A DIOS:**

**Por sus bendiciones y sabiduría dadas para alcanzar esta meta, la cual pongo a su servicio.**

**A MIS PADRES:**

**Lisandro Roderico Cifuentes.  
Zoila Mirtala Hidalgo de Cifuentes  
como una muestra de amor y respeto**

**A MIS HERMANOS:**

**Doris Lorena Cifuentes Hidalgo  
por su cariño.  
Erick Roderico Cifuentes Hidalgo  
por su cariño; y colaboración prestada  
en la elaboración de este trabajo.**

**A FAMILIA SCHWEIKERT ROZZOTO:**

**Con mucho cariño y respeto por su apoyo.**

**A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:**

**Jorge, Roger, César, Roberto y a todos los que me brindaron su amistad, la cual espero conservar por siempre.**

**A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:**

**Alma Mater, a la cual espero poder aportar los frutos de mi vida profesional.**

## **AGRADECIMIENTOS:**

**AL INGENIERO ZENON MUCH  
SANTOS:**

Por su valiosa asesoría y la colaboración  
prestada para la realización de este  
trabajo.

**AL PERSONAL DEL LABORATORIO DE  
QUÍMICA Y MICROBIOLOGIA SANITARIA DEL  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS:**

Por su trabajo realizado en la elaboración  
de este trabajo.

## **ÍNDICE GENERAL**

UNO	RESUMEN	1
DOS	GLOSARIO	2
TRES	INTRODUCCIÓN	3
CUATRO	ANTECEDENTES	5
CINCO	JUSTIFICACIONES	7
SEIS	OBJETIVOS	8
SIETE	HIPÓTESIS	9
OCHO	DATOS GENERALES, NUEVO SAN CARLOS	10
NUEVE	MARCO TEÓRICO	12
DIEZ	MATERIALES Y MÉTODOS	29
ONCE	RESULTADOS	39
DOCE	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	42
	CONCLUSIONES	49
	RECOMENDACIONES	51
	BIBLIOGRAFÍA	52
	ANEXO	54

## 1. RESUMEN

El presente trabajo es un estudio sobre la calidad del agua que es distribuida por la Municipalidad de Nuevo San Carlos, departamento de Retalhuleu para su uso en consumo humano y en procesos de la industria. Se tiene como objetivo determinar si estas fuentes cumplen con la norma COGUANOR NGO 29 001, y también a través de su comparación con la PROPUESTA DE NORMA CATIE, determinar para que procesos industriales es adecuado su uso.

Para realizar este trabajo, se determinaron las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua en estudio; esto se realizó haciendo un muestreo de la única fuente de captación de agua, el río 'Pacheco'; el tanque de distribución de agua, y dos puntos de muestreo de la red que suministra el servicio. El muestreo se realizó en el período de octubre de 1995 a febrero de 1996. Se obtuvieron 16 muestras para los análisis físicos y químicos y 16 para el examen bacteriológico. Los métodos de análisis y examen del agua que se aplicaron, son los recomendados por las asociaciones APHA-AWWA-WPCF, los cuales son aceptados en Guatemala.

Al comparar los resultados obtenidos con la norma COGUANOR NGO 29 001; para agua potable, se concluye que es distribuida por la municipalidad de Nuevo San Carlos; no es bacteriológicamente potable, por lo que representa un riesgo para la salud del consumidor. De acuerdo con lo anterior se recomienda que se aplique un tratamiento de potabilización y desinfección a la red de distribución de la municipalidad de Nuevo San Carlos.

Los resultados obtenidos se comparan con la PROPUESTA DE NORMA CATIE, que da valores guías para el uso del agua en procesos de la industria. De esta comparación, se concluye que el agua distribuida por la municipalidad de Nuevo San Carlos necesita de un acondicionamiento, de acuerdo con el proceso industrial en el que se utilizará, y debe revisarse la calidad bacteriológica del agua, la cual no es recomendable para industrias de bebidas y alimentos.

Al aplicar los resultados obtenidos al Índice de Langelier, se obtiene que los resultados son negativos, lo que indica que el agua es de carácter corrosivo, por lo cual se recomienda revisar el proceso industrial en el que se utilice.

## 2. GLOSARIO

- 2.1 **CALIDAD DEL AGUA:** son aquellas características físicas, químicas y bacteriológicas, por medio de las cuales puede determinarse si el agua es adecuada o no para el uso al que se destina.
- 2.2. **AGUA POTABLE:** es el agua que cumple las características de calidad especificadas en la norma COGUANOR NGO 29 001, y es adecuada para consumo humano.
- 2.3. **LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE (LMA):** es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual el agua es rechazada por los consumidores, desde el punto de vista sensorial, sin que implique un daño su salud.
- 2.4 **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.
- 2.5 **GRUPO COLIFORME:** son 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 es menos de 48 horas a  $35 \pm 0.5$  °C.

### 3. INTRODUCCIÓN

Dado el rápido crecimiento de la población, uno de los servicios públicos más solicitados es el suministro de agua, para fines domésticos, industriales y de riego. Es importante hacer notar que, debido al rápido y desorganizado crecimiento de las ciudades, no se han adecuado los medios para la aplicación de procesos de tratamiento que disminuya la contaminación de los cuerpos de agua; como resultado de esto, el agua contaminada ya no puede ser usada para consumo humano o para uso industrial o agrícola. De esta forma, la calidad del agua que se va a utilizar debe ser evaluada, para determinar sus características fisicoquímicas y bacteriológicas exigidas por las normas que regulan sus diferentes usos benéficos.

El presente trabajo trata del estudio de la calidad del agua en la población de Nuevo San Carlos, Retalhuleu (Ver mapa No. 2. Anexo ) para consumo humano y su uso en los procesos industriales; el área de Nuevo San Carlos carece de un desarrollo industrial, pero dado su fácil acceso a producciones agrícolas de desarrollo agroindustrial, es necesario su análisis. El estudio analiza la calidad del agua que se suministra actualmente, através de una única fuente de abastecimiento, el río Pacheco; el agua es suministrada a los usuarios carente de un proceso de tratamiento.

El muestreo se proyectó para determinar el comportamiento del cuerpo de agua en época lluviosa: octubre a noviembre 1995, y en época seca: febrero a marzo 1996, para que los resultados de los análisis sean satisfactorios. En total, se tomaron 32 muestras, 16 para análisis físico y químico, y 16 para examen bacteriológico. Los análisis y exámenes se llevaron a cabo en el Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

Para calificar la calidad del agua, se utilizaran la normas siguientes:

### **Agua potable**

1. NORMA COGUANOR NGO 29 001.
2. Normas para el agua potable de la OMS, Ginebra 1964.

### **Agua para procesos de la industria.**

1. Propuestas de normas de especificación de calidad del agua para la industria, seminario taller de calidad del agua, ciudad de Panamá 1986.
2. El carácter corrosivo o de incrustación del agua, será evaluado con el Índice de Saturación de Langelier.

Los métodos de los análisis fisicoquímicos y de los exámenes bacteriológicos, son descritos en el Manual 'Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater', que son recomendados por las asociaciones APHA, AWWA-WPCF y actualmente aceptados en Guatemala por la Norma COGUANOR NGO 29 001. (19).

#### 4. ANTECEDENTES

Con base en la bibliografía revisada sobre el tema, no hay un estudio completo sobre la calidad de agua que abastece a la población de Nuevo San Carlos, Retalhuleu. Se encuentran estudios similares sobre la evaluación de la calidad del agua practicados en otros lugares, entre los que se puede mencionar en 1989, la tesis de José Alberto Boy Piedrasanta, "Suministro de agua a la población de Amatitlan, Guatemala" y en 1992, la de Mario Roberto Ordoñez Comparini, "Suministro de agua a la población de Palín, Escuintla", cuyos objetivos eran determinar si los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos cumplían con las especificaciones de calidad para agua potable, dadas por la Norma Coguanor NGO 29 001, así como determinar parámetros requeridos para emplear el agua en procesos industriales, según propuesta de Norma CATIE. De esto se logró concluir la necesidad de manejar en los suministros de agua a las poblaciones, un programa técnico de desinfección para que se logre catalogarla como de consumo humano, e implementar tratamientos físicos y químicos para el acondicionamiento del agua para usos industriales.

Un estudio menos completo sobre el tema, está referido en la tesis de José Aurelio Bravatti, en el año 1979, en el suministro de agua a la población de San Pedro Carcha, Alta Verapaz, donde se practica un análisis desde el punto de vista para consumo humano, y concluye en la necesidad de realizar procesos técnicos de tratamiento y desinfección del agua, para asegurar que no represente un riesgo para la salud de los consumidores de tan vital servicio público.

Al practicar consultas al Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y la Municipalidad de la población de Nuevo San Carlos, Retalhuleu, se estableció que no se ha efectuado un estudio técnico, para evaluar la calidad del agua suministrada por el sistema de abastecimiento actual; y sólo se cuenta con que en el año de 1992, el personal del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, dado el creciente avance del Cólera Morbus en el país, efectuó muestreos en el tanque de distribución de la red de agua, en los que practicó exámenes bacteriológicos de las muestras recolectadas, las cuales presentaron contaminación bacteriana.



Con el anterior estudio, el gobierno de Guatemala, por medio del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y el Instituto de Fomento Municipal, recomendaron un sistema de desinfección del agua suministrada, el cual consistió en un agregado de solución de hipoclorito de sodio al agua, en el tanque de distribución, el cual actualmente no se práctica, y carece de un correcto control.

## 5. JUSTIFICACIONES

Guatemala se encuentra actualmente en una etapa de crecimiento agroindustrial que está buscando su descentralización hacia áreas fuera de la ciudad capital y cercana a fuentes de recursos naturales del país. La Universidad de San Carlos de Guatemala y la Facultad de Ingeniería colaboran continuamente a través de estudios que son de utilidad para las diferentes áreas del país, con este desarrollo económico-social.

El municipio de Nuevo San Carlos, en el departamento de Retalhuleu, es una rica zona cafetalera y de cosecha de citronela, donde predominan procesos de secado y extracción de aceite esencial, respectivamente; la demanda de agua representa para la municipalidad un ingreso económico al suministrar este servicio. Este estudio servirá para que tales industrias obtengan información completa de la calidad del agua disponible, para que se acondicione a las necesidades de sus operaciones unitarias.

En el aspecto del consumo humano, el agua que se suministra debe poseer la característica de potabilidad; de no ser así puede ser fuente de enfermedades y tener efectos mortales en quienes la consumen.

Actualmente la municipalidad no ha practicado ningún control de la calidad del agua a lo largo de las dos épocas del año (invierno-verano). Dado que la misma se capta de una fuente superficial, el río Pacheco, que recorre la zona cafetalera, localizada al norte del municipio (ver mapa No. 3, Anexo.), esta puede ser contaminada por los nutrientes procedentes de abonos usados en la agricultura, así como de la población que habita en esta zona; por eso es necesario e importante el análisis de la fuente en el lugar de la captación.

El estudio de las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua en el municipio de Nuevo San Carlos, servirá para dar las recomendaciones necesarias, que permitan establecer un proyecto de desinfección y calidad del agua que se suministra a la población.

El presente estudio servirá a los estudiantes de Ingeniería Química como una guía sobre la calidad del agua y sus diferentes usos en la industria, y la aplicación de normas y requerimientos que deben considerarse para sus diferentes usos.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar la calidad física, química y bacteriológica del agua que se distribuye actualmente, por el sistema de abastecimiento de la municipalidad a la población de Nuevo San Carlos, departamento de Retalhuleu. Esto se llevará a cabo por medio del análisis de muestras tomadas durante las épocas de invierno y verano, con el fin de establecer si la calidad del agua es adecuada para consumo humano y calificarla para su acondicionamiento a los procesos de la industria.

### **6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 6.2.1.** Determinar si los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua suministrada a la población cumple con las especificaciones de calidad para consumo humano de la Norma COGUANOR NGO 29 001.
- 6.2.2.** Determinar la calidad del agua en estudio, para su uso en procesos utilizados en la industria.
- 6.2.3.** Aplicar los resultados en análisis en el Índice de Langelier, para evaluar el comportamiento corrosivo e incrustante del agua.
- 6.2.4.** Evaluar el comportamiento de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua que se obtiene de la fuente de captación en las dos épocas del año (invierno-verano), para determinar la posible contaminación con nutrientes procedentes de abonos usados en la agricultura.
- 6.2.5.** Preparar un informe para la municipalidad, del estudio que se va a practicar, donde las recomendaciones le den la pauta que se deben seguir para implementar un sistema de potabilización y control de calidad del agua que actualmente suministra a la población.

## **7. HIPÓTESIS**

El agua suministrada por la red de abastecimiento de la municipalidad de la población de Nuevo San Carlos, departamento de Retalhuleu, no cumple con las especificaciones de calidad de la Norma COGUANOR NGO 29 001; por lo tanto, no es apta para consumo humano.

El agua suministrada por la red de abastecimiento de la municipalidad de Nuevo San Carlos, no cumple con la especificaciones de la Propuesta de Especificación de Calidad del Agua para consumo en la Industria; por lo que necesita un acondicionamiento para su uso.

## **8. DATOS GENERALES DEL MUNICIPIO DE NUEVO SAN CARLOS**

### **8.1. LOCALIZACIÓN**

El municipio de Nuevo San Carlos pertenece al departamento de Retalhuleu, el cual esta dividido en nueve municipios, y está localizado al norte del mismo. La elevación media del municipio es de aproximadamente 360 m, sobre el nivel del mar (Ver mapa No. 2. Sección Anexo ).

Nuevo San Carlos se localiza en las coordenadas siguientes:

- Latitud 14° 20' 30" norte.
- Longitud 91° 41' 35" oeste.

Sus colindancias son las siguientes:

- Al Norte: con los municipios de El Palmar y Colomba Costa Cuca del departamento de Quezaltenango.
- Al Sur: con el municipio de Retalhuleu, Retalhuleu.
- Al Oriente: con los municipios de San Sebastián y San Felipe, del departamento de Retalhuleu; y el municipio de El Palmar departamento de Quezaltenango.
- Al Occidente: con los municipios de El Asintal departamento de Retalhuleu, y Colomba Costa Cuca departamento de Quezaltenango.

Nuevo San Carlos tiene una extensión territorial de 64 Km<sup>2</sup>.

### **8.2. CLIMA**

Nuevo San Carlos posee un clima semicálido, con precipitación lluviosa abundante.

### **8.3. POBLACIÓN**

La población del municipio comprende un total de 23406 habitantes, de los cuales el 50% son mayores de 15 años de edad. Esta población se divide en población urbana de 1073 habitantes y población rural de 22333 habitantes.

#### **8.4. DIVISIÓN POLITICO-ADMINISTRATIVA**

El municipio cuenta con una municipalidad de segunda categoría y tiene una población que es la cabecera municipal de Nuevo San Carlos y ocho cantones los cuales son: Granados, Barrios, Montúfar, La Libertad, Versalles, Cabañas y Jerez.

#### **8.5. VÍAS DE ACCESO**

Sobre la ruta departamental No. 7, la cabecera municipal de Nuevo San Carlos esta aproximadamente a 8 Km, al norte de la cabecera departamental de Retalhuleu, donde tronca con las rutas nacionales 6-W y 9-S. Además aproximadamente a 3 Km, de la cabecera municipal atraviesa la carretera internacional del Pacífico CA2.

#### **8.6. HISTORIA**

La comunidad de Nuevo San Carlos surgió el 29 de noviembre de 1879; firmó en ese entonces el presidente de la república don Justo Rufino Barrios; es parte del departamento de Quezaltenango, bajo el nombre de Nuevo San Carlos Sija; sus fundadores, son originarios de San Carlos Sija, Quezaltenango. El 6 de abril de 1940 el presidente de la República, General Jorge Úbico, integra el municipio al departamento de Retalhuleu, bajo el nombre de Nuevo San Carlos.

#### **8.7. SERVICIOS PÚBLICOS**

Posee abastecimiento de agua, red telefónica, alumbrado público y privado, oficina de telégrafos y correos, instituciones educativas a nivel primario y secundario (ciclo básico), centro de salud, mercado, transporte extraurbano, cementerio, etc.

#### **8.8. ACTIVIDAD ECONÓMICA**

Su actividad económica principal es la agricultura (zona cafetalera y cosecha de citronela); la actividad industrial es poco desarrollada, existe solamente una fábrica de extracción de aceite esencial de citronela, trapiches de caña de azúcar, etc.

## 9. MARCO TEÓRICO

### 9.1. EL AGUA. GENERALIDADES

El agua es una combinación de hidrógeno y oxígeno ( $H_2O$ ); es un líquido insípido, incoloro, inodoro, que en su composición pura, es difícil de obtener, ya que casi cualquier sustancia es soluble en ella. Es una mezcla de diferentes moléculas debido a la existencia de los diferentes isótopos del hidrógeno y oxígeno, esta complicación unida a su polaridad hace que todas sus constantes físicas sean anormales (7). Se sabe que el agua se presenta en las condiciones naturales en uno de los tres estados: gaseoso, líquido o sólido y su importancia fisicoquímica es tal, que las temperaturas de transformación de un estado a otro han sido tomadas como puntos fijos. Es por lo tanto, un líquido con grandes anomalías, entre las cuales se encuentran como más importantes:

- El valor máximo de su densidad se da en estado líquido a 3.98 °C.
- El agua se expande al solidificarse.
- Tiene una tensión superficial muy elevada.
- Calor específico muy elevado.
- Un gran calor latente de fusión.
- Conductividad térmica elevada.
- Fuerte poder ionizante y constante dieléctrica elevada.
- Gran poder disolvente.
- Propiedades de combinación y oxidantes (7).

### 9.2. USOS DEL AGUA

- Doméstico: bebida, usos domésticos.
- Comercial: higiene, vías de comunicación.
- Industria: fuente de energía, manufactura, fabricación.
- Agrícola: riegos, lavado de terrenos.
- Público: demanda de incendios, higiene de poblaciones, etc.

Para la mayoría de estos usos, es primordial la calidad del agua, ya que ligeras variaciones en el contenido de alguna de las sustancias presentes puede alterar su calidad, y la puede convertir en inservible y, a veces altamente peligrosa para la salud (9).

### 9.3. CICLO DEL AGUA

El agua sigue un ciclo por el cual cambia de estados en la naturaleza; este ciclo se denomina Ciclo Hidrológico, y es a través de él que el agua obtiene sus distintos contaminantes (21). Las aguas que en forma de lluvia caen sobre la tierra, o bien discurren por la superficie de la misma, se infiltran para circular por su interior, y constituyen las aguas subterráneas. El agua posteriormente se evapora en los océanos debido al calentamiento solar y forma nubes de humedad. El aire húmedo se mezcla con aire más frío, se desplaza a zonas más frías, y se inicia la condensación de las nubes, en forma de lluvia, que cae nuevamente a la tierra (18). El agua que se aprovecha del ciclo hidrológico se divide en tres tipos de fuentes:

Fuentes de agua atmosférica, que es el agua que se condensa de las nubes y se precipita en forma de lluvia, granizo o nieve.

Fuentes de agua superficial, que es el agua que contienen los océanos, mares, lagos, ríos y pantanos.

Fuentes de agua subterránea, que es el agua de manantiales, pozos y galerías de infiltración.

### 9.4. IMPUREZAS DEL AGUA

Conforme la lluvia cae puede absorber oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno, polvo y otras impurezas contenidas en el aire y también disolver sustancias minerales de la tierra. Esta contaminación puede acrecentarse además con ácidos procedentes de la descomposición de materias orgánicas, residuos industriales y aguas sépticas descargadas en lagos y ríos (22).

Las sustancias contenidas por el agua se clasifican en disueltas y en suspensión. En el grupo de las sustancias disueltas se incluyen bicarbonatos cálcico, magnésico y sódico; sulfatos cálcico, magnésico y sódico; nitratos cálcico, magnésico y sódico; cloruros cálcico, magnésico y sódico, óxido de hierro, sílice, residuos industriales y gases tales, como: oxígeno y bióxido de carbono. El grupo de materiales en suspensión comprende: lodo, arena, materias vegetal y residuos industriales (20).

Las impurezas biológicamente activas se pueden clasificar como: bacterias, virus, algas y protozoarios (16).



## 9.5. AGUA PARA CONSUMO HUMANO

El agua libre de microorganismos patógenos y sustancias químicas perjudiciales para la salud se denomina potable, y la que contiene desperdicios domésticos o industriales, no es potable (21).

Las fuentes subterráneas abastecen la mayoría de las casas rurales. Por eso es importante que la fuente de agua esté lejos de las posibles fuentes de contaminación como fosas sépticas, letrinas y patios de granjas y corrales. El agua que se designa para consumo humano debe estar bien investigada y, de ser necesario, algún tratamiento deberá de aplicarse antes de su distribución. Estos tratamientos pueden ser de varios tipos y se determinan según los resultados de las pruebas bacteriológicas, físicas y químicas que se le aplican al agua. Todo sistema de agua potable debe de llevar regularmente una investigación sanitaria, que consiste en:

- a) inspección de la fuente sin tratar y las condiciones que influyen en su calidad.
- b) inspección de las operaciones de la planta purificadora o construcción del pozo.
- c) inspección del mecanismo para la distribución del líquido a los consumidores.

Las investigaciones revelan si el agua se está distribuyendo en las condiciones estipuladas. Estas condiciones varían según lugar donde se encuentra el sistema. La potabilidad del agua sólo se puede determinar por medio de las pruebas físicas, químicas y bacteriológicas de la misma (20).

### 9.5.1. PRUEBAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS

El análisis físico y químico indica si el agua está contaminada, y proporciona también otras informaciones útiles, pero no es lo suficientemente preciso para detectar pequeños grados de contaminación con aguas negras. Las pruebas bacteriológicas se han diseñado de manera que sean muy sensibles y específicas para revelar cualquier contaminación (18).

### **9.5.1.1. ANÁLISIS FÍSICO**

Los sentidos organolépticos ayudan a analizar el agua relacionando parámetros que pueden ser medidos de esta forma, y compararlos con estándares que se disponen en los laboratorios (18).

### **9.5.1.2. ANÁLISIS QUÍMICO**

Por medio de este análisis, se determina el contenido de sales minerales y materia orgánica, para compararlo contra los estándares y poder determinar su calidad, usos y cualquier proceso a que deba ser sometida (18).

### **9.5.1.3. EXAMEN BACTERIOLÓGICO**

Las pruebas bacteriológicas se han diseñado de manera que sean muy sensibles y específicas para revelar cualquier contaminación; el objetivo de estos análisis rutinarios es para determinar la existencia de contaminación de origen fecal o presencia de los gérmenes del grupo coliforme (18).

## **9.5.2. NORMA COGUANOR NGO 29 001**

Actualmente se conocen los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos mediante los cuales se determina la calidad del agua; éstos, a su vez, tienen asociados valores cualitativos y cuantitativos que deben estar comprendidos entre los límites que el estudio y la experiencia ha encontrado necesario y tolerable para el consumo humano, que en su mayor parte han sido fijados por normas (22).

En nuestro país, han sido escritas todas estas normas y son publicadas por la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR, y la denomina Norma COGUANOR NGO 29 001 y son especificaciones para agua de consumo humano. En los diferentes cuadros de la sección de anexo, se presentan los límites máximos aceptables y máximos permisibles para las concentraciones de sales y para los datos físicos como color, olor, turbiedad, etc., así como los bacteriológicos.

### **9.5.2.1. LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE**

Es el límite arriba del cual el valor de cualquier característica de calidad del agua indica que el agua pasa a ser rechazable para el consumidor, pero no implica daños a la salud del mismo.

### **9.5.2.2. LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE**

Es el límite arriba del cual el valor de cualquier característica de calidad del agua indica que no es adecuada para el consumo humano.

### **9.6. AGUA PARA USOS INDUSTRIALES**

Para la industria, el agua es un factor de vital importancia; es por esto que en todo desarrollo industrial deben de tomarse en cuenta varios aspectos relacionados a la calidad y suministro del agua. La industria debe de contar con un suministro abundante para cubrir sus necesidades, disponibilidad de la misma a suficientes niveles de flujo y presiones, así como de una calidad apropiada para los usos que se requieren (8).

La industria usa el agua para varias aplicaciones; las más importantes son:

- a) Operaciones de transferencia de calor.
- b) Procesos de manufactura.
- c) Generación de energía.
- d) Usos varios.

Es aquí donde se muestra la importancia del agua en lo que es el renglón industrial, el agua para cada industria tendrá diferentes especificaciones que deberá cumplir; éstas no han sido aún normadas en nuestro país. Para la mayor eficiencia de su uso, se han realizado estudios y han sido determinados los parámetros que se deben tomar en cuenta y los estándares que se van a comparar en las diferentes industrias. Uno de estos estudios ha sido el Seminario Taller Normas de Calidad de Agua realizado en la ciudad de Panamá en 1986, y los datos que ofrece se han tomado como la Propuesta de Norma Catie, y se encuentran en los cuadros de la sección de anexo. Este estudio ofrece los valores promedio requeridos para el agua de alimentación de las principales industrias que operan en el área centroamericana.

#### **9.6.1. AGUA PARA USO EN OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE CALOR**

##### **9.6.1.1. CALENTAMIENTO**

El agua, debido a sus propiedades termodinámicas y a su bajo costo, ha sido utilizada en la industria, para la operación de transferencia de calor. Gran parte de las operaciones de calentamiento en la industria se realizan

utilizando vapor de agua como el medio de transferencia de calor, el cual posee una capacidad calorífica alta y altos coeficientes de transferencia térmica. Se ha comprobado que un alto porcentaje de la energía que consume la industria se utiliza en la producción de vapor para procesos industriales (11).

El vapor de agua es producido en una caldera, la cual consiste esencialmente en un recipiente que contiene agua que se transforma en vapor por la aplicación de calor. Para llevar a la práctica esta función básica, los diseñadores han concebido innumerables configuraciones y variaciones de esencialmente dos tipos generales de calderas: pirotubulares y acuotubulares. En cada caso, sin embargo, la función de la caldera es transferir el calor de los gases de combustión al agua alimentada, para llevarla al punto de ebullición a una presión de operación determinada (11).

#### **9.6.1.2. ENFRIAMIENTO**

El agua se utiliza en la industria también para enfriar en diferentes pasos del proceso. Para esto existen tuberías especiales de enfriamiento, intercambiadores de calor, tanques con chaqueta, etc. El agua se utiliza en un sistema de recirculación donde enfría el proceso y luego pasa a una torre de enfriamiento donde se enfría y vuelve al proceso.

Con el crecimiento en número y tamaño de las plantas manufactureras de todo tipo, acompañado por tasas más altas de calor de rechazo, la necesidad de torres de enfriamiento han aumentado muchísimo. Estas tendencias se unen a aspectos ambientales, que incluyen conservación de agua y las limitaciones en las descargas térmicas y químicas (12).

El objetivo de una torre de enfriamiento es enfriar agua para poder utilizarla muchas veces. El agua caliente, generalmente procedente de un condensador u otro aparato de transmisión de calor, se introduce en la parte posterior de la torre y mediante un sistema de distribución de líquido, cae en forma de cascada sobre un enrejado de madera que proporciona grandes áreas de contacto entre el aire y el agua. En la torre, se evapora parte del agua en el aire y se transmite calor sensible desde el agua caliente hacia el aire más frío, dando lugar a ambos procesos a un enfriamiento del agua. El balance de agua se efectúa realizando una pequeña reposición de líquido al sistema, para compensar las pérdidas por evaporación y por arrastre (13).

#### **9.6.2. PROCESOS DE MANUFACTURA**

El agua puede tomar parte en los procesos de la industria en diferentes formas, ya sea como materia prima para lavado, como medio de transportación, etc. Dependiendo de la aplicación que se le vaya a dar, el proceso y el tipo de industria es lo que regirá para determinar parámetros de calidad requeridos. Como ya se explicó anteriormente, ha sido ya descrita una Propuesta de Norma Catie, que indica los valores promedio requeridos, de los principales tipos de industria en Centroamerica (7).

#### **9.6.3. GENERACIÓN DE ENERGÍA**

La energía puede ser obtenida a partir del uso del agua en equipos como turbinas y otros. Esta agua, en general, debe de cumplir con varios requerimientos que pueden ser tomados como los mismos valores del agua para calderas cuadro 16, anexo. En general, el agua no debe de ser de carácter incrustante ni corrosiva. La generación de energía puede ser a partir de generadores de vapor o turbinas hidráulicas; esta energía se utiliza aun en varias industrias para accionar maquinaria al generar electricidad o por transmisión de energía mecánica (20).

#### **9.6.4. USOS VARIOS**

El agua es una materia abundante y de bajo costo para la industria; de esta forma ha sido encontrado su uso en varias aplicaciones: material sellante de bombas centrífugas o se puede emplear en embragues hidráulicos, para poner en marcha o detener una carga impulsada, o bien para ajustar su velocidad; también se utiliza como un blindaje para la protección de personal que labora en plantas nucleares, y lo guarda de la radiación; también se utiliza para limpiar a presión o cortar a presión planchas metálicas (4).

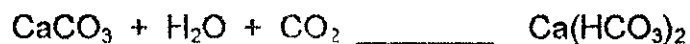
#### **9.7. CALIDAD DEL AGUA PARA USOS INDUSTRIALES**

El agua que se consume en la industria debe de ser generalmente examinada para tener una medida de los parámetros que indican si cumple con la calidad necesaria para el tipo de industria especificada. El agua siempre posee impurezas, las cuales adquiere durante el ciclo hidrológico que sigue naturalmente. Las impurezas consisten principalmente en sustancias minerales y gases en solución, pero también deben de considerarse los parámetros físicos y bacteriológicos, los cuales deben de cumplir con estándares ya establecidos según el tipo de industria.

## 9.7.1. IMPUREZAS DEL AGUA

### 9.7.1.1. CARBONATO Y BICARBONATO DE CALCIO

Aproximadamente todas las aguas contienen bióxido de carbono o ácido carbónico gaseoso. Cuando el agua que contiene este gas entra en contacto con piedra caliza, actúa como un ácido formando el carbonato de calcio o bicarbonato de calcio, de acuerdo con la reacción:



En tanto haya suficiente bióxido de carbono en el agua, esta sal permanece en solución; por ebullición, se inicia el proceso inverso; se descompone el carbonato ácido de calcio, se libera el bióxido de carbono, y regresa el carbonato de calcio. Puesto que este último no es muy soluble en el agua, se separa de la solución como una sustancia sólida, blanca y cristalina (12).

### 9.7.1.2. CARBONATO Y BICARBONATO DE MAGNESIO

De una manera general, lo que se ha dicho acerca del carbonato y bicarbonato de calcio puede también decirse del carbonato y bicarbonato de magnesio. El agua que contiene bióxido de carbono disuelve el carbonato de magnesio de la misma manera que disuelve el carbonato de calcio, pero el carbonato de magnesio es mucho más soluble que el anterior, bajo las mismas condiciones.

### 9.7.1.3. SULFATO DE CALCIO

Su ecuación química es  $\text{CaSO}_4$ . Esta sal es conocida familiarmente como yeso. Contiene cierta cantidad de agua en sus cristales. Si esta agua es parcialmente separada, se forma lo que se conoce como Yeso de París. Las cualidades de fraguado de esta sustancia se deben a su reabsorción de agua y formación de cristales. El sulfato de calcio es bastante soluble en agua a temperaturas ordinarias. Cuando la temperatura de la solución se eleva arriba del punto de ebullición del agua a presión atmosférica, el sulfato de calcio viene a ser menos soluble. Cuando el agua se concentra bajo alta presión y temperatura, el yeso se precipita del agua y se deposita como una incrustación muy dura y fina (12).

Si tomamos sólo el ion sulfato, se sabe que las aguas que contienen 300 ppm o más de este ion, son perjudiciales por atacar el cemento al formarse la sal llamada Candlot-Michaelis. Además, en dosis altas de ion sulfato, causan trastornos gastrointestinales, sobre todo en los niños (9).

#### 9.7.1.4. SULFATO DE MAGNESIO

Es conocido comúnmente como Sales de Epsom. Es un sólido blanco muy soluble. En los procesos si ésta sal se encuentra exclusivamente, su única acción es reaccionar con el agua misma. Esto ocurre en la interfase agua-metal. El sulfato de magnesio en esta interfase reacciona con el agua para producir hidróxido de magnesio y ácido sulfúrico. El hidróxido de magnesio es muy insoluble y forma incrustaciones y el ácido sulfúrico es muy corrosivo. La reacción química es como sigue:



El sulfato de magnesio comunica al agua un sabor amargo.

#### 9.7.1.5. CLORURO DE MAGNESIO

Su ecuación química es  $\text{MgCl}_2$ . Esta es una sal muy soluble en el agua que reacciona con esta, en la interfase agua-metal de una manera similar al sulfato de magnesio, de acuerdo con la reacción:



El ácido clorhídrico (HCl) corroe el metal (12). El grave inconveniente que presentan los cloruros es el sabor desagradable que dan al agua. Prácticamente su efecto nocivo es nulo (9).

#### 9.7.1.6. CLORURO DE SODIO

Su ecuación química es NaCl. Esta sustancia es conocida como sal común. Es muy soluble e inofensiva con respecto a la producción de incrustaciones. Se puede formar una solución de sal que cree una acción de batería, si están presentes las otras condiciones necesarias para la corrosión: oxígeno, alta humedad, etc. (12).

#### 9.7.1.7. SULFATO DE SODIO

Su ecuación química es  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . El efecto del sulfato de sodio es muy similar al del cloruro de sodio, excepto que su solución es un conductor eléctrico más pobre (12).

#### 9.7.1.8. CARBONATO DE SODIO

Su ecuación química es  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Esta sal es conocida familiarmente como 'Soda Ash' ó ceniza de soda. En aguas que contienen considerable bióxido de carbono, parte de ella es convertida a bicarbonato de sodio. Cuando una solución de bicarbonato hierve, libera bióxido de carbono y pasa enteramente a convertirse en carbonato de sodio, el cual es muy soluble. En soluciones concentradas, se considera más propensa a formar espuma, en comparación con otras sales de sodio. También reacciona con el agua para dar soda cáustica o hidróxido de sodio. Esta sustancia, cuando está concentrada, es una fuente de peligro que conduce al agrietamiento del acero y su consecuente ruptura. (12).

#### 9.7.1.9. NITRATO DE SODIO

Su ecuación química es  $\text{NaNO}_3$ . Es extremadamente soluble y su único efecto es que contribuye a la corrosión, debido a que libera rápidamente parte de su oxígeno (12).

#### 9.7.1.10. SALES DE POTASIO

Sus propiedades son idénticas a las de las sales de sodio. Para todo propósito práctico, los metales alcalinos de sodio y potasio pueden determinarse y reportarse juntos como sodio (12).

#### 9.7.1.11. BIÓXIDO DE CARBONO

Se supone que el agua sea pura, pero esto no ocurre en la naturaleza, pues la misma tiene en disolución otras sustancias, diversos cationes que modifican estos equilibrios. Atendiendo a que los cationes más frecuentes son Ca, Mg y Na; podemos encontrar en una agua natural, además del bióxido de carbono y el ácido carbónico, el bicarbonato y el carbonato de cada uno de estos tres iones.

El bióxido de carbono que se disuelve en el agua puede estar en las formas de  $\text{CO}_2$  libre y  $\text{CO}_2$  combinado, el combinado es el que forma carbonatos y el libre está en forma de ácido carbónico (6). Este gas es por naturaleza corrosivo y en presencia de oxígeno es un factor acelerante de la corrosión.



#### 9.7.1.12. SULFUROS

El hidrógeno sulfurado es un gas muy soluble; en el agua, da un olor a huevos podridos y es muy venenoso. El agua para la bebida no debe tener hidrógeno sulfurado, ni ion sulfuro. El hidrógeno sulfurado se elimina por simple aireación. La presencia de hidrógeno sulfurado facilita el desarrollo de las bacterias, por lo que las aguas que lo contengan serán agresivas.

#### 9.7.1.13. FLUORUROS

El flúor es las aguas, procede de los minerales fluorados, como la fluorina  $\text{CaF}_2$ , la criolita, el fluorapatito  $\text{CaF}_2$ . La presencia del flúor en las aguas ha adquirido una gran importancia desde que se descubrió que su presencia en proporciones de más de 1.5 ppm, produce en el esmalte de los dientes unas motas coloreadas en amarillo, marrón o negro (Fluorosis); son especialmente sensibles a esta lesión los niños pequeños (6). De esta forma las cantidades de flúor en el agua para la fabricación de alimentos son significativas. En otras industrias, esto no es de mayor importancia.

#### 9.7.1.14. MANGANESO

No se encuentra libre en la naturaleza; este elemento se encuentra comúnmente en el organismo, y es un activador de ciertas enzimas; cuando se ingiere en grandes dosis, es un veneno que afecta fundamentalmente el sistemas nervioso central. No se encuentra formalmente en las aguas naturales; solamente en casos excepcionales en las aguas ácidas, generalmente asociado al hierro y en el caso de una polución industrial.

Su presencia en agua provoca el desarrollo de ciertas bacterias que producen la formación de depósitos insolubles de estas sales (6). Las bacterias formadas producen un limo que hace una acción de taponamiento de conductos.

#### 9.7.1.15. HIERRO

Se encuentra disuelto en muchas aguas naturales fundamentalmente en las aguas subterráneas, ya que las sales solubles son en general las ferrosas. Principalmente se encuentra disuelto en forma de bicarbonato ferroso  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ . El hierro también da origen a microbios que presentan acumulaciones de óxido férrico en las canalizaciones y depósitos. Es un constituyente normal del organismo y sus sales no son tóxicas en pequeñas cantidades. Comunica al agua un sabor astringente, aunque tiene este sabor, no quiere decir que el agua es impotable (9).

Los suministros de agua que contienen más de 0.1 ppm de hierro son perjudiciales para casi todos los usos industriales, y para muchos de ellos la tolerancia no debe exceder a 0.1 ppm. El hierro produce problemas en casi todo tipo de industria al exceder esta cantidad, por ejemplo, en las industrias de cuero les produce muchas manchas y decoloraciones, y causa pérdidas en el blanqueo.

#### 9.7.1.16. OXÍGENO DISUELTO

Las aguas superficiales están saturadas de oxígeno, mientras las subterráneas son pobres en el mismo o carecen de él, como consecuencia de haber sido consumido por la oxidación de la materia orgánica del suelo.

El agua potable debe contener cierta cantidad de oxígeno disuelto, ya que acelera sus propiedades corrosivas; la velocidad de corrosión es proporcional a la cantidad de oxígeno disuelto y está influida igualmente por la temperatura (a mayor temperatura mayor corrosión) y el  $p^H$  (a menor  $p^H$  mayor corrosión) (9).

#### 9.7.1.17. NITRÓGENO

Es un gas casi inerte y no tiene ningún efecto corrosivo; se debe de considerar en sus formas albuminoideo, amoniacal, de nitritos y de nitratos. El agua de lluvia contiene trazas de amoníaco que tiene su origen en la atmósfera. Las aguas superficiales, si están bien aireadas, no deben contener normalmente amoníaco, en lo que respecta a aguas subterráneas no se puede prever nada. A veces, aguas subterráneas de buena calidad contienen trazas de amoníaco. Esta agua es potable, aunque frecuentemente tiene un sabor y olor a cieno, que la hace repugnante para ingerirla. Las aguas subterráneas poco profundas en general tienen siempre amoníaco. La presencia de amoníaco en un agua favorece la multiplicación de los microbios, por lo que cuando este compuesto esté presente, será muy elevado el número total de bacterias; esta presencia de amoníaco es considerada como una contaminación reciente y peligrosa; el contenido de amoníaco en el agua no debe sobrepasar de 0.5 a 0.6 ppm.

En lo que respecta a los nitritos, de aguas que lo contengan se debe sospechar de su potabilidad. En las aguas superficiales se encuentran cuando están polucionadas con aguas negras o residuos orgánicos y que están en periodo de autodepuración. En las aguas subterráneas, se pueden encontrar a veces la presencia de nitritos que la impotabiliza. Además de que su presencia indica una polución con la consiguiente presencia de microorganismos patógenos, presenta una cierta toxicidad como consecuencia de su acción metahemoglobizante e hipotensiva.

Los nitratos no son nocivos, aunque fuera de sus límites se pueden reducir a nitritos. El exceso de nitratos produce cianometahemoglobinemia en niños.

#### **9.7.1.18. COLOR**

Todas las aguas presentan una tonalidad variable dependiente de muy variadas circunstancias. Esta tonalidad, más o menos acusada, el color del agua y tiene su origen en causas internas y externas. Las primeras son debidas a los materiales disueltos y suspendidos en la misma agua; y las segundas, las externas, tienen su origen en la absorción de las radiaciones de mayor longitud de onda. No se puede establecer ninguna relación entre el color y la polución.

El color se encuentra principalmente en las aguas superficiales o en algunos pozos poco profundos y manantiales; las aguas de pozos profundos son incoloras (9). Las aguas muy coloreadas son objetables para muchos procesos industriales y, en general, no se aceptan para agua de alimentación de calderas. Para consumo humano, deben desecharse por razones estéticas.

#### **9.7.1.19. TURBIEDAD**

Turbiedad es cualquier impureza soluble finamente dividida en forma coloidal, cualquiera que sea su naturaleza, suspendida en el agua y que disminuye su claridad. Turbiedad es la medida de la opacidad del agua comparada con ciertos estándares establecidos. La alta turbiedad en cualquier suministro de agua es indeseable para usos prácticos, excepto posiblemente para ciertos tipos de condensación de superficie.

#### **9.7.1.20. OLOR Y SABOR**

Desde el punto de vista fisiológico, los sentidos del gusto y del olfato están íntimamente relacionados, puesto que las papilas linguales y los órganos olfatorios detectan estímulos simultáneos y complementarios, de tal modo que la percepción organoléptica de sabor y olor se confunde generalmente con una sola. El olor y el sabor pueden ser debidos a la presencia en el agua de compuestos químicos como: fenoles y el cloro, o a materias orgánicas en descomposición o ciertos organismos (9). Los olores y sabores desagradables convierten a las aguas en no aptas para muchos procesos industriales. Estas son intolerables en bebidas y productos alimenticios, y se objeta también en materias textiles, papel, y otros procesos en que se absorba el olor.

### **9.7.1.21. IMPUREZAS BACTERIOLÓGICAS**

Las impurezas bacteriológicas presentes en el agua son microorganismos coliformes, estreptococos fecales, ferrobacterias, sulfobacterias, algas, bacterias productoras de limo y virus (18).

Muchos de estos microorganismos forman costras en tuberías o se forman a menudo desprendiéndose en grandes masas bloqueando el flujo en válvulas, tuberías, bombas, etc. Las tolerancias, para estos parámetros, dependen del tipo de aplicación que se le va a dar al agua. Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre. Su presencia en el agua indica contaminación fecal. Muchas bacterias elaboran materiales gomosos o mucilaginosos, ya como estructuras capsulares o como excreciones extracelulares (18).

Las ferrobacterias son los microorganismos del agua más molestos. Transforman los compuestos solubles de hierro en insolubles. El depósito y acumulación de estos materiales en los sistemas de tuberías acaba por obstruir el paso del agua. Estas además de producir limo, colorean el agua y la hacen fétida y de sabor desagradable. Las sulfobacterias pueden producir y tolerar fuerte acidez.

Cuando el agua se expone a la luz, se desarrollan algas que según algunos microbiólogos equivalen a la maleza de un jardín; las hay en todos los ambientes acuáticos y entre sus características indeseables están producir turbiedad, coloración, olor y sabor al agua. Casi siempre tapan filtros (18).

## **9.7.2. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES**

### **9.7.2.1. TEMPERATURA**

La temperatura es otra de las constantes físicas que tiene un importancia grande en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua como la solubilidad de los gases y de las sales, así como las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse, etc. Esta permite normalizar numerosas pruebas físicas, químicas y biológicas (19).

### **9.7.2.2. POTENCIAL HIDRÓGENO**

Es importante determinar este parámetro, ya que la mayoría de las aguas naturales superficiales tiene valores de  $p^H$  entre 5.5 a 8.6 unidades. La alteración excesiva fuera de este límite puede indicar contaminación del abastecimiento de agua de algún desecho de tipo industrial (4). Un agua

con  $p^H$  menor que 6.0 será fuertemente corrosiva para los metales. Al aumentar las concentraciones de hidrógeno, aumenta el poder corrosivo sobre el metal (9).

### 9.7.2.3. DUREZA

Es una característica del agua que representa la concentración total de iones de calcio y magnesio expresada como carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ). La dureza puede ser dureza de carbonatos o de no carbonatos; la primera es la formada por los carbonatos y bicarbonatos de los iones anteriores, y la segunda está formada por los sulfatos, cloruros y nitratos de los mismos iones (4).

La dureza de carbonatos se puede reducir o eliminar de un modo sencillo y económico, mientras que las de los no carbonatos es más difícil y costosa de eliminar. Las aguas que tienen alta dureza o que no son muy duras reaccionan con los pectatos de las legumbres para formar pectatos insolubles, e impide su cocción, a la vez de que por ebullición pueden provocar depósitos incrustantes en los recipientes que los contienen (6). Debido a la importancia que adquiere el conocimiento del contenido de calcio y magnesio de un agua, desde el punto de vista industrial, así como para la alimentación de calderas, por la propiedad de producir incrustaciones, han sido muchos los estudios realizados desde el punto de vista de tratamiento y acondicionamiento de las aguas con el fin de eliminar parte del calcio y magnesio existente (proceso de ablandamiento), y hacerlas aptas para el uso que se las destine. Se muestra a continuación la clasificación de las aguas según el rango de dureza que tienen:

Rango de dureza (mg/L)	Clasificación Descriptiva
1 a 60	Suave o Blanda
61 a 120	Moderadamente Dura
121 a 180	Dura
Superior a 180	Muy Dura

### 9.7.2.4. ALCALINIDAD

La alcalinidad indica la capacidad que posee el agua de neutralizar los ácidos y es una medida de los constituyentes alcalinos del agua expresados como bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos; es la alcalinidad total la suma de estos constituyentes (7).

## **9.8. EFECTOS PRODUCIDOS POR LAS IMPUREZAS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL AGUA**

Según sea el uso que se le esté dando al agua, sus características tendrán ciertos efectos sobre el proceso, los cuales tendrán que controlarse para no tener problemas en el mismo. Para el uso de calderas y equipo de transferencia de calor como centrales térmicas, las impurezas pueden ser la causa de los siguientes efectos perjudiciales:

### **9.8.1. INCRUSTACIÓN**

Es la capa blanda o dura depositada sobre las superficies internas de una caldera o equipo, compuesta de sustancias minerales, suciedad o ambas cosas. Su efecto consiste en hacer disminuir la transmisión de calor a través de las superficies de caldeo, y reducir con ello la capacidad y rendimiento de la instalación, y posiblemente recalentando los tubos y planchas del equipo (21).

### **9.8.2. CORROSIÓN**

Es un desgaste anormal del equipo con una disminución de su resistencia mecánica. Las causas pueden ser: acción electrolítica, acidez o alcalinidad del agua, o la presencia de oxígeno (21).

### **9.8.3. FRAGILIDAD CÁUSTICA O FATIGA DE CORROSIÓN**

Es el resultado de una corrosión no uniforme que conduce a la formación acelerada de grietas en los bordes de las planchas remachadas de las calderas, remaches y porción metálica situada alrededor de las aberturas, en donde el material ha sido sometido a grandes esfuerzos de tracción durante los procesos de fabricación y funcionamiento. En las calderas soldadas, las superficies principalmente afectadas son las situadas junto a los orificios de los tubos. Las averías debidas a la fragilidad cáustica son resultado de las grietas formadas en el metal siguiendo zonas limítrofes cristalinas. La fatiga de corrosión, producida por el ataque químico y repetidos alargamientos de partes metálicas origina grietas, según las líneas de esfuerzo independientes de las zonas limítrofes cristalinas del metal (19).

### **9.8.4. FORMACIÓN DE ESPUMA**

Ocurre cuando el agua contiene álcalis, materia orgánica en suspensión, algunos aceites en presencia de sales sódicas o aguas que contienen en cantidad apreciable sales de sodio solubles (21).

#### **9.8.5. ARRASTRES**

El agua de caldera de baja calidad da como resultado que se produzca vapor de baja calidad. Hay cuatro causas comunes de arrastres de agua líquida por el vapor: la formación de espuma, la expulsión de gotas de agua, el cebado y las fugas. La formación de espuma, como de jabón, se presenta como burbujas en la superficie del agua y sale con el vapor. La expulsión de gotas de agua es similar a la efervescencia de la champaña, en donde se forma espuma no estable, pero se expulsan gotas de la superficie líquida. El cebado es debido a la agitación repentina en el agua de la caldera causado por un cambio rápido en la carga. Esta es probablemente la causa más común de que existan arrastres en el vapor de las calderas industriales livianas. Las fugas consisten en pérdidas de agua de caldera debidas a un mal diseño o instalación de separadores de vapor. Los problemas causados por arrastre son depósitos y corrosión en las líneas de condensado, trampas de vapor, bombas, y tanques de almacenamiento, contaminación en los procesos industriales y el efecto combinado de los productos de corrosión en el condensado que se depositan en el interior de los tubos de la caldera.

#### **9.8.6. EL OXÍGENO**

Especialmente a elevadas temperaturas corroe todas las partes metálicas con las cuales está en contacto. El bióxido de carbono sólo tiene tendencia a producir corrosión o a entrar en combinación con otros cuerpos para constituir compuestos formadores de incrustación. Los gases: oxígeno, nitrógeno y bióxido de carbono y otros no condensables a las presiones y temperaturas corrientes del condensador, que puede contener el vapor, imponen una carga adicional a las bombas y los dispositivos destinados a evacuar el aire de los condensadores (19).

#### **9.8.7. ENSUCIAMIENTO**

El término ensuciamiento se refiere a la acumulación de material sólido, que no constituye incrustación; como basuras y limo, arena, productos de corrosión, materias orgánicas naturales, masas microbianas, fosfatos de aluminio y fosfatos de hierro. Los factores que más influyen en el ensuciamiento son: desarrollos microbianos, corrosión, características del agua, temperatura, velocidad del agua, etc.

## **10. METODOLOGÍA**

### **10.1. UNIVERSO DE TRABAJO**

El universo de trabajo está formado por la fuente de agua que abastece a la población de Nuevo San Carlos; comprende el río denominado Pacheco, del cual es captada el agua mediante un pequeño tanque localizado a 6 kilómetros de la cabecera municipal, de donde llega al tanque de distribución (Ver mapa No. 3, anexo)

### **10.2. MEDIOS**

#### **10.2.1. RECURSOS HUMANOS**

El trabajo se realizó bajo la asesoría del Ingeniero Sanitario Zenón Much Santos y la colaboración del personal técnico del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

#### **10.2.2. RECURSOS MATERIALES**

Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

Bibliotecas de la Universidad de San Carlos, de la Facultad de Ingeniería, de la Escuela de Ingeniería Sanitaria y de Recursos Hidráulicos, y el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Proyectos de factibilidad de agua de la Alcaldía Municipal de Nuevo San Carlos; entrevistas con el Señor Alcalde del municipio, y archivo de datos del Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

#### **10.2.3. EQUIPO Y MATERIALES**

Las normas y métodos correspondientes requieren la utilización de equipo para toma de muestras y de los análisis físicos, químicos y exámenes bacteriológicos. Estos incluyen cristalería, reactivos, equipo de laboratorio y de campo, los cuales son los recomendados por referencias 1, 3.



## **10.3. METODOLOGÍA**

### **10.3.1. DISEÑO DEL MÉTODO DE MUESTREO**

#### **10.3.1.1. SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO**

La selección de los sitios de muestreo está planteado de acuerdo con los objetivos trazados, tomando en cuenta la fuente de captación y la red de distribución del municipio de Nuevo San Carlos, con el propósito de obtener datos útiles y representativos para este estudio.

El sistema de abastecimiento del municipio de Nuevo San Carlos está formado en la actualidad por una sola fuente denominada río Pacheco. El agua es captada por medio de una pequeña represa, de donde se conduce el agua a un tanque de distribución conectado a la red de distribución. La localización de la fuente de captación de agua se muestra en el mapa 3, anexo (municipio de Nuevo San Carlos), y es el primer punto para la obtención de muestras.

La localización del tanque de distribución se muestra en el mapa 4, anexo (sistema de distribución), y comprende el segundo punto de obtención de muestras, además, en el mapa 4, se muestra la red de distribución, y la localización de los otros dos puntos de obtención de muestras, que comprende muestreo de grifos. Las muestras que se obtiene de los grifos se decidió tomarlas de los puntos más lejanos del sistema de distribución, con el propósito de establecer de que forma llega la calidad del agua al usuario en las terminales de la red, los cuales representarán los puntos más críticos.

#### **10.3.1.2. FRECUENCIA DEL MUESTREO**

En cada sitio y fecha de muestreo, se tomarán tres muestras, una destinada al análisis físico y químico, y otra destinada al examen bacteriológico. Los muestreos se practicarán de octubre de 1995, a marzo de 1996. En esta forma, se cubre el cambio de estación climatológica para determinar las variaciones en la calidad del agua en el transcurso de las épocas de invierno y verano. Se tomarán muestras dos veces en cada época climática.

### 10.3.1.3. RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

#### a) Muestra para análisis físico y químico:

Se tomarán las muestras en recipientes de polietileno con volumen de 3.78 litros. El recipiente se enjuaga primero por tres veces consecutiva con la misma agua de la fuente en que se va a tomar la muestras. Después se llena completamente y luego se tapa para evitar contaminaciones. Éste se identifica debidamente apuntando diferentes datos que son requeridos: fecha de muestreo, hora, punto de muestreo, temperatura, etc.

#### b) Muestra para examen bacteriológico:

La muestra se tomará en frascos de vidrio, de boca ancha, con tapón esmerilado, de 125 cm<sup>3</sup>, de vidrio resistente, que han sido debidamente esterilizados. El tapón y el cuello del frasco son protegidos por medio de una cubierta de papel kraft que se encuentra atada por un cordel (1,3). Se deben utilizar dos técnicas en la toma de la muestra bacteriológica, debido a los tipos de fuentes que se van a muestrear: grifos, y tanques y un río.

Primero debe tomarse la muestra para examen bacteriológico antes que las demás para evitar contaminaciones en el sitio de muestreo. Para recolectar la muestra en los grifos, primero se debe esterilizar con la llama de un mechero de alcohol la boca del grifo durante un minuto. Luego se deja correr el agua por otro minuto. Seguidamente se quita la cubierta de papel al frasco y se procede a esterilizar la boca y tapón teniendo cuidado de no rozarlos con los dedos, se toma posteriormente la muestra, con la precaución de dejar un espacio de 12 mm de aire para su homogeneización posterior. Se tapa a continuación el frasco y se le coloca la cubierta de papel kraft y se le identifica por medio de una etiqueta.

Para tomar la muestra en la represa de captación y en el tanque de distribución, se le quita al frasco la cubierta de papel y se introduce en el cuerpo de agua con el cuello hacia abajo, lo más ceca del fondo posible. Se gira hasta que quede la boca ligeramente arriba del fondo y en contra de la corriente. Luego se abre y se introduce agua hasta dejar un espacio de aire que permita su posterior homogeneización.

Seguidamente se tapa y se le coloca la cubierta de papel kraft y se llena la etiqueta de identificación. Las muestras se identifican anotando todos los datos requeridos. Luego se guardan en bolsas plásticas y se colocan en una hielera. La hielera contendrá hielo de forma que el frasco no tenga contacto directo con las muestras. De esta forma se mantendrán las muestras a baja temperatura hasta el momento de realizar el examen bacteriológico.

### **10.3.2. TIPOS DE ANÁLISIS Y EXÁMENES QUE SE VAN REALIZAR**

Todos los métodos de análisis y exámenes que se realizarán en las muestras para obtener las características físicas, químicas y bacteriológicas son las recomendadas por el 'Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater', los cuales se aceptan en Guatemala según la Norma COGUANOR NGO 29 001 en el inciso de 'Correspondencia 8,8.4. (14). Estos análisis son los siguientes:

#### **10.3.2.1. ANÁLISIS FÍSICO.**

- Olor.
- Color.
- Temperatura.
- Turbiedad.
- Potencial de hidrógeno.
- Sólidos totales.
- Sólidos disueltos.
- Sólidos en suspensión.
- Sustancia mineral fija.
- Sustancia perdida por ignición.

#### **10.3.2.2. ANÁLISIS QUÍMICO.**

- Alcalinidad de Carbonatos.
- Alcalinidad de Bicarbonatos.
- Alcalinidad de Hidróxidos.
- Dureza total.
- Dureza de No Carbono.
- Calcio.
- Magnesio.
- Cloruros.
- Fosfatos.
- Fluoruros.
- Hierro total.
- Sulfatos.
- Amoníaco.
- Nitritos.
- Nitratos. (Ver anexo, cuadros de datos)

### 10.3.2.3. EXAMEN BACTERIOLÓGICO

El agua tratada o sin tratar que circula por un sistema de distribución no debe contener ningún microorganismo que puede ser de origen fecal. La presencia de gérmenes del grupo coliforme definido como a continuación se indica, ha de considerarse como un indicio de contaminación fecal más o menos reciente. La presencia de *Escherichia Coli* debe de considerarse como indicio seguro de contaminación fecal reciente y por tanto peligrosa, que exige la aplicación de medidas urgentes.

El grupo coliforme comprende todos los bacilos aerobios y anaerobios facultativos gramnegativos no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a 35-37 °C en menos de 48 horas.

A los efectos del análisis sanitario del agua, el grupo coliforme fecal se define como un bacilo gramnegativo no esporulado, que fermenta la lactosa con producción de ácido y de gas a 44 °C en menos de 24 horas (15).

La presencia de microorganismos del grupo coliforme indica una alta posibilidad de presencia de organismos patógenos en el cuerpo de agua; éstos no se aíslan en el examen por las siguientes razones:

- a) Lo más probable es que los gérmenes patógenos lleguen al agua esporádicamente y no sobreviven en ella durante largo tiempo, por ende, pueden no encontrarse en la muestra enviada al laboratorio.
- b) Si existen en muy pequeño número, es fácil que escapen a las técnicas de investigación.

Es sabido que estos microorganismos llegan a los cuerpos de agua a través de las deyecciones intestinales, por lo que el examen que habitualmente se practica al agua, consiste en la investigación de ciertas especies bacterianas que se encuentran normalmente en el intestino grueso del hombre y otros animales de sangre caliente. Estas especies de por sí no son patógenas, se asocian a menudo con los organismos que sí lo son y son un buen índice del grado de seguridad bacteriológica de un cuerpo de agua.

El examen bacteriológico que se practicará a las muestras de agua consiste en:

a) Recuento total de gérmenes a 20°C y 35°C en cajas de Petri con agar nutritivo y se expresa por el número de bacterias por cm<sup>3</sup>; en la suposición de que una bacteria origina una colonia.

b) Se investiga la presencia o ausencia del grupo coliforme total y fecal, por el método de los tubos de fermentación por diluciones múltiples, el cual se expresa por el número más probable en 100 cm<sup>3</sup>; (NPM/100 cm<sup>3</sup>) el cual se basa en las leyes probabilísticas.

Para obtener los resultados buscados, se realizaran a las muestras recolectas las siguientes pruebas:

#### 10.3.2.3.1. PRUEBA PRESUNTIVA

La prueba presuntiva consiste básicamente en sembrar volúmenes apropiados de la muestra de agua en tubos con un medio de cultivo de caldo lactosado y observar si se produce gas, después de un período de incubación de 24-48 horas a 35°C. La ausencia de gas después de 48 horas es prueba de que no existen bacterias coliformes en la muestra analizada y constituye una prueba negativa. La presencia de gas en los tubos de caldo lactosado constituye una prueba positiva, y necesariamente confirma la presencia de coliformes, ya que existe la posibilidad de que la formación de gases se deba a otro tipo de microorganismos que no constituyen índices de polución. Por esta razón, es necesario realizar la prueba confirmativa (13).

#### 10.3.2.3.2. PRUEBA CONFIRMATIVA

Consiste básicamente en inocular todos los tubos que den un resultado positivo en la prueba presuntiva, en un medio de cultivo adecuado que depende del grupo coliforme a investigar. Para el grupo coliforme total, el medio es caldo lactosado con bilis de buey y verde brillante, y para el coliforme fecal, se utiliza el medio EC. Las condiciones, a las cuales se llevan a cabo estas determinaciones, se pueden observar en las características del grupo coliforme descritas anteriormente. Al igual que la prueba presuntiva, la ausencia de gas después del período de incubación constituye una prueba negativa y la presencia de gas una prueba positiva, con la diferencia de que al ser positiva, se confirma la presencia del grupo coliforme que se haya investigado (15).

### 10.3.2.3.3. EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Dado que el método de los tubos de fermentación por diluciones múltiples se basa en leyes probabilísticas, los resultados se expresan por medio de un índice denominado: número más probable, que representa una evaluación de gérmenes coliformes existentes en 100 ml de agua (16).

El cálculo del índice se basa en dos supuestos:

- a) que los gérmenes estén repartidos al azar en el agua y
- b) que se obtenga una reacción positiva sólo si la porción de agua analizada contiene uno o más gérmenes (16).

Este número se obtiene de las diversas combinaciones de resultados positivos y negativos que se obtienen de las pruebas confirmativas del examen bacteriológico realizado por este método. Para esto, se utilizan los datos de las tablas del NPM de bacterias coliformes presentes en 100 cm<sup>3</sup>, que se encuentran en referencia 3.

### 10.4. CLASIFICACIÓN Y REPRESENTACIÓN DE LOS ANÁLISIS

Cuando se han determinado las características de uno o varios cuerpos de agua, es muy importante el utilizar diagramas y clasificaciones que dan índices para la interpretación de estas características.

Han sido muchas las clasificaciones propuestas para poder comparar diversos tipos de aguas, o bien para conocer rápidamente por su análisis las características de un agua determinada, que pretenden ser útiles en aquel campo de investigación para el cual han sido concebidas (8).

#### 10.4.1. CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV

Emplea como índice de clasificación los iones que se encuentran en un porcentaje superior al 25% del total de miliequivalentes de aniones o cationes. Respecto a los aniones tenemos:

- a) Aguas bicarbonatadas,  $r\text{HCO}_3^- > 25\%$  de los aniones.
- b) Aguas sulfatadas,  $r\text{SO}_4^{=} > 25\%$  de los aniones.
- c) Aguas cloruradas,  $r\text{Cl}^- > 25\%$  de los aniones.
- d) Aguas bicarbonatadas sulfatadas,  $r\text{HCO}_3^- > 25\%$  y  $r\text{SO}_4^{=} > 25\%$  de los aniones.
- e) Aguas bicarbonatadas cloruradas,  $r\text{HCO}_3^- > 25\%$  y  $r\text{Cl}^- > 25\%$  de los aniones.

- f) Aguas sulfatocloruradas,  $r_{SO_4=} > 25\%$  y  $r_{Cl-} > 25\%$  de los aniones.
- g) Aguas sulfatocloruradas bicarbonatadas,  $r_{SO_4=} > 25\%$ ;  $r_{Cl-} > 25\%$  y  $r_{HCO_3-} > 25\%$  de los aniones.

En relación a los cationes se tiene:

- a) Aguas cálcicas,  $r_{Ca^{++}} > 25\%$  de los cationes.
- b) Aguas magnésicas,  $r_{Mg^{++}} > 25\%$  de los cationes.
- c) Aguas sódicas,  $r_{Na^+} > 25\%$  de los cationes.
- d) Aguas calcio-magnésicas,  $r_{Ca^{++}} > 25\%$  y  $r_{Mg^{++}} > 25\%$  de los cationes.
- e) Aguas calcio-sódicas,  $r_{Ca^{++}} > 25\%$  y  $r_{Na^+} > 25\%$  de los cationes.
- f) Aguas magnesio-sódicas,  $r_{Mg^{++}} > 25\%$  y  $r_{Na^+} > 25\%$  de los cationes.
- g) Aguas calcio-magnesio-sódicas,  $r_{Ca^{++}} > 25\%$ ;  $r_{Mg^{++}} > 25\%$  y  $r_{Na^+} > 25\%$  de los cationes (9).

#### 10.4.2. DIAGRAMA DE COLLINS

Este diagrama representa los iones presentes en el agua por columnas verticales cuya altura es proporcional a la concentración total de aniones y cationes. Estas concentraciones vienen expresadas en miliequivalentes por litro, y las columnas se dividen en segmentos que indican las concentraciones de los aniones y cationes que contienen la muestra de agua que se va a representar.

Generalmente se usan seis subdivisiones; se superponen en la columna de la izquierda, de abajo a arriba y en el orden siguiente, los miliequivalentes de los radicales básicos:  $Ca^{++}$ ;  $Mg^{++}$  y  $Na^+$ ; en una columna adyacente los radicales ácidos:  $HCO_3^-$  y  $CO_3^{=}$ ;  $SO_4^{=}$  y  $Cl^-$ . Aparte se coloca también una columna donde van representados los datos de dureza (4).

#### 10.4.3. DIAGRAMA ARITMÉTICO

En este diagrama se lleva sobre el eje de las abscisas a intervalos regulares los distintos iones presentes en el agua (regularmente los radicales básicos:  $Na^+$ ;  $K^+$ ;  $Mg^{++}$ ,  $Ca^{++}$ ; y ácidos:  $Cl^-$ ;  $SO_4^{=}$ ;  $HCO_3^-$  y  $CO_3^{=}$ ) y sobre el eje de las ordenadas el número de miligramos/litro (ppm) reducidos o no a porcentajes. Al realizar este diagrama, se obtiene una gráfica lineal, cuya forma es característica de la composición química del agua analizada (4).

#### 10.4.4. ÍNDICE DE LANGELIER

Este es un índice por medio del cual se puede predecir el comportamiento corrosivo o incrustante del agua natural. Las características incrustantes o no incrustantes del agua, pueden ser determinadas previamente, mediante el uso del Índice de Saturación (Is), el cual se define como la diferencia algebraica entre el valor de  $p^H$  actual o determinado en el cuerpo de agua y el  $p^{Hs}$  calculado de saturación; es decir:

$$Is = p^{H(\text{actual})} - p^{Hs(\text{calculado})} \quad [1]$$

Is (Índice de saturación)  
 $p^H$  (potencial de hidrógeno)  
 $p^{Hs}$  (potencial hidrógeno de saturación)

El valor de  $p^{Hs}$  se obtiene empleando la familia de curvas de la Carta del Índice de Langelier (figura 1, anexo 9) y la aplicación de la siguiente ecuación:

$$p^{Hs} = p^{Ca} + p^{Alcalino} + C \quad [2]$$

$p^{Ca}$  (factor dureza de calcio, en ppm de  $CaCO_3$  equivalente)  
 $p^{Alcalino}$  (alcalinidad M; al naranja de metilo en ppm)  
C (factor de sólidos totales en ppm)

Cuando Is es cero, es decir, cuando el  $p^H$  actual es igual a  $p^{Hs}$ , existe un equilibrio de saturación y no hay formación de incrustación, y el ataque corrosivo se minimiza.

Cuando Is es un valor positivo, es decir, cuando el  $p^H$  actual es mayor que  $p^{Hs}$ , existe una condición de sobresaturación de carbonato de calcio respecto a la alcalinidad y a los sólidos totales, a las condiciones existentes de temperatura; hay tendencia a depositar incrustaciones sobre la superficie de transmisión de calor.

Cuando el Is es un valor negativo, es decir, cuando el  $p^H$  actual es menor que el  $p^{Hs}$ , el equilibrio está desbalanceado en dirección opuesta y ocurrirá corrosión del metal descubierto, y se disolverá cualquier incrustación previamente formada.

Con el propósito de inhibir la corrosión, es necesario mantener un índice de saturación (Is), ligeramente positivo, suficientemente alto para asegurar en forma definitiva la deposición de incrustación. El valor de Is, puede variar desde 0.6 a 1.0 o mayor dependiendo de inhibidores (20).



#### 10.4.4.1. CÁLCULO DE $p^{Hs}$ Y DE $I_s$

Para el cálculo de  $pH_s$  y de  $I_s$ , se requieren los siguientes parámetros:

- a) Temperatura ( $^{\circ}C$ ).
- b) Potencial de hidrógeno.
- c) Dureza de calcio, expresada en mg/L (ppm) de  $CaCO_3$ .
- d) Alcalinidad al naranja de metilo, expresado en mg/L de  $CaCO_3$ .
- e) Sólidos totales, expresados en mg/L.

Los datos anteriores se pueden obtener de la carta de Langelier, siguiendo los siguientes pasos:

a) Localizar el valor conocido de la dureza de calcio en la escala de ppm; entonces, léase verticalmente hacia arriba hasta la línea diagonal para dureza de calcio y luego horizontalmente a la izquierda hasta la escala, de alcalinidad  $p^{Alcalino}$  y  $p^{Ca}$ . En esta escala lee el valor respectivo  $p^{Ca}$ .

b) Localizar el valor conocido de alcalinidad al naranja de metilo (M), en la escala de ppm (mg/L), entonces, léase verticalmente hacia arriba hasta la línea diagonal, para la alcalinidad (M), como  $CaCO_3$  y luego horizontalmente a la izquierda hacia la escala de alcalinidad  $p^{Alcalino}$  y  $p^{Ca}$ . En esta escala, se lee el valor respectivo de  $p^{Alcalino}$ .

c) Localizar el valor conocido de sólidos totales en la escala de ppm, luego léase verticalmente hasta intersectar la línea de la temperatura dada. De este punto, léase horizontalmente a la derecha hacia la escala C, en la cual se lee el valor respectivo de C.

Si el valor dado de temperatura no coincide con ninguna de las isotermas de la figura de Langelier, entonces se procede a efectuar una interpolación lineal. Con los datos obtenidos, se emplea la ecuación [2] para obtener el valor respectivo de  $p^{Hs}$ , el cual se sustituye junto con el valor de  $p^H$ , en la ecuación [1], para obtener el valor correspondiente del índice de saturación,  $I_s$ .

#### 10.4.4.2. CLASIFICACIÓN DESCRIPTIVA DEL ÍNDICE DE SATURACIÓN

Para estimar cualitativamente el grado en que una determinada agua tiene tendencia corrosiva o incrustante, se utiliza la clasificación descriptiva del índice de saturación, que actualmente emplea el personal del Centro de Investigaciones de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## 11. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en los cuadros que a continuación se enumeran; estos cuadros aparecen en la sección de anexo.

### 11.1. CUADROS No. 1 y No. 2

Resultados del análisis físico realizado a las muestras tomadas en la fuente de investigación, como en grifos de la red de distribución.

### 11.2. CUADROS No. 3, No. 4 y No. 5

Resultados del análisis químico realizado a las muestras tomadas en la fuente de investigación, como en grifos de la red de distribución.

### 11.3. CUADRO No. 6

Resultados del análisis químico para la clasificación del Índice de Saturación de Langelier realizado a las muestras tomadas en la fuente de investigación; como en grifos de la red de distribución.

### 11.4. CUADROS No. 7 y No. 8

Resultados del examen bacteriológico efectuado a las muestras tomadas en la fuente de investigación, como en grifos de la red de distribución.

### 11.5. CUADRO No. 9

Valores promedio aritmético de los resultados del análisis físico de las muestras de la fuente de investigación: tanque de captación y tanque de distribución, para las épocas de verano e invierno y su comparación con norma COGUANOR NGO 29 001.

### 11.6. CUADRO No. 10

Valores promedio aritmético de los resultados del análisis físico de las muestras de dos puntos de la red de distribución: grifo No.1 y grifo No. 2 para las épocas de verano e invierno y su comparación con norma COGUANOR NGO 29 001.

### 11.7. CUADRO No. 11

Valores promedio aritmético de los resultados del análisis químico de las muestras de la fuente de investigación: tanque de captación y tanque de distribución, para las épocas de verano e invierno y su comparación con norma COGUANOR NGO 29 001.

- 11.8 CUADRO No. 12**  
Valores promedio aritmético de los resultados del análisis químico de las muestras de dos puntos de la red de distribución: grifo No.1 y grifo No2 para las épocas de verano e invierno, y su comparación con norma COGUANOR NGO 29 001.
- 11.9 CUADRO No. 13**  
Resultados del examen bacteriológico efectuado a las muestras tomadas de la fuente de investigación; como en grifos de la red de distribución y su comparación con la norma COGUANOR NGO 29 001.
- 11.10. CUADRO No. 14**  
Valores promedio aritmético de los resultados del análisis físico de las muestras tomadas de la fuente de investigación; como en grifos de la red de distribución, para las épocas de verano e invierno y su comparación con la PROPUESTA DE NORMA CATIE; para posibles usos industriales.
- 11.11. CUADRO No. 15**  
Valores promedio aritmético de los resultados del análisis químico de las muestras tomadas de la fuente de investigación; como en grifos de la red de distribución, para las épocas de verano e invierno y su comparación con la PROPUESTA DE NORMA CATIE; para posibles usos industriales.
- 11.12. CUADRO No. 16**  
Límite de sólidos en el agua para alimentación de calderas y comparación con valores promedio aritmético de los resultados obtenidos de las muestras tomadas de la fuente de investigación; como en grifos de la red de distribución, para las épocas de verano e invierno.
- 11.13. CUADRO No. 17**  
Clasificación según el Índice de Saturación de Langelier, usando los valores promedio aritmético de los resultados obtenidos de la fuente de investigación (tanque de captación y tanque de distribución); como en dos grifos de la red de distribución, para las épocas de verano e invierno.
- 11.14. CUADRO No. 18**  
Promedios aritméticos de los resultados en ( meq/L), porcentajes y porcentajes acumulativos de los principales aniones y cationes presentes en la fuente de investigación: tanque de captación y tanque de distribución, para las épocas de verano e invierno. Estos datos sirven para la elaboración de las figuras de Clasificación de Shchukarev, Diagramas de Collins y de los Diagramas Aritméticos: Figuras No.: 1, 2, 5, 6, 9, 10, y 13.

**11.15. CUADRO No. 19**

Promedios aritméticos de los resultados en (meq/L), porcentajes y porcentajes acumulativos de los principales aniones y cationes presentes en dos puntos de muestreo en la red de distribución: grifo No.1 y grifo No.2, para las épocas de verano e invierno. Estos datos sirven para la elaboración de las figuras de la clasificación de Shchukarev, Diagramas de Collins y de los Diagramas Aritméticos: Figuras No.: 3, 4, 7, 8, 11, 12, y 14.

**11.16. CUADRO No. 20**

Clasificación del agua según la clasificación de Shchukarev de la fuente de investigación: tanque de captación y tanque de distribución; como de dos puntos de muestreo de la red de distribución: grifo No.1 y grifo No. 2 para las épocas de verano e invierno.

## 12. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 12.1. Resultados de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos

En los cuadros No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, del anexo, se presentan los resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y bacteriológicos realizados a las muestras provenientes de la fuente de agua en investigación, Río Pacheco, en cuatro puntos de muestreo, tanque de captación, tanque de distribución y dos puntos en la red de distribución, a los que se les ha denominado grifos No.1 y No.2. La localización de estos sitios de muestreo se puede observar en los mapas No.3 y No.4. del anexo.

Los resultados de los análisis físicos y químicos se encuentran contenidos en los cuadros No.1 al No.6, y corresponden a todas las muestras tomadas en los puntos de muestreo. Estos resultados se trabajaron dividiendo el período en que se muestreo, según fuera época de verano o invierno, y para cada una de estas épocas se obtuvieron los promedios aritméticos de los resultados obtenidos. En los cuadros No.9 y No.10, se presentan los resultados obtenidos de los valores promedio para el análisis físico de los puntos de muestreo, y se les compara con norma COGUANOR NGO 29 001 que indica la calidad que debe tener el agua para consumo humano. Además, estos valores se encuentran representados gráficamente en las figuras No. 15, 16 y 17 del anexo. En los cuadros No.11 y No.12, se presentan los resultados obtenidos de los valores promedio para el análisis químico de los puntos de muestreo y se les compara con la norma COGUANOR NGO 29 001 que rige la calidad que debe tener el agua para consumo humano.

Los resultados obtenidos al realizar el examen bacteriológico a las muestras recolectadas se presentan en los cuadros No.7 y No.8; estos resultados se presentan según su fecha y sitio de muestreo; en el cuadro No.13, se presentan los resultados de estos análisis y su comparación con la norma COGUANOR NGO 29 001.

En el cuadro No.14, se presentan los resultados obtenidos de los valores promedio para el análisis físico de cada uno de los puntos de muestreo, en estos cuadros se comparan los resultados con la PROPUESTA DE NORMA CATIE, que es una norma de especificación de calidad de agua para la industria, propone valores límite con carácter de valor guía para determinados parámetros físicos y químicos, respecto a ocho tipos diferentes de industria. En el cuadro No.15, se presentan los resultados obtenidos de los valores promedio para el análisis químico de cada uno de los puntos de muestreo, y se comparan con la PROPUESTA DE

NORMA CATIE, indicando la calidad del agua para su utilización en la industria.

Los valores promedio de los resultados obtenidos para cada uno de los puntos de muestreo en lo que respecta a sólidos totales, alcalinidad total y sólidos suspendidos, se comparan en el cuadro No.16 con valores guía obtenidos para observar la calidad del agua para su uso en agua de alimentación de calderas. En el cuadro No.17, se presentan los valores promedio aritmético obtenidos de los resultados del cuadro No.6, para determinar la clasificación del agua de cada uno de los puntos de muestreo, según el Índice de Saturación de Langelier.

Los resultados del balance de los principales aniones y cationes contenidos en las muestras de agua que se analizaron, se trabajaron para obtener los valores promedio aritmético de los mismos, que se presentan en los cuadros No.18 y No.19; en estos cuadros también se calculan los porcentajes de cada ion según sea, catión o anión y los porcentajes acumulativos, y tomando el total de la suma de los iones. Estos valores son los que se aplican para obtener las figuras de la clasificación de Shchukarev, del diagrama de Collins y del diagrama Aritmético. En el cuadro No.20, se presenta la clasificación del agua de cada uno de los puntos de muestreo según la clasificación de Shchukarev.

## 12.2. Calidad del agua para consumo humano

El agua es tomada de una sola fuente de suministro, río Pacheco y es recolectada en un tanque de captación localizado a 6 Km de la población de Nuevo San Carlos (observar mapa No.3 anexo).

Los cuadros No. 9, 10, 11 y 12 muestran la comparación de los resultados obtenidos de los análisis del agua de esta fuente, en cuatro puntos de muestreo con la norma COGUANOR NGO 29 001. Esta norma presenta los valores de las características del agua, correspondientes al límite máximo aceptable (LMA) y al límite máximo permisible (LMP), que debe presentar el agua al ser utilizada para consumo humano.

En el cuadro No.9, se pueden observar los valores de los parámetros físicos de dos puntos de muestreo, tanque de captación y tanque de distribución, donde en la época de verano los parámetros de: pH, temperatura, turbiedad y sólidos totales, cumplen la norma dentro de los LMA, no así el parámetro color que se encuentra en la norma en los LMP; en época de invierno, los parámetros de: temperatura, y sólidos

totales cumplen la norma en los LMA, no así los parámetros, color, pH y turbiedad que se encuentran en la norma en los LMP. Es de hacer notar que si bien el límite máximo permisible (LMP) indica que el agua no implica un daño para la salud del consumidor, es mejor si los parámetros evaluados se encuentran debajo del límite máximo aceptable (LMA), por razones organolépticas.

En lo que respecta a los puntos de muestreo en la red de distribución de agua, cuadro No.10, se observa que los valores de los parámetros no muestran una variación altamente significativa comparados con los del tanque de captación y distribución exceptuando en el grifo No.1, en época de invierno, donde el color (74 UC) rebasa el valor de la norma del límite máximo permisible (50 UC), e indica que en la red de distribución se dan condiciones que empeoran la calidad del agua. El comportamiento más significativo de variación entre las épocas de verano e invierno de los parámetros evaluados es el pH, el cual es mayor en verano y está en los LMA y menor en invierno, y está en los LMP.

En el cuadro No.11, se observan los valores de los parámetros químicos del agua, todos los parámetros cumplen con la norma, dentro de los límites LMA, exceptuando el hierro total, que se encuentra en los LMP, tanto en época de verano como invierno. En los puntos de muestreo en la red de distribución, cuadro No.12, el hierro total sólo supera los LMA en época de invierno; el hierro total es importante mantenerlo debajo de los LMA dadas sus características perjudiciales. Además, se aprecia la disminución de bicarbonatos y dureza total de la época de verano a invierno, y están siempre en la norma en los LMA.

Los resultados de el examen bacteriológico se muestran en el cuadro No.13; este cuadro muestra el número de coliformes totales y el número de coliformes fecales, expresados en NMP/100 cm<sup>3</sup>; comparando estos valores con la norma COGUANOR NGO 29 001, que en ambos casos es de un NMP/100 cm<sup>3</sup>, menor de tres, que es lo que se acepta para catalogar el agua como potable o de consumo humano, todos los resultados de las muestras recolectadas no cumplen la norma, por lo que se concluye que el agua que se toma de la fuente río 'Pacheco', no es adecuada para consumo humano y es un riesgo para la salud del consumidor.

### **12.3. Calidad del agua para su uso en procesos de la industria**

Los tipos de industria que se comparan con la PROPUESTA DE NORMA CATIE son: industria de alimentos, de bebidas carbonatadas, de destilerías y cervecerías, de jabón y detergentes, de cemento, de

papel, tenerías y textiles. Para los parámetros físicos que se comparan con la PROPUESTA DE NORMA CATIE, se toman en cuenta los cuatro puntos de muestreo en las épocas de verano e invierno, y se obtienen los siguientes resultados: la turbiedad no cumple con la propuesta para las industrias de bebidas carbonatadas, jabón y detergentes para el punto de muestreo grifo No.1 y tanque de captación en la época de verano; en invierno ninguno de los puntos de muestreo cumplen la norma para las anteriores industrias y abarca a todas las industrias el grifo No.1; el color no cumple con la propuesta para la industria de: alimentos, jabón y detergentes y textiles en todos los puntos de muestreo en época de verano; en invierno sólo se cumple la norma para la industria de calderas y tenerías. Respecto al pH, se cumple con la propuesta para todas las industrias exceptuándose la de agua de alimentación para calderas. Para el parámetro de sólidos totales, en las dos épocas en los cuatro puntos de muestreo, se cumple con la propuesta. Por último para sólidos en suspensión, el agua sólo es apta para la industria del cemento en las dos épocas del año; en verano en el punto de muestreo, tanque de distribución, el agua es apta para todas las industrias.

En lo que respecta a los parámetros químicos, se tiene que para dureza total el agua es aceptable en todos los puntos de muestreo en las dos épocas del año, excepto para la industria de textiles. Respecto al hierro total, el agua no cumple con la propuesta en época de invierno para las industrias en general, excepto bebidas carbonatadas, cemento, papel, tenerías y textiles, y en verano solo en los puntos de muestreo de tanque de captación y grifo No.1 no puede emplearse para destilerías y cervecerías, jabón y detergentes. Para los restantes parámetros magnesio, cloruros, calcio, bicarbonatos, sulfatos, la fuente de estudio cumple con la propuesta para todas las industrias en las dos épocas del año (verano e invierno). Respecto a otras características, en los diferentes puntos de muestreo, los valores promedio aritmético obtenidos no cumplen con ninguno de los requisitos para todas las industrias.

#### **12.4. Calidad del agua para su uso en calderas**

En el cuadro No.16, se encuentran comparados los parámetros característicos de la fuente de agua en estudio, en cuatro puntos de muestreo, con los valores de calidad que debe de tener un agua al ser usada como alimentación para calderas. La calidad del agua que se va a usar depende en sus características, de la presión de operación de la caldera; en Guatemala, la mayoría de calderas que se utilizan son de mediana y baja presión de operación.



En lo que respecta al agua captada de la fuente en estudio, es adecuada en los parámetros de sólidos totales, alcalinidad total y sólidos suspendidos para su uso en calderas que operan dentro del rango de 0 a 1500 PSI tanto en época de verano como de invierno, se exceptúan las muestras que se tomaron en el grifo No.1, que en época de invierno es aceptable para calderas que operan entre 0 a 1000 PSI.

La importancia de los sólidos totales y de los sólidos en suspensión radica en que en éstos se basa la calidad del vapor que genere la caldera, para que no haya contaminación, evitar incrustaciones, minimizar las purgas, disminuir los depósitos de lodos; de esta forma los costos de operación se mantienen bajos y la calidad del proceso de mantiene a un nivel elevado.

Respecto al pH analizado en el cuadro No.15, se aprecia que el valor de este parámetro en los cuatro puntos de muestreo es bajo, por lo que el agua necesitaría ser tratada para proteger la caldera de corrosión, ya que el agua que es ácida corroe el metal (esto ocurre principalmente en época de invierno) e implica que es un agua de baja alcalinidad total. En lo que respecta a la dureza total, el agua suministrada posee valores aceptables y dentro del rango establecido; aunque para agua de alimentación de calderas éste es un parámetro que debe ser llevado a cero preferiblemente.

El agua que se introduce a una caldera puede ser tratada químicamente para tener todos los parámetros de forma que la operación de la caldera sea funcional; este tratamiento al agua se realiza en el tanque de alimentación de la caldera o dentro de la caldera misma. El flujo de la línea de vapor deberá retornar el condensado a la caldera, y evitar de esta forma tener mayores gastos de operación, al tener que tratar el agua de caldera nuevamente, ya que el retorno de condensado ya ha sido tratado químicamente.

En la industria de Guatemala, la energía que se genera a través de calderas es un alto porcentaje, por lo que la cantidad de agua que se utiliza, en esta operación, es también bastante; es por esto que es de gran importancia conocer los parámetros del agua de la fuente que se estudió en este trabajo, para apreciar si cumple con los requisitos para ser utilizada como agua para alimentación de calderas.

## 12.5. Resultados del índice de saturación de Langelier

En el cuadro No.17, se presentan los resultados obtenidos para el Índice de Saturación de Langelier para los cuatro puntos de muestreo. Como se aprecia, para los cuatro puntos de muestreo de agua; en época de invierno, el agua posee la calidad de corrosiva, mientras que para época de verano posee la calidad de moderadamente corrosiva, exceptuando la muestreada en el tanque de captación que posee la calidad de corrosiva. Una característica de estos resultados es que todos son negativos, lo que significa que el pH es menor que el pH de saturación, por lo que el equilibrio se halla desbalanceado y ocurrirá corrosión si el agua toca metal descubierto.

Al poseer el agua características corrosivas, y utilizarla en procesos de la industria o como agua de alimentación de calderas, deberá ser acondicionada según las necesidades de cada industria en particular. Respecto a su uso en calderas, ésta producirá corrosión si no es tratada, y puede dañar la bomba de alimentación de agua a la caldera, los tubos o el cuerpo de la caldera, así como la calidad del vapor obtenido será de baja calidad.

## 12.6. Clasificación del agua.

### 12.6.1. Clasificación de Shchukarev

En el cuadro No.20 del anexo, se encuentra la clasificación de las aguas de cada uno de los puntos de muestreo, para las dos épocas del año, verano e invierno, según la clasificación de Shchukarev. En este orden, se clasifican las aguas según, los iones que superen el 25% del total de aniones o cationes, y se denominan las aguas según estos cationes o aniones.

Para los puntos de muestreo, las aguas analizadas se consideran respecto a los aniones, en época de verano como aguas bicarbonatadas y para época de invierno aguas bicarbonatadas cloruradas; respecto a los cationes en las dos épocas verano e invierno el agua no sufre ninguna alteración en su composición y se cataloga como aguas calcio-magnésicas. En las figuras No.1 a No.8 del anexo, se representa esta clasificación gráficamente.

### **12.6.2. Diagrama de Collins**

Estos diagramas muestran la composición química del agua de los puntos de muestreo; para esto se puede observar las figuras No.13 y No.14 la representación gráfica de esta composición, y se aprecia que al relacionar las dos épocas, verano e invierno; en época de verano el agua posee una mayor cantidad de aniones, cationes y dureza total respecto a la época de invierno, en los cuatro puntos de muestreo.

### **12.6.3. Diagrama Aritmético**

Este diagrama presenta, para el agua en estudio, una gráfica lineal cuya forma es característica de la composición química de la misma. Se realiza a través de graficar los porcentajes acumulados de los iones principales en que se encuentran en el agua. En las figuras No.9 a No.12 del anexo, se observan estas representaciones gráficas de la composición química del agua en los cuatro puntos de muestreo; se observa que el agua para cada uno de ellos, varía considerablemente en su composición porcentual a través de las épocas de verano e invierno, ante todo respecto a los aniones, pero manteniendo en la mayoría de los cationes su misma composición. Una pendiente pronunciada en estas gráficas indica una alta concentración del ion que represente ese segmento de la gráfica, en este caso, como ocurre con los iones bicarbonato, cloruro, calcio y magnesio.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en los análisis físicos, químicos y del examen bacteriológico efectuados en este trabajo, y con base en las especificaciones que establece la norma COGUANOR NGO 29 001, para el agua potable, se concluye lo siguiente:

1. El agua que distribuye la municipalidad de Nuevo San Carlos, proveniente de la fuente río Pacheco, dentro de los parámetros físicos, únicamente el color no cumple con la Norma COGUANOR NGO 29 001, y no puede catalogarse como potable.
2. El agua que distribuye la municipalidad de Nuevo San Carlos, proveniente de la fuente río Pacheco, cumple para todos los parámetros químicos con la norma COGUANOR NGO 29 001.
3. El agua que distribuye la municipalidad de Nuevo San Carlos, proveniente de la fuente río Pacheco, no cumple, para los requisitos bacteriológicos con la norma COGUANOR NGO 29 001, por lo que se cataloga como agua no potable y representa un riesgo para la salud de los consumidores.

De los resultados obtenidos en los análisis físicos, químicos y del examen bacteriológico efectuados en este estudio, en base a las especificaciones que establece la PROPUESTA DE NORMA CATIE, para uso de las siguientes industrias: de alimentos, de bebidas carbonatadas, destilerías y cervecerías, de jabón y detergentes, de cemento, de papel, tenerías y textiles, se concluye lo siguiente:

4. El agua que distribuye la municipalidad de Nuevo San Carlos, proveniente de la fuente río Pacheco, cumple con la PROPUESTA DE NORMA CATIE, para el parámetro físico de: sólidos totales, no cumple con los siguientes parámetros: turbiedad, para todas las industrias excepto la de papel; color, para todas las industrias, excepto calderas y tenerías; sólidos en suspensión, para todas las industrias, excepto la de papel. Se requiere de acondicionamiento para ser utilizada en los procesos que envuelve cada industria.
5. El agua que distribuye la municipalidad de Nuevo San Carlos, proveniente de la fuente río Pacheco, cumple con la PROPUESTA DE NORMA CATIE, para los parámetros químicos de: sulfatos,

- bicarbonatos, calcio, cloruros, magnesio y alcalinidad total. No cumplen la norma: dureza total, en industria de textiles, y hierro total en todas.
6. El agua que distribuye la municipalidad de Nuevo San Carlos, proveniente de la fuente río Pacheco, si se adecua para ser utilizada en los procesos industriales de cemento, textiles, tenerías y del papel, para lo cual requiere de tratamiento, que depende del tipo de proceso.
  7. El agua que distribuye la municipalidad de Nuevo San Carlos, proveniente del río Pacheco, bacteriológicamente no cumple con la PROPUESTA DE NORMA CATIE, por lo que no debe utilizarse en los procesos de las industrias de alimentos, bebidas carbonatadas, y de destilerías y cervecerías, sin someterse previamente a un proceso de desinfección.
  8. El agua proveniente de la fuente río Pacheco es adecuada para ser usada como agua de alimentación de calderas, para calderas que trabajen en un rango de operación de 0 a 1000 PSI. Para los parámetros de pH y alcalinidad total, estas aguas necesitan ser tratadas, previo su uso, al ser estas aguas de bajo pH y alcalinidad total.
  9. El agua proveniente de la fuente río Pacheco tiene resultados del Índice de Saturación de Langelier, negativos, que indica que es una fuente de agua corrosiva.
  10. Basados en la clasificación de Shchukarev, el agua proveniente de la fuente río Pacheco, se clasifica según los aniones como aguas bicarbonatadas cloruradas, y según los cationes como aguas calcio-magnésicas.

## RECOMENDACIONES

1. Los exámenes bacteriológicos realizados al agua que es suministrada por la municipalidad de Nuevo San Carlos, muestran que no es bacteriológicamente potable, por lo que se recomienda que se implemente un sistema de desinfección en la red de distribución para no poner en riesgo la salud de los consumidores.
2. Para tener un control de la calidad sanitaria del agua distribuida, se recomienda que se implemente un programa permanente de investigaciones sanitarias en la fuente de captación, como en toda la red de distribución.
3. Se recomienda realizar un tratamiento de desinfección simple de emergencia del tanque de captación, utilizando soluciones comerciales (tipo doméstico), de hipoclorito de sodio al 5.5 % de cloro activo, como medida inmediata a corto plazo, para evitar el riesgo de cólera en las actuales circunstancias.
4. Se recomienda que de acuerdo con la PROPUESTA DE NORMA CATIE, y con los resultados del Índice de Langelier, que cada industria que desee utilizar el agua investigada realice un acondicionamiento del agua que requiere para sus procesos.
5. Se recomienda realizar estudios de prefactibilidad de una planta de tratamiento para potabilización del agua, para mejorar las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del agua.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ABREU, Alba Tabarini de. Notas del Curso de Microbiología Sanitaria. ERIS. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1991.
2. BOY PIEDRASANTA, José Alberto. Determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para evaluar la calidad del agua para consumo humano y su uso industrial en la ciudad de Amatitlán. (Tesis de: Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería, USAC, Guatemala 1989).
3. CATALAN LA FUENTE, José G. Química del Agua. Madrid, España: Editorial Blume, 1969.
4. McCABE, Warren, et.al. Operaciones Básicas de Ingeniería Química. 6ta. edición. España: Editorial Reverte, 1980.
5. ORDOÑEZ COMPARINI, Mario Roberto. Determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para evaluar la calidad del agua en el municipio de Palin, para consumo humano y su uso en los procesos de la industria de esta área. (Tesis: Ingeniero Químico, Facultad de Ingeniería, USAC, Guatemala, 1992).
6. PELCZAR, Michael, et.al. Microbiología. Traductor Antonio Capella y Dr. Jorge Tay. 2da. edición en español. México: Editorial McGraw-Hill, 1982.
7. POWELL, Sheppard. Acondicionamiento de Aguas para la Industria. Trad. Salvador Ayanegui. México: s.p.i. 1966
8. SEVERENS, W.H. et.al. La Producción de Energía Mediante el Vapor de Agua, el Aire y los Gases. España: Editorial Reverte, 1975.
9. UNDA OPAZO, Francisco. Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública. México: s.p.i. 1969.

10. Agua su Calidad y Tratamiento. American Works Association. Trad. Jack M. Verrey. México: Editorial UTEHA., 1968.
11. Especificaciones para Agua Potable. NORMA COGUANOR NGO 29 001. Guatemala: s.p.i. 1984.
12. Estadísticas del Departamento de Retalhuleu. Censo General 1981. Estudios INE. Retalhuleu, Guatemala: s.p.i. 1993.
13. Manual de Aguas para Usos Industriales. A.S.T.M. Traductor Hortencia Corona. 3ra. edición. México: Editorial Limusa S.A., 1976.
14. Manual de Mantenimiento Industrial. México: Editorial McGraw-Hill, 1988.
15. Mejoramiento de la Eficiencia de Operación de Calderas de Vapor. Edición Preliminar. Guatemala: s.p.i. 1981.
16. Memorias del Seminario Taller de Normas de Calidad de Agua. Volumen V. Panamá 1986.
17. Normas para Agua Potable, OMS-OPS. Ginebra Suiza.
18. Procedimientos Simplificados para el Examen de Aguas OPS-OMS-AWWA. Manual de Laboratorio. U.S.A. 1978.
19. Standar Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWa, WPCF. 16th. edición. U.S.A.: American Public Health Association, 1985.
20. Taller de Calidad del Agua No. 2. Curso de Ingeniería Sanitaria II. Facultad de Ingeniería, ERIS. USAC. Guatemala, 1990.
21. Tópicos Sobre Usos Industriales del Agua. ERIS-OPS-OMS. Seminario, Guatemala 1979.
22. Tópicos Sobre la Calidad de las Aguas Superficiales y Subterráneas. Seminario. Guatemala, 1978.



**ANEXO**

**ANÁLISIS FÍSICO DEL AGUA**  
Cuadro No. 2.

Expresado en mg/L

Informe No.	Fecha Día/Mes/Año	Lugar Toma de Muestra	Sólidos Disueltos	Sólidos Totales	Sólidos Volátiles	Sólidos Fijos	Sólidos en Suspensión
17552	10/24/95	Tanque de Captación	72.00	97.00	41.00	56.00	3.00
17578	11/15/95		75.00	96.00	42.00	54.00	5.00
17657	2/25/96		83.00	107.00	38.00	69.00	5.00
17677	3/10/96		83.00	111.00	39.00	72.00	6.00
17551	10/24/95	Tanque de Distribución	72.00	158.00	87.00	71.00	4.00
17579	11/15/95		72.00	110.00	42.00	68.00	22.00
17658	2/25/96		83.00	102.00	35.00	67.00	3.00
17678	3/10/96		83.00	105.00	36.00	69.00	3.00
17550	10/24/95	Grifo No. 1.	72.00	114.00	41.00	73.00	3.00
17580	11/15/95		72.00	146.00	67.00	79.00	61.00
17659	2/25/96		83.00	110.00	37.00	73.00	4.00
17675	3/10/96		83.00	116.00	32.00	84.00	6.00
17553	10/24/95	Grifo No. 2.	75.00	93.00	49.00	44.00	3.00
17581	11/15/95		72.00	104.00	38.00	66.00	19.00
17660	2/25/96		83.00	104.00	34.00	70.00	3.00
17676	3/10/96		83.00	109.00	30.00	79.00	3.00

ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA  
Cuadro No. 3.

Expresado en mg/L

Informe No.	Fecha Día/Mes/Año	Lugar Toma de Muestra	Nitrógeno Orgánico	Amoníaco NH <sub>3</sub>	Nitritos NO <sub>2</sub>	Nitratos NO <sub>3</sub>	Cloruros Cl
17552	10/24/95	Tanque de Captación	0.036	0.017	0.0033	14.00	15.00
17578	11/15/95		0.022	0.01	0.00	17.60	8.50
17657	2/25/96		0.047	0.018	0.0066	18.48	7.00
17677	3/10/96		0.037	0.014	0.0033	23.76	7.00
17551	10/24/95	Tanque de Distribución	0.026	0.011	0.00	15.20	15.00
17579	11/15/95		0.03	0.012	0.00	24.20	8.50
17658	2/25/96		0.023	0.01	0.00	18.48	8.50
17678	3/10/96		0.022	0.01	0.00	22.44	7.00
17550	10/24/95	Grifo No. 1.	0.021	0.01	0.00	15.16	14.00
17580	11/15/95		0.033	0.012	0.00	23.00	7.00
17659	2/25/96		0.026	0.011	0.00	18.48	8.00
17675	3/10/96		0.032	0.012	0.00	20.24	7.50
17553	10/24/95	Grifo No. 2.	0.048	0.02	0.0066	2.20	14.00
17581	11/15/95		0.031	0.012	0.00	23.00	9.00
17660	2/25/96		0.021	0.01	0.00	18.48	7.50
17676	3/10/96		0.021	0.01	0.00	21.12	7.50

## ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

Cuadro No. 4.

Expresado en mg/L

Informe No.	Fecha Día/Mes/Año	Lugar Toma de Muestra	Fluoruros	Sulfatos	Hierro Total	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio
17552	10/24/95	Tanque de Captación	0.08	2.00	0.05	11.22	4.86	4.90	1.10
17578	11/15/95		0.16	3.00	0.34	10.42	4.86	5.40	1.20
17657	2/25/96		0.09	2.00	0.15	12.02	7.79	6.80	1.50
17677	3/10/96		0.17	2.00	0.28	13.63	5.35	6.90	1.30
17551	10/24/95	Tanque de Distribución	0.12	1.00	0.07	11.22	7.79	5.00	1.20
17579	11/15/95		0.05	5.00	0.69	11.22	5.35	5.10	1.40
17658	2/25/96		0.07	2.00	0.08	12.82	8.28	6.80	1.40
17678	3/10/96		0.17	3.00	0.06	13.63	5.84	7.00	1.30
17550	10/24/95	Grifo No. 1.	0.16	1.00	0.07	10.42	6.82	4.90	1.10
17580	11/15/95		0.05	7.00	0.33	11.22	5.35	5.00	1.30
17659	2/25/96		0.07	2.00	0.14	12.02	1.79	6.80	1.40
17675	3/10/96		0.10	2.00	0.32	14.42	5.84	6.90	1.20
17553	10/24/95	Grifo No. 2.	0.08	1.00	0.04	12.02	3.89	5.20	1.10
17581	11/15/95		0.04	4.00	0.60	12.02	5.84	5.10	1.30
17660	2/25/96		0.08	2.00	0.07	12.02	7.30	6.80	1.40
17676	3/10/96		0.15	2.00	0.06	13.68	5.84	6.90	1.30

**ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA**  
Cuadro No. 5.

Expresado en mg/L

Informe No.	Fecha Día/Mes/Año	Lugar Toma de Muestra	Hidróxidos	Carbonatos	Bi-Carbonatos	Alcalinidad Total	Dureza Total	Dureza Carbén	Dureza No Carbén
17552	10/24/95	Tanque de Captación	0.00	0.00	30.00	30.00	48.00	30.00	18.00
17578	11/15/95		0.00	0.00	36.00	36.00	46.00	36.00	10.00
17657	2/25/96		0.00	0.00	56.00	56.00	62.00	56.00	6.00
17677	3/10/96		0.00	0.00	60.00	60.00	56.00	56.00	0.00
17551	10/24/95	Tanque de Distribución	0.00	0.00	34.00	34.00	60.00	34.00	26.00
17579	11/15/95		0.00	0.00	40.00	40.00	50.00	40.00	10.00
17658	2/25/96		0.00	0.00	50.00	50.00	66.00	50.00	16.00
17678	3/10/96		0.00	0.00	60.00	60.00	58.00	58.00	0.00
17550	10/24/95	Grifo No. 1.	0.00	0.00	32.00	32.00	54.00	32.00	22.00
17580	11/15/95		0.00	0.00	38.00	38.00	50.00	38.00	12.00
17659	2/25/96		0.00	0.00	56.00	56.00	62.00	56.00	6.00
17675	3/10/96		0.00	0.00	60.00	60.00	60.00	60.00	0.00
17553	10/24/95	Grifo No. 2.	0.00	0.00	34.00	34.00	46.00	34.00	12.00
17581	11/15/95		0.00	0.00	54.00	54.00	54.00	54.00	0.00
17660	2/25/96		0.00	0.00	56.00	56.00	60.00	56.00	4.00
17676	3/10/96		0.00	0.00	60.00	60.00	58.00	58.00	0.00

ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA  
Cuadro No. 6.

Índice de Langelier

Informe No.	Fecha Día/Mes/Año	Lugar Toma de Muestra	pH	pHs	Índice de Saturación	Interpretación
17552	10/24/95	Tanque de Captación	7.30	8.88	-1.58	Corrosiva
17578	11/15/95		6.30	8.82	-2.52	Corrosiva
17657	2/25/96		7.60	8.50	-1.00	Corrosiva
17677	3/10/96		7.60	8.34	-0.74	Mod. Corrosiva
17551	10/24/95	Tanque de Distribución	7.40	8.77	-1.37	Corrosiva
17579	11/15/95		6.40	8.69	-2.29	Corrosiva
17658	2/25/96		7.60	8.56	-0.96	Corrosiva
17678	3/10/96		7.70	8.34	-0.64	Mod. Corrosiva
17550	10/24/95	Grifo No. 1.	7.40	8.81	-1.41	Corrosiva
17580	11/15/95		6.30	8.72	-2.42	Corrosiva
17659	2/25/96		7.70	8.50	-0.80	Mod. Corrosiva
17675	3/10/96		7.70	8.40	-0.70	Mod. Corrosiva
17553	10/24/95	Grifo No. 2.	7.40	8.66	-1.26	Corrosiva
17581	11/15/95		6.40	8.84	-2.44	Corrosiva
17660	2/25/96		7.70	8.50	-0.80	Mod. Corrosiva
17676	3/10/96		7.70	8.44	-0.74	Mod. Corrosiva

**Nomenclatura:**

- pH: Potencial de hidrógeno
- pHs: Potencial de hidrógeno de saturación
- Mod. Corrosiva: Moderadamente corrosiva

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA  
Cuadro No. 7.

Informe No.	Fecha Dia/Mes/Año	Lugar Toma de Muestra	Prueba Presuntiva			Prueba Confirmativa Total			Prueba Confirmativa Fecal			Total NPM 35 °C	Fecal NPM 44.5 °C
			10 cm3	1 cm3	0.1 cm3	10 cm3	1 cm3	0.1 cm3	10 cm3	1 cm3	0.1 cm3		
128535	10/24/95	Tanque de Captación	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
128987	11/15/95		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
130686	2/25/96		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
130972	3/10/96		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
1285434	10/24/95	Tanque de Distribución	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
128988	11/15/95		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
130688	2/25/96		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	---	240	240
130971	3/10/96		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	---	>2400	93
128533	10/24/95	Grifo No. 1.	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
128989	11/15/95		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
130687	2/25/96		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
130969	3/10/96		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
128536	10/24/95	Grifo No. 2.	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
128990	11/15/95		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400
130689	2/25/96		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	---	240	240
130970	3/10/96		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	---	>2400	93

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA**  
Cuadro No. 8.

Informe No.	Fecha Día/Mes/Año	Lugar Toma de Muestra	Número de Colonias Desarrolladas						No. Bacterias/cm <sup>3</sup>
			35 °C 1 cm <sup>3</sup>	35 °C 0.1 cm <sup>3</sup>	35 °C 0.01 cm <sup>3</sup>	20 °C 1 cm <sup>3</sup>	20 °C 0.1 cm <sup>3</sup>	20 °C 0.01 cm <sup>3</sup>	
17552	10/24/95	Tanque de Captación							
17578	11/15/95								
17657	2/25/96								
17677	3/10/96								
17551	10/24/95	Tanque de Distribución							
17579	11/15/95								
17658	2/25/96								
17678	3/10/96		225	90	40	130	50	16	1230
17550	10/24/95	Grifo No. 1.							
17580	11/15/95								
17659	2/25/96								
17675	3/10/96								
17553	10/24/95	Grifo No. 2.							
17581	11/15/95								
17660	2/25/96								
17676	3/10/96								

**Nomenclatura**

t innumerables



ANÁLISIS FÍSICO DEL AGUA  
Cuadro No. 9.

Valores promedio para las épocas de verano e invierno. Comparación con  
norma COGUANOR NGO 29 001

Parámetro	Norma Coguapor NGO 29 001		Tanque de Captación				Tanque de Distribución					
	LMA	LMP	Verano	Observación	Invierno	Observación	Verano	Observación	Invierno	Observación		
	Color (UC)	5	50	1250	LMP	950	LMP	LMP	750	LMP	3850	LMP
Olor	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
pH	7.0 - 8.5	6.5 - 9.2	7.55	LMA	6.80	LMP	LMA	7.65	LMA	6.90	LMA	LMP
Temperatura (°C)	18.0-30.0	No > 34.0	25.50	LMA	25.50	LMA	LMA	26.50	LMA	28.00	LMA	LMA
Sabor	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Turbiedad (UTN)	5	25	225	LMA	2.50	LMA	LMA	1.70	LMA	3.00	LMA	LMP
Sólidos Totales mg/L	500	1500	109.00	LMA	96.50	LMA	LMA	103.50	LMA	134.00	LMA	LMA
Sólidos Volátiles mg/L	---	---	36.50	---	41.50	---	---	35.50	---	64.50	---	---
Sólidos Fijos mg/L	---	---	70.50	---	55.00	---	---	68.00	---	69.50	---	---
Sólidos Suspendidos mg/L	---	---	5.50	---	4.00	---	---	3.00	---	13.00	---	---

Nomenclatura

- NR: no rechazable
- LMA: límite máximo aceptable
- LMP: límite máximo permisible

**ANÁLISIS FÍSICO DEL AGUA**  
Cuadro No. 10.

Valores promedio para las épocas de verano e invierno. Comparación con  
norma COGUANOR NGO 29 001

Parámetro	Norma Coguapor NGO 29 001		Grifo No. 1.			Grifo No. 2.				
	LMA	LMP	Verano	Observación	Invierno	Observación	Verano	Observación	Invierno	Observación
Color (UC)	5	50	15.00	LMP	74.00	LMP	6.50	LMP	26.50	LMP
Olor	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
pH	7.0 - 8.5	6.5 - 9.2	7.70	LMA	6.85	LMP	7.70	LMA	6.90	LMP
Temperatura (°C)	18.0-30.0	No > 34.0	28.00	LMA	29.00	LMA	27.00	LMA	27.50	LMA
Sabor	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Turbiedad (UTN)	5	25	2.70	LMA	23.00	LMP	1.55	LMA	6.00	LMP
Sólidos Totales mg/L	500	1500	113.00	LMA	130.00	LMA	106.50	LMA	98.50	LMA
Sólidos Volátiles mg/L	---	---	34.50	---	34.00	---	32.00	---	43.50	---
Sólidos Fijos mg/L	---	---	78.50	---	76.00	---	74.50	---	55.00	---
Sólidos Suspensivos mg/L	---	---	5.00	---	32.00	---	6.00	---	11.00	---

**Nomenclatura**

- NR: no rechazable
- LMA: límite máximo aceptable
- LMP: límite máximo permisible

**ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA**  
**Cuadro No. II.**

Valores promedio para las épocas de verano e invierno. Comparación con  
norma COGUANOR NGO 29 001.

Parámetro	Norma Coguapor NGO 29 001		Tanque de Captación			Tanque de Distribución				
	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)	Verano	Observación	Invierno	Observación	Verano	Observación	Invierno	Observación
Nitrógeno Orgánico	---	---	0.042	---	0.029	---	0.023	---	0.028	---
Amoníaco	---	---	0.016	---	0.014	---	0.01	---	0.012	---
Nitritos	---	0.01	0.005	LMP	0.002	LMP	0	LMP	0	LMP
Nitratos	---	45.00	21.12	LMP	15.8	LMP	20.46	LMP	19.7	LMP
Cloruros	200.00	600.00	7	LMA	11.75	LMA	7.75	LMA	11.75	LMA
Fluoruros	(--)	1.70	0.13	LMP	0.12	LMP	0.12	LMP	0.085	LMP
Sulfatos	200.00	400.00	2	LMA	2.5	LMA	2.5	LMA	3	LMA
Hierro Total	0.10	1.00	0.215	LMP	0.195	LMP	0.07	LMA	0.38	LMP
Cálculo	75.00	200.00	12.83	LMA	10.82	LMA	13.23	LMA	11.22	LMA
Magnesio	50.00	150.00	6.57	LMA	4.86	LMA	7.06	LMA	6.57	LMA
Sodio	---	---	6.85	---	5.15	---	6.9	---	5.05	---
Potasio	---	---	1.4	---	1.15	---	1.35	---	1.3	---
Hidróxidos	---	---	0	---	0	---	0	---	0	---
Carbonatos	---	---	0	---	0	---	0	---	0	---
Bicarbonatos	---	---	58	---	33	---	55	---	37	---
Alcalinidad Total	---	---	58	---	33	---	55	---	37	---
Dureza Total	100.00	500.00	59	LMA	47	LMA	62	LMA	55	LMA
Dureza de Carbón	---	---	56	---	33	---	54	---	37	---
Dureza de No Carbón	---	---	3	---	14	---	8	---	18	---

**Nomenclatura**

LMA: límite máximo aceptable  
LMP: límite máximo permisible

**ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA**  
Cuadro No. 12.

Valores promedio para las épocas de verano e invierno. Comparación con Norma COGUANOR N° 29 001.

Parámetro	Norma Coguapor N° 29 001		Grifo No. 1.			Grifo No. 2.				
	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)	Verano	Observación	Invierno	Observación	Verano	Observación	Invierno	Observación
Nitrógeno Orgánico	---	---	0.029	---	0.027	---	0.021	---	0.04	---
Amoníaco	---	---	0.012	---	0.011	---	0.01	---	0.016	---
Nitritos	---	0.01	0	LMP	0	LMP	0	LMP	0.004	LMP
Nitratos	---	45.00	19.36	LMP	19.075	LMP	19.2	LMP	12.6	LMP
Cloruros	200.00	600.00	7.75	LMA	10.5	LMA	7.5	LMA	11.5	LMA
Fosforos	---	1.70	0.85	LMP	0.105	LMP	0.115	LMP	0.06	LMP
Sulfatos	200.00	400.00	2	LMA	4	LMA	2	LMA	2.5	LMA
Hierro Total	0.10	1.00	0.23	LMA	0.2	LMP	0.065	LMA	0.32	LMP
Calcio	75.00	200.00	13.22	LMA	10.82	LMA	12.85	LMA	12.02	LMA
Magnesio	50.00	150.00	3.815	LMA	6.085	LMA	6.57	LMA	4.865	LMA
Sodio	---	---	6.85	---	4.95	---	6.85	---	5.15	---
Potasio	---	---	1.3	---	1.2	---	1.35	---	1.2	---
Hidróxidos	---	---	0	---	0	---	0	---	0	---
Carbonatos	---	---	0	---	0	---	0	---	0	---
Bicarbonatos	---	---	5.8	---	3.5	---	5.8	---	4.4	---
Alcalinidad Total	---	---	5.8	---	3.5	---	5.8	---	4.4	---
Dureza Total	100.00	500.00	61	LMA	52	LMA	59	LMA	50	LMA
Dureza de Carbono	---	---	5.8	---	3.5	---	5.7	---	4.4	---
Dureza de No Carbono	---	---	3	---	1.7	---	2	---	6	---

**Nomenclatura**

LMA: límite máximo aceptable

LMP: límite máximo permisible

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DEL AGUA**  
**Comparación con Norma Caguayan N° 29 001**  
**Cuadro No. 13.**

Informe No.	Fecha Día/Mes/Año	Prueba Presuntiva		Prueba Confirmativa Total		Prueba Confirmativa Fecal			Total NPM 35 °C	Fecal NPM 44.5 °C	N. Caguayan N° 29 001	Observación
		10 cm <sup>3</sup>	1 cm <sup>3</sup>	10 cm <sup>3</sup>	0.1 cm <sup>3</sup>	10 cm <sup>3</sup>	1 cm <sup>3</sup>	0.1 cm <sup>3</sup>				
1612	11/2/95	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1612	11/11/95	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1612	2/25/96	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1612	3/10/96	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1613	11/2/95	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1613	11/11/95	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1613	2/25/96	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	240	<3	No Potable
1613	3/10/96	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	93	<3	No Potable
1614	11/2/95	Clara	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1614	11/11/95	Clara	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1614	2/25/96	Clara	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1614	3/10/96	Clara	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1615	11/2/95	Clara	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1615	11/11/95	Clara	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	>2400	<3	No Potable
1615	2/25/96	Clara	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	240	<3	No Potable
1615	3/10/96	Clara	+++	+++	+++	+++	+++	+++	>2400	93	<3	No Potable

COMPARACIÓN ANÁLISIS FÍSICOS CON  
PROPUESTAS DE NORMA-CATE

Cuadro No. 14.

Parámetros físicos para estimar posibles usos del  
agua en la industria. Valores promedio de las muestras.

Industrias	Turbiedad (UTN)	Color (U)	pH (grados)	Sólidos Totales (mg/L)	Sólidos Suspensión (mg/L)
Valores Guías Propuesta de NORMA-CATE					
Alimentos en general	10	5	6.5 - 8.5	500	10
Bebidas carbonatadas	2	10	---	850	-----
Calderas	1 - 20	2 - 80	8.0 - 9.6	500 - 2500	-----
Destilerías y cervecerías	10	---	6.5 - 7.0	500	-----
Jabón y detergentes	2	2	6.5 - 8.5	270 - 300	-----
Cemento	---	---	6.5 - 8.5	600	500
Papel	5 - 50	5 - 30	6.0 - 10.0	200 - 300	10
Tenerías	20	10 - 100	6.0 - 8.0	----	-----
Textiles	5	5	6.0 - 8.0	100 - 200	5
Fuente Valores promedio Aritmético de Análisis Físico					
<b>Tanque de captación</b>					
Verano	2.25	12.50	7.55	109.00	5.50
Invierno	2.30	9.50	6.80	96.50	4.00
<b>Tanque de distribución</b>					
Verano	1.70	7.50	7.65	103.50	3.00
Invierno	8.00	38.50	6.90	134.00	13.00
<b>Grifo No. 1.</b>					
Verano	2.70	15.00	7.70	113.00	5.00
Invierno	23.00	74.00	6.85	130.00	32.00
<b>Grifo No. 2.</b>					
Verano	1.55	6.50	7.70	106.50	6.00
Invierno	6.00	26.50	6.90	98.50	11.00

**COMPARACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICO  
CON PROPUESTA DE NORMA-CATE**  
Cuadro No. 15.

Parámetros Químicos para estimar posibles usos  
del agua en la industria. Promedios de las muestras en (mg/L).

Industrias	Dureza Total	Hierro Total	Magnesio	Cloruros	Alcalinidad Total	Calcio	Bi-Carbonatos	Sulfatos	Otras Características
<b>Valores Guía PROPUESTA DE NORMA-CATE</b>									
Alimentos en general	250	0.2	-----	250	250	100	---	250	No E. Coli
Bebidas carbonatadas	250	0.3	-----	-----	85	-----	-----	-----	No E. Coli
Calderas	2 - 80	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	No correa o incruste
Destilerías y cervecerías	-----	0.1	-----	-----	75	-----	-----	-----	No E. Coli
Jabón y detergentes	130 - 150	0.1	10 - 15	30 - 40	50 - 100	30 - 40	60 - 125	125 - 150	---
Cemento	-----	25	-----	250	400	-----	-----	250	---
Papel	50 - 150	0.1 - 1.0	12	200-1000	-----	20	---	---	No correa o incruste
Tenidos	50 - 150	0.3	-----	250	135	60	---	250	---
Textiles	25	0.1 - 0.3	-----	-----	-----	-----	---	---	---
<b>Fuente</b>									
Valores Promedio Aritmético de Análisis Químicos.									
<b>Tanque de captación</b>									
Verano	59.00	0.22	6.57	7.00	58.00	12.83	58.00	2.00	
Invierno	47.00	0.20	4.86	11.75	33.00	10.82	33.00	2.50	
<b>Tanque de distribución</b>									
Verano	62.00	0.07	7.06	7.75	55.00	13.23	55.00	2.50	
Invierno	55.00	0.38	6.57	11.75	37.00	11.22	37.00	3.00	
<b>Grifo No. 1.</b>									
Verano	61.00	0.23	3.82	7.75	58.00	13.22	58.00	2.00	
Invierno	52.00	0.20	6.09	10.50	35.00	10.82	35.00	4.00	
<b>Grifo No. 2.</b>									
Verano	59.00	0.07	6.57	7.50	56.00	12.65	56.00	2.00	
Invierno	50.00	0.32	4.87	11.50	44.00	12.02	44.00	2.50	

Nomenclatura  
E. Coli: Escherichia Coli.

**COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS  
DE AGUA DE ALIMENTACIÓN DE CALDERAS**

**Cuadro No. 16.**

Parámetros para estimar el uso del agua evaluada como alimentación  
de calderas. Valores promedio aritmético de las muestras.

<b>PRESIÓN DE OPERACIÓN</b>		<b>Sólidos Totales (mg/L)</b>	<b>Alcalinidad Total (mg/L)</b>	<b>Sólidos Suspendidos (mg/L)</b>
<b>PSIG</b>	<b>MPascales</b>			
0 - 300	0 - 2.068	3500	700	300
301 - 450	2.075 - 3.102	3000	600	250
451 - 600	3.109 - 4.136	2500	500	150
601 - 750	4.144 - 5.171	2000	400	100
751 - 900	5.178 - 6.205	1500	300	60
901 - 1000	6.212 - 6.895	1250	250	40
1001 - 1500	6.901 - 10.342	1100	200	20
<b>Fuente</b>				
<b>Tanque de captación</b>				
Verano		109.00	58.00	5.50
Invierno		96.50	33.00	4.00
<b>Tanque de distribución</b>				
Verano		103.50	55.00	3.00
Invierno		134.00	37.00	13.00
<b>Grifo No. 1.</b>				
Verano		113.00	58.00	5.00
Invierno		130.00	35.00	32.00
<b>Grifo No. 2.</b>				
Verano		106.50	58.00	6.00
Invierno		98.50	44.00	11.00



**ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA ÍNDICE  
DE LANGELIER  
Cuadro No. 17.**

Promedios aritméticos para las épocas de  
invierno y verano

Fuentes	pH	phs	Índice de Saturación	INTERPRETACIÓN
<b>Tanque de captación</b>				
Verano	7.55	8.42	-0.87	Corrosiva
Invierno	6.8	8.85	-2.05	Corrosiva
<b>Tanque de distribución</b>				
Verano	7.65	8.45	-0.8	Mod. Corrosiva
Invierno	6.9	8.73	-1.83	Corrosiva
<b>Grifo No. 1.</b>				
Verano	7.7	8.45	-0.75	Mod. Corrosiva
Invierno	6.85	8.77	-1.92	Corrosiva
<b>Grifo No. 2.</b>				
Verano	7.7	8.47	-0.77	Mod. Corrosiva
Invierno	6.9	8.75	-1.85	Corrosiva

**Nomenclatura:**

**pH**                      potencial de hidrógeno  
**phs**                      potencial de hidrógeno de saturación  
**Mod. Corrosiva:**      moderadamente corrosiva

**ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES ANIONES Y CATIONES  
DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO.**

**Cuadro No. 18.**

Promedios aritméticos de los meq/L de los principales cationes y aniones,  
de las muestras tomadas para cada época; verano e invierno.

Fuentes	Tanque de captación			Tanque de distribución		
	meq/L	% de iones	% acumulado cationes y aniones	meq/L	% de iones	% acumulado cationes y aniones
<b>Época</b>						
<b>Verano</b>						
<b>Aniones</b>						
Cloruros	0.19747	16.60	7.30	0.218625	18.65	7.96
Carbonatos	0	0.00	7.30	0	0.00	7.96
Bicarbonatos	0.95062	79.90	42.46	0.90145	76.91	40.77
Sulfatos	0.04166	3.50	44.00	0.052075	4.44	42.67
Suma	1.18975	100.00		1.17216	100.00	
<b>Cationes</b>						
Calcio	0.63997	42.26	67.67	0.65993	41.89	66.69
Magnesio	0.540445	35.69	87.66	0.580755	36.87	87.83
Sodio	0.297975	19.68	98.68	0.30015	19.05	98.75
Potasio	0.0358	2.37	100.00	0.03452	2.19	100.00
Suma	1.51419	100.00		1.57536	100.00	
<b>Dureza total</b>	<b>59</b>			<b>62</b>		
<b>Invierno</b>						
<b>Aniones</b>						
Cloruros	0.331465	35.86	15.65	0.331465	33.13	14.08
Carbonatos	0	0.00	15.65	0	0.00	14.08
Bicarbonatos	0.54087	58.51	41.19	0.60643	60.62	39.85
Sulfatos	0.052075	5.63	43.65	0.06249	6.25	42.51
Suma	0.92441	100.00		1.00039	100.00	
<b>Cationes</b>						
Calcio	0.53992	45.25	69.15	0.55988	41.37	66.30
Magnesio	0.39978	33.51	88.03	0.540445	39.94	89.26
Sodio	0.224025	18.78	98.61	0.219675	16.23	98.59
Potasio	0.029405	2.46	100.00	0.03324	2.46	100.00
Suma	1.19313	100.00		1.35325	100.00	
<b>Dureza total</b>	<b>47</b>			<b>55</b>		

**ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES ANIONES Y CATIONES  
DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTREO.**

**Cuadro No. 19.**

Promedios aritméticos de los meq/L de los principales cationes y aniones  
de las muestras tomadas para cada época; verano e invierno.

Fuentes/ Época	Grifo No.1.			Grifo No.2.		
	meq/L	% de iones	% acumulado cationes y aniones	meq/L	% de iones	% acumulado cationes y aniones
<b>Verano</b>						
Aniones						
Cloruros	0.21863	18.06	7.91	0.21158	17.58	7.79
Carbonatos	0	0.00	7.91	0	0.00	7.79
Bicarbonatos	0.95062	78.50	42.32	0.95062	78.96	42.78
Sulfatos	0.04166	3.44	43.83	0.04166	3.46	44.31
Suma	1.21091	100.00		1.20386	100.00	
Cationes						
Calcio	0.65968	42.52	67.71	0.63997	42.30	67.87
Magnesio	0.5606	36.13	88.00	0.54045	35.72	87.76
Sodio	0.297975	19.21	93.79	0.297975	19.70	98.73
Potasio	0.03324	2.14	100.00	0.03452	2.28	100.00
Suma	1.551495	100.00		1.512915	100.00	
Dureza total	61			59		
<b>Invierno</b>						
Aniones						
Cloruros	0.296205	31.08	13.23	0.324415	29.56	13.79
Carbonatos	0	0.00	13.23	0	0.00	13.79
Bicarbonatos	0.57365	60.18	38.84	0.72116	65.70	44.45
Sulfatos	0.08332	8.74	42.56	0.052075	4.74	46.66
Suma	0.953175	100.00		1.09765	100.00	
Cationes						
Calcio	0.53992	41.97	66.67	0.5998	47.80	72.16
Magnesio	0.50055	38.91	89.02	0.400195	31.90	89.17
Sodio	0.215325	16.74	98.63	0.224025	17.85	98.69
Potasio	0.030685	2.38	100.00	0.030685	2.45	100.00
Suma	1.28648	100.00		1.254705	100.00	
Dureza total	52			50		

**ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA  
CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV  
Cuadro No. 20.**

Clasificación del agua en cada uno de los puntos de muestreo, en las épocas de invierno y verano.

Fuentes	RESPECTO A ANIONES	RESPECTO A CATIONES
<b>Tanque de captación</b>		
Verano	Aguas Bicarbonatadas	Aguas Calcio-magnésicas
Invierno	Aguas Bicarbonatadas Cloruradas	Aguas Calcio-magnésicas
<b>Tanque de distribución</b>		
Verano	Aguas Bicarbonatadas	Aguas Calcio-magnésicas
Invierno	Aguas Bicarbonatadas Cloruradas	Aguas Calcio-magnésicas
<b>Grifo No. 1.</b>		
Verano	Aguas Bicarbonatadas	Aguas Calcio-magnésicas
Invierno	Aguas Bicarbonatadas Cloruradas	Aguas Calcio-magnésicas
<b>Grifo No. 2.</b>		
Verano	Aguas Bicarbonatadas	Aguas Calcio-magnésicas
Invierno	Aguas Bicarbonatadas Cloruradas	Aguas Calcio-magnésicas

FIGURA No. 1.

**CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV**  
(Promedio aritmético de aniones)

Tanque de captación.

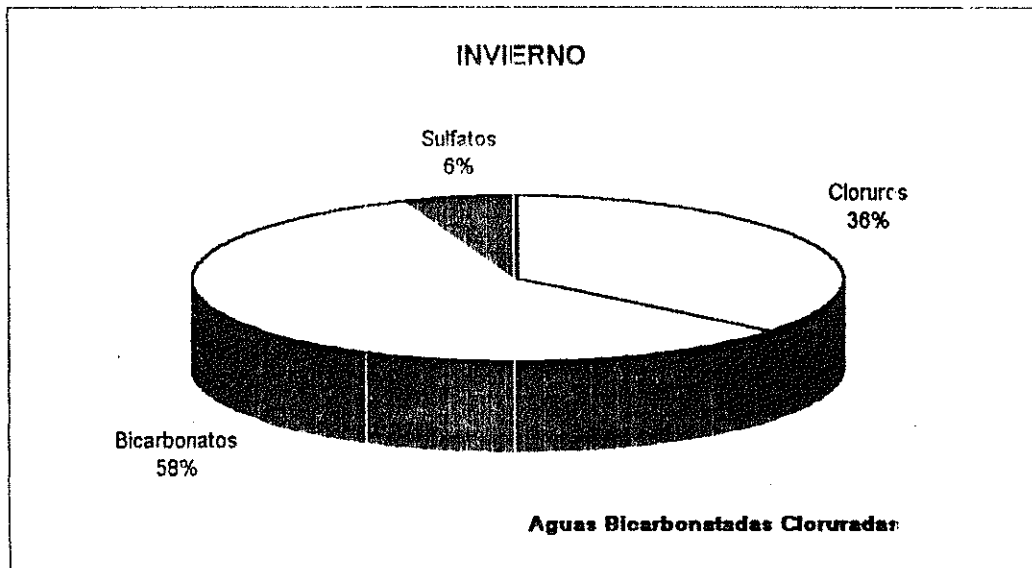
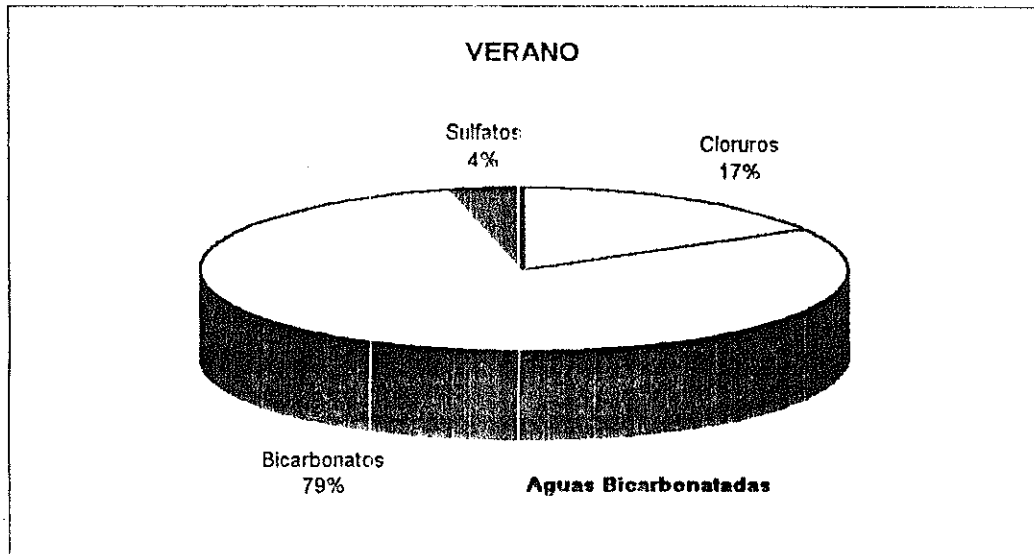


FIGURA No. 2.

**CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV**  
(promedio aritmético de aniones)

Tanque de distribución.

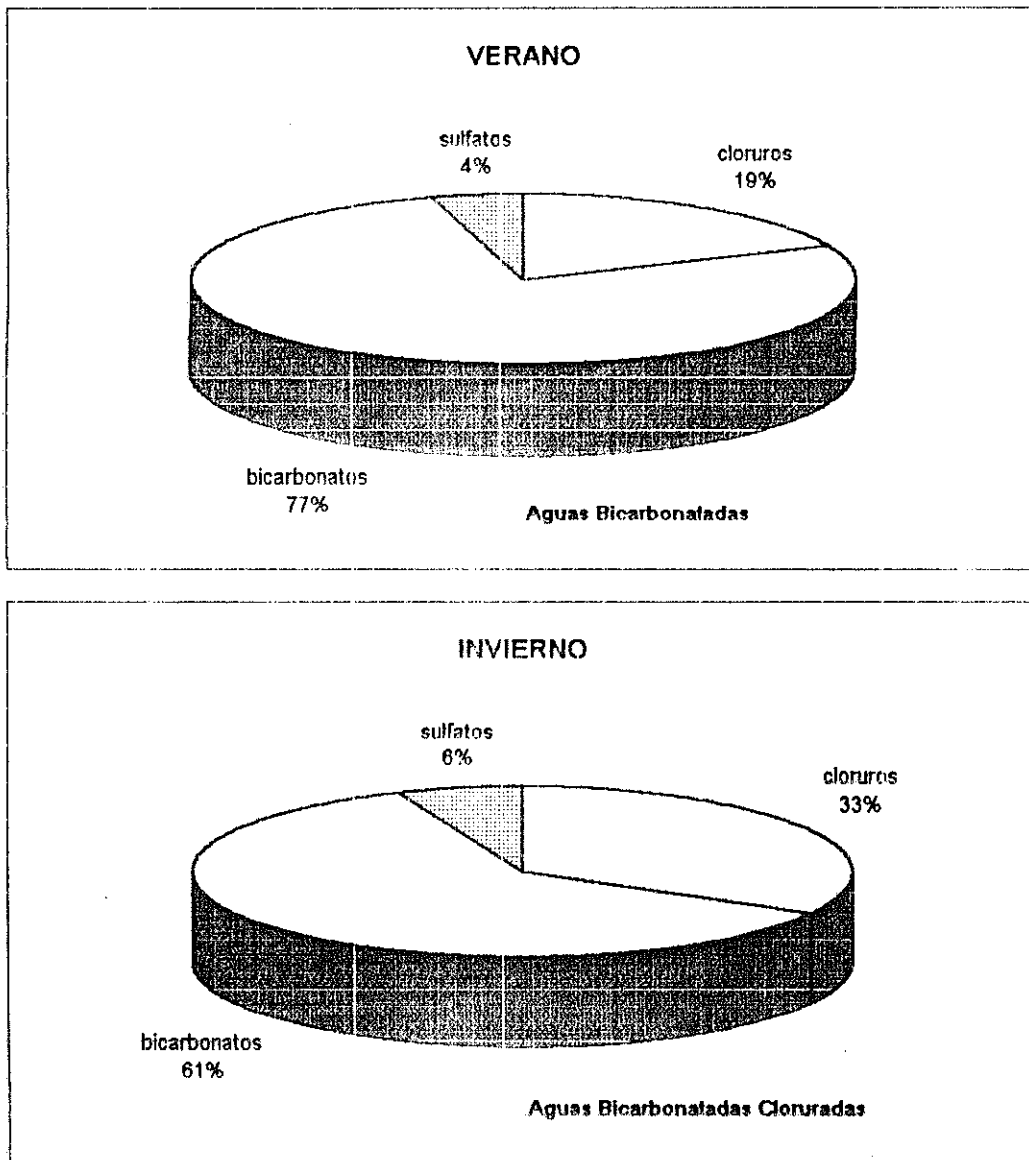


FIGURA No. 3.

**CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV**  
(Promedio aritmético de aniones)

Grifo No. 1.

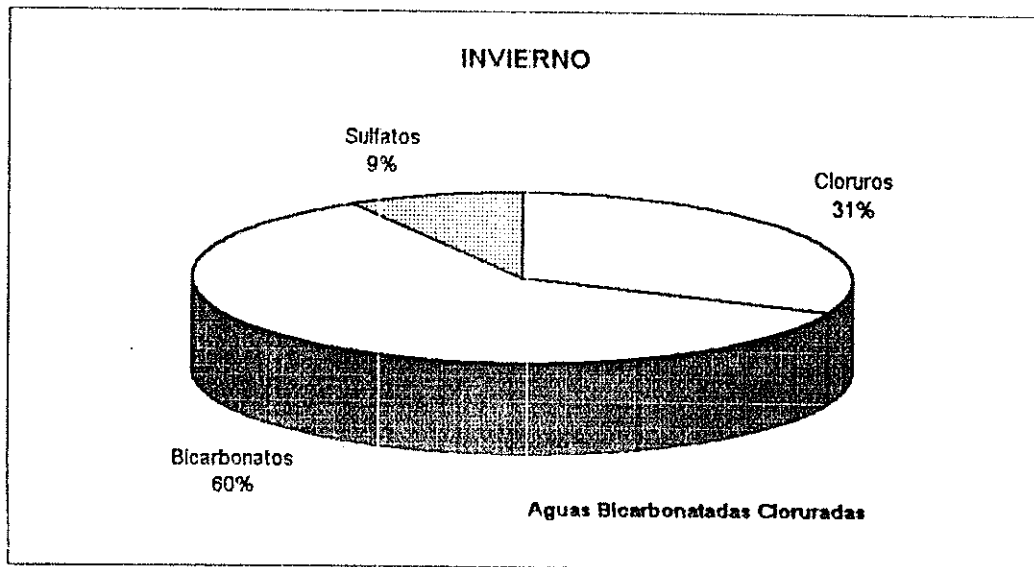
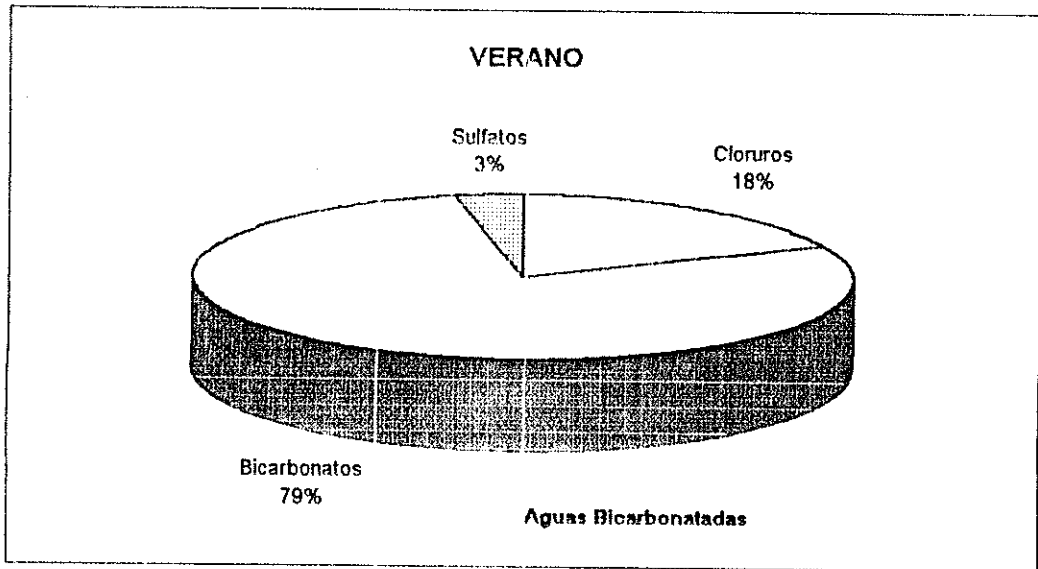


FIGURA No. 4.

**CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV**  
(promedio aritmético de aniones)

Grifo No. 2.

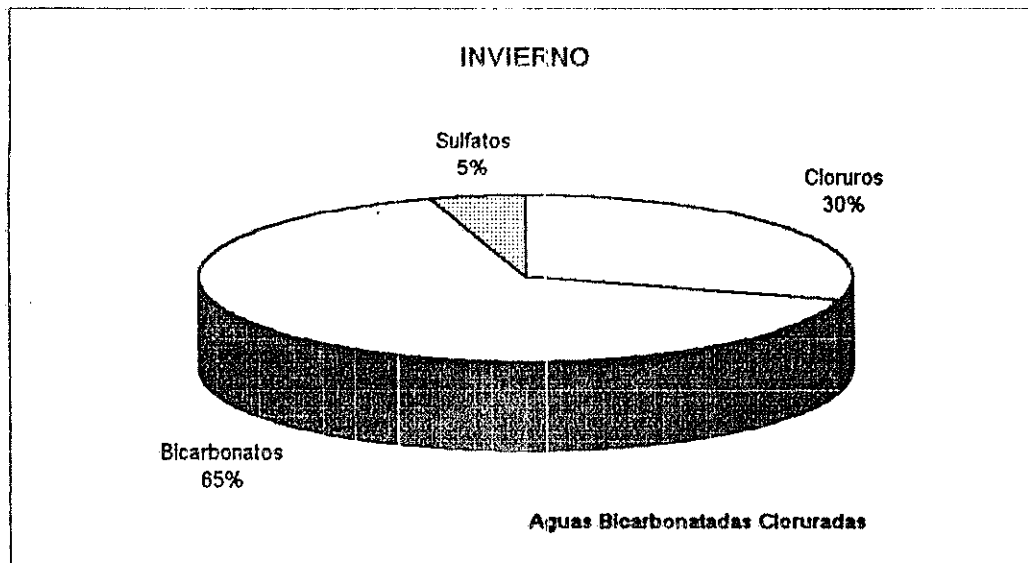
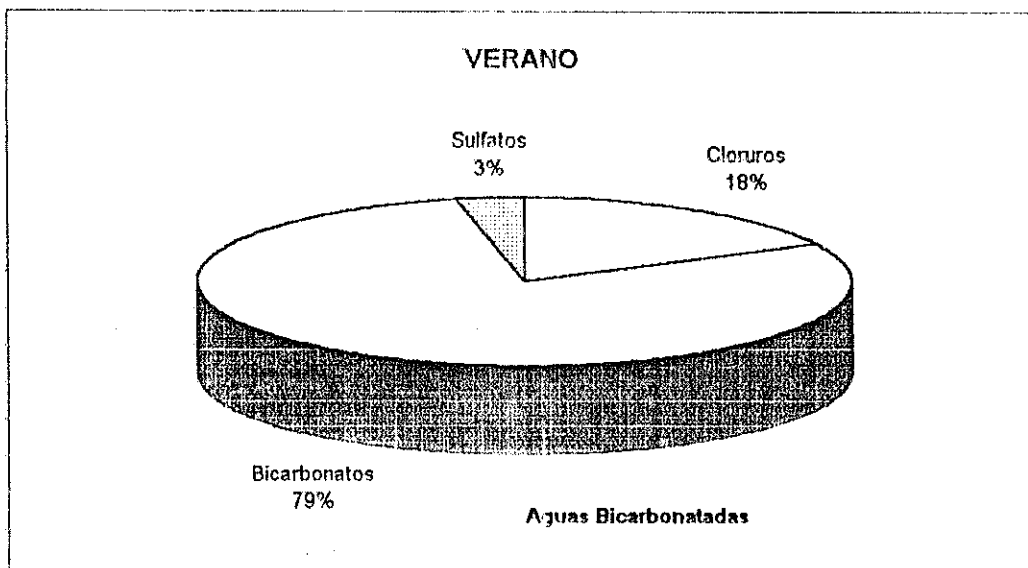




FIGURA No. 5.

**CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV**  
(Promedio aritmético de cationes)

Tanque de captación

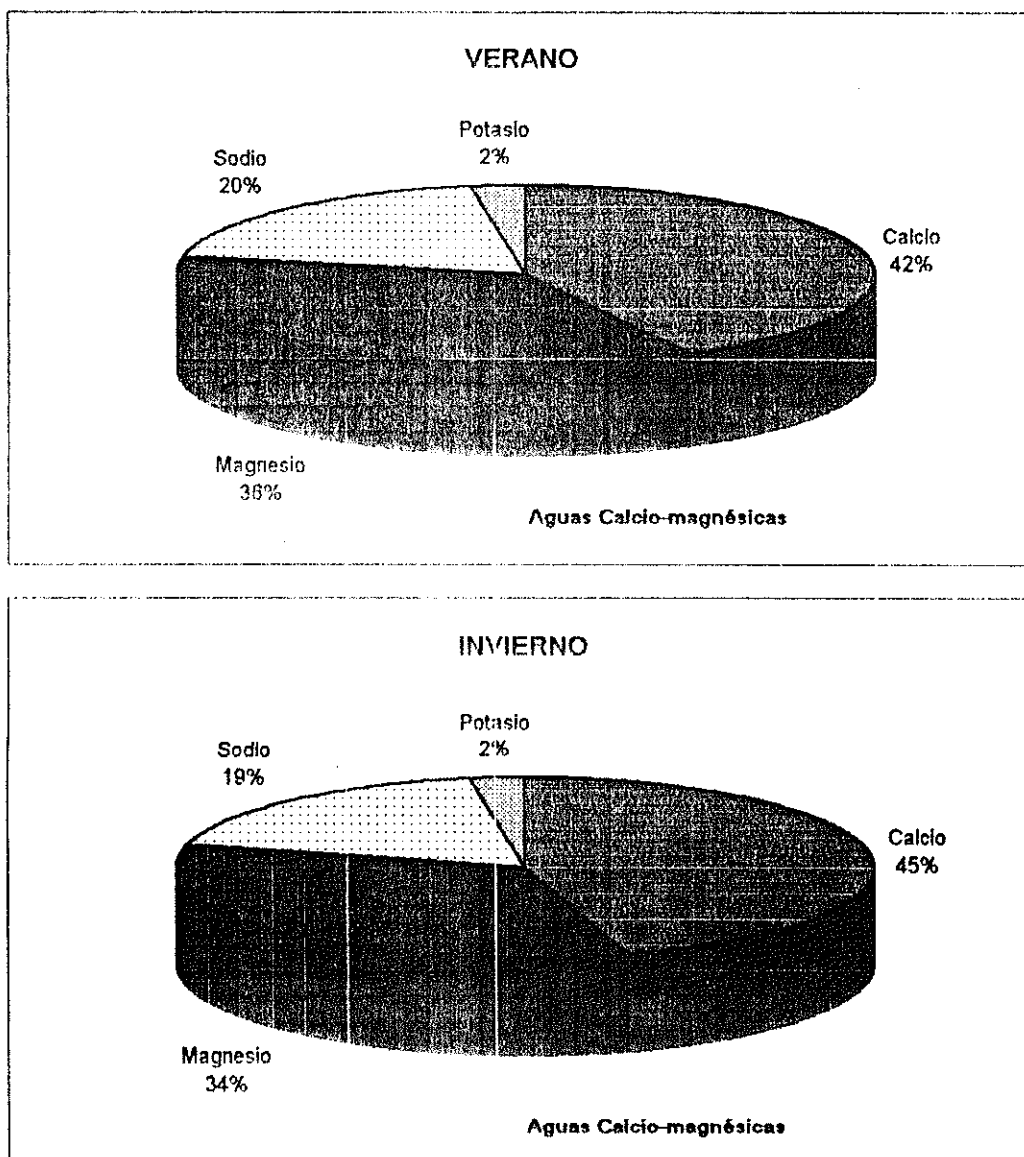


FIGURA No. 6.

**CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV**  
(Promedio aritmético de cationes)

Tanque de distribución

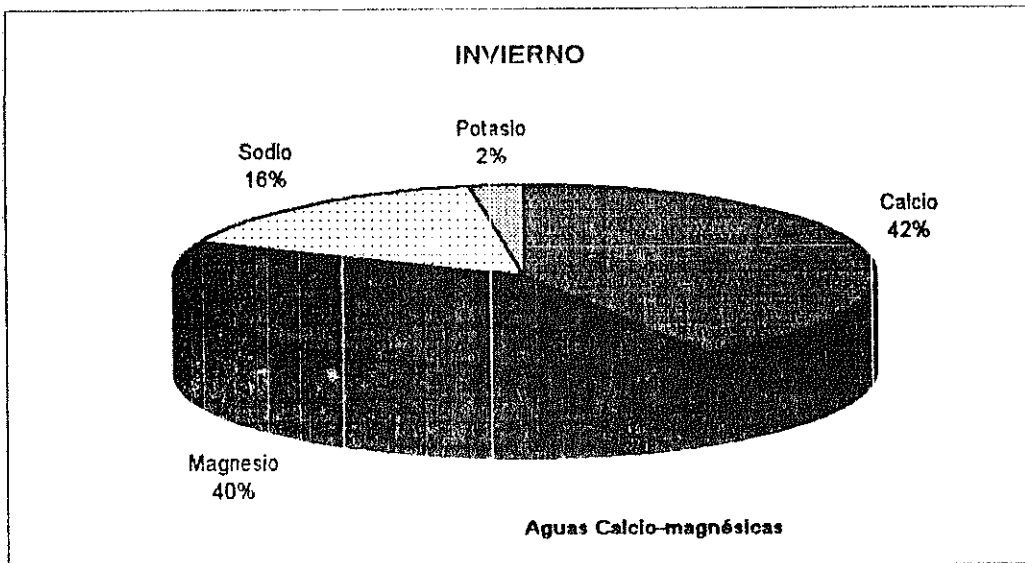
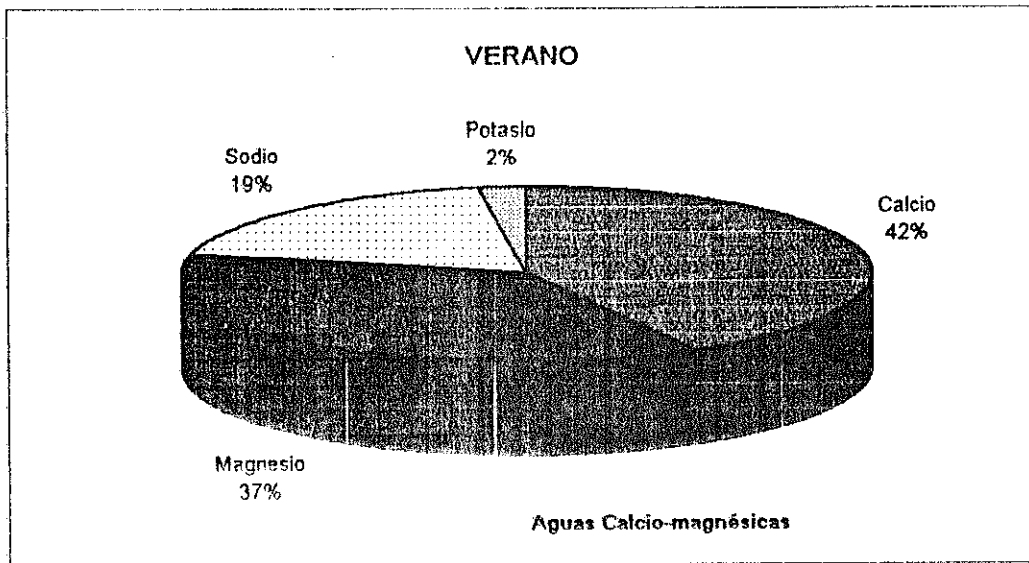


FIGURA No. 7.

**CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV**  
(Promedio aritmético de cationes)

Grifo No. 1.

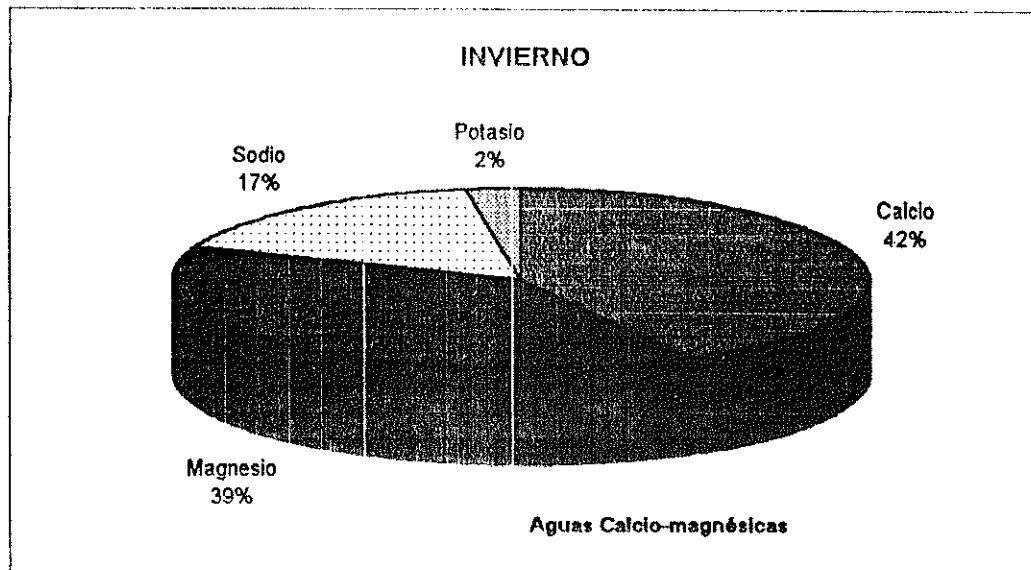
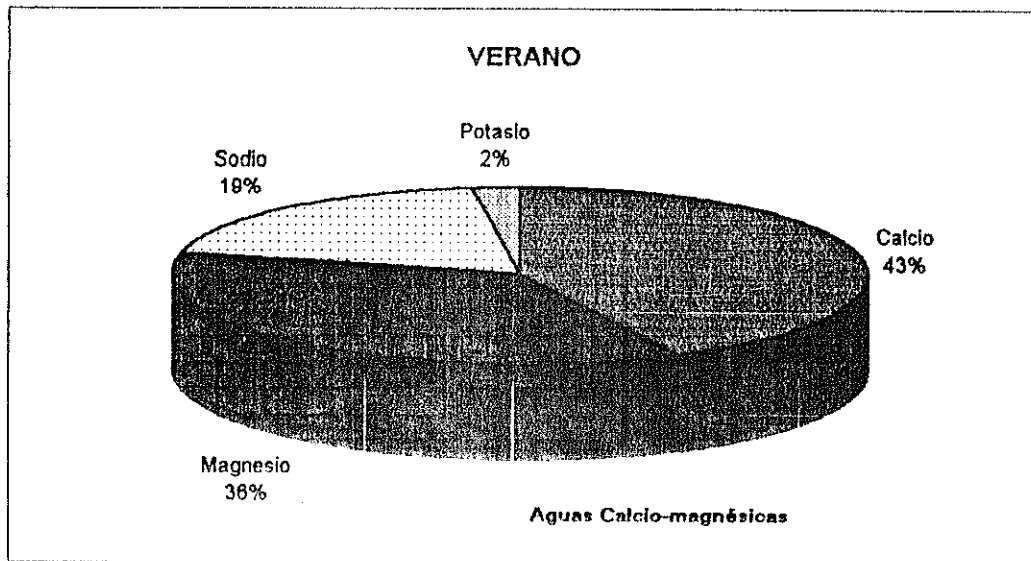


FIGURA No. 8.

**CLASIFICACIÓN DE SHCHUKAREV**  
(Promedio aritmético de cationes)

Grifo No. 2.

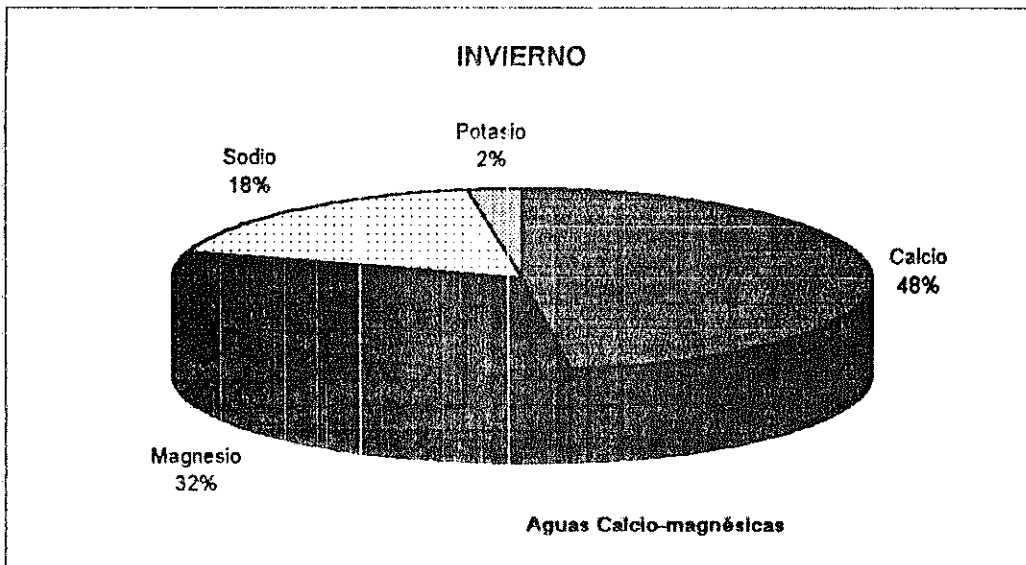
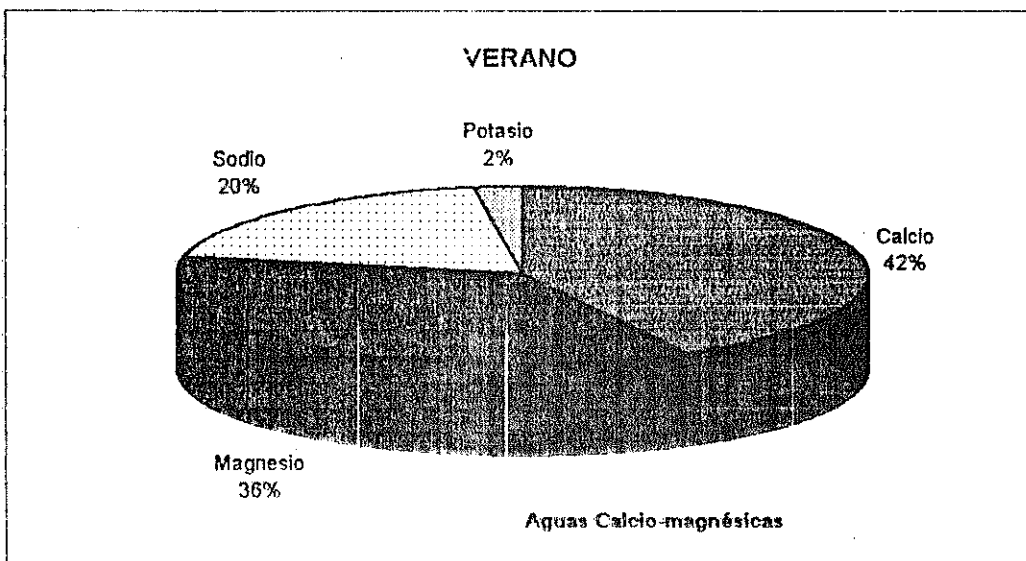


FIGURA No. 9.

# DIAGRAMA ARITMÉTICO

Porcentajes acumulativos de iones en meq/L

Tanque de captación

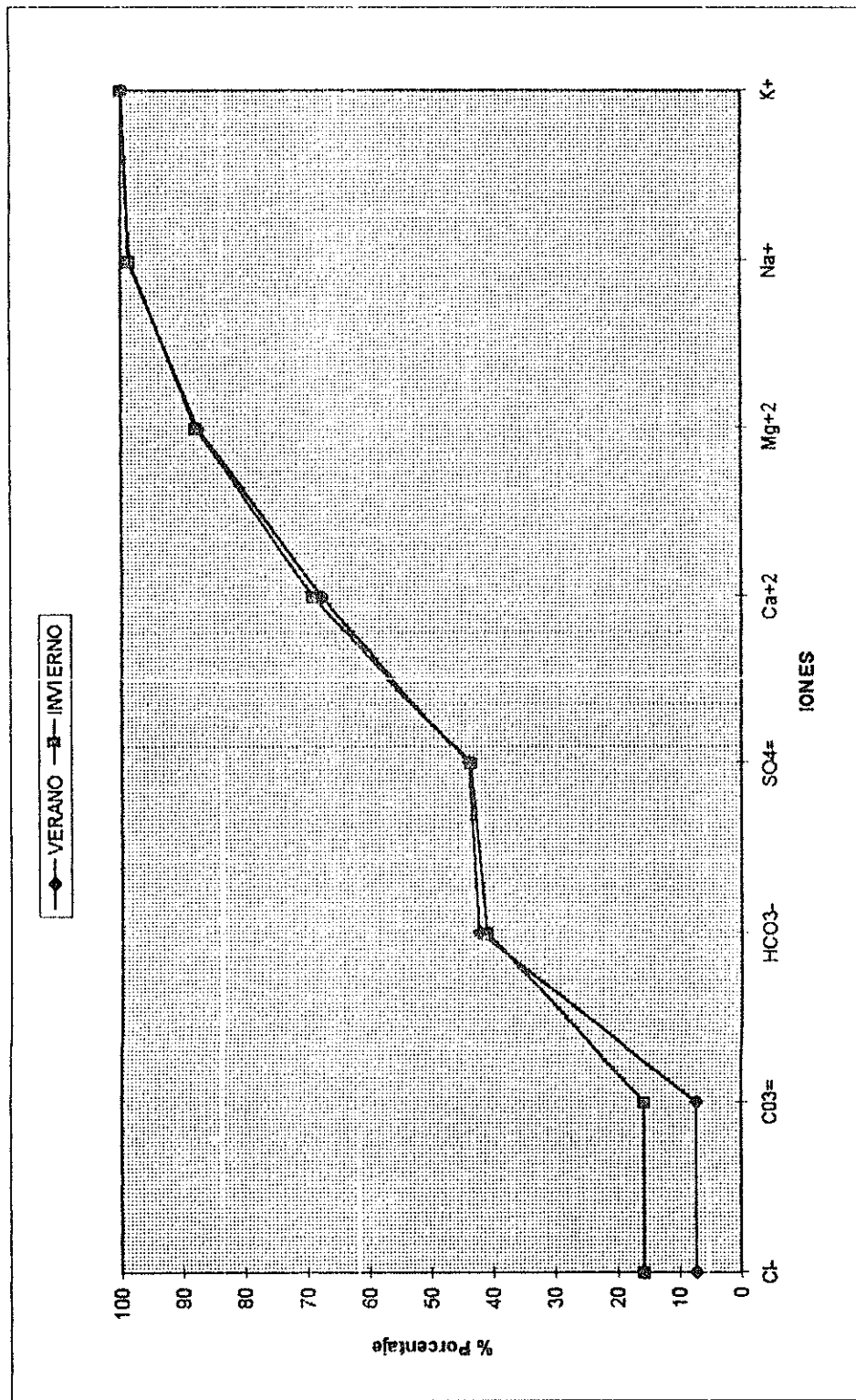


FIGURA No. 10.

DIAGRAMA ARITMÉTICO  
Porcentajes acumulativos de iones en meq/L

Tanque de distribución

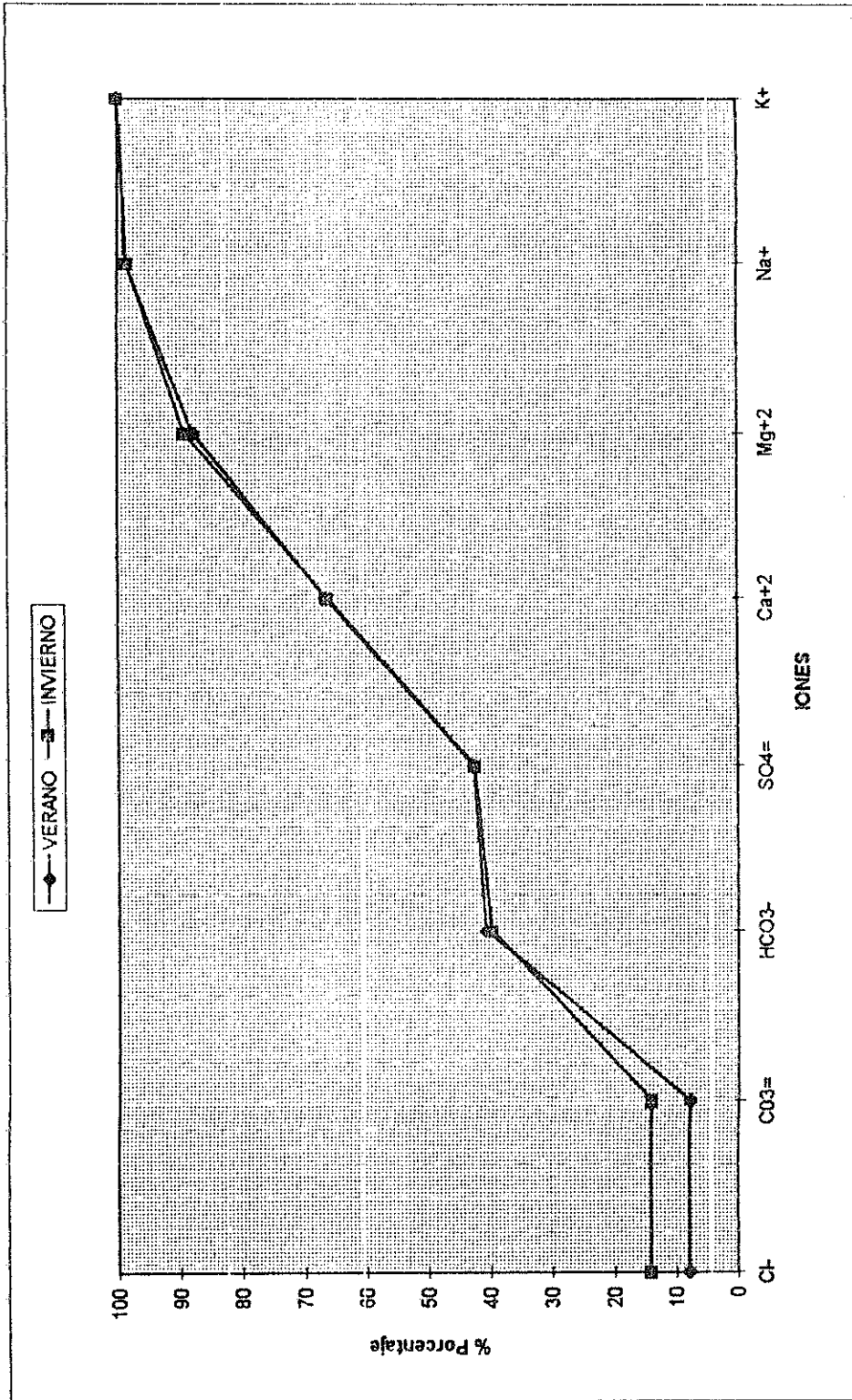


FIGURA No. 11.

DIAGRAMA ARITMÉTICO  
Porcentajes acumulativos de iones en meq/L

Grifo No.1.

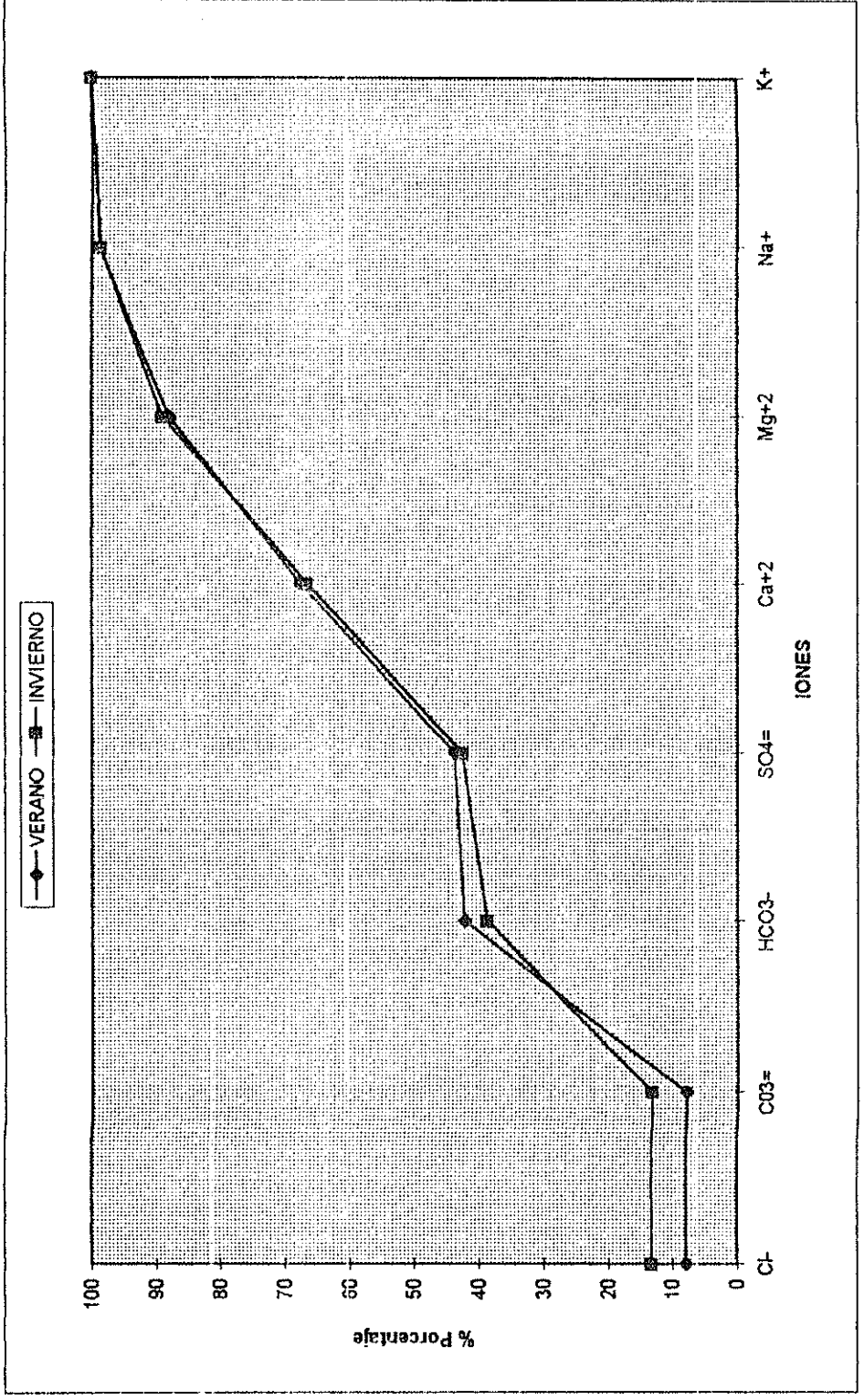


FIGURA No. 12.

DIAGRAMA ARITMÉTICO  
Porcentajes acumulativos de iones en meq/L

Grifo No.2.

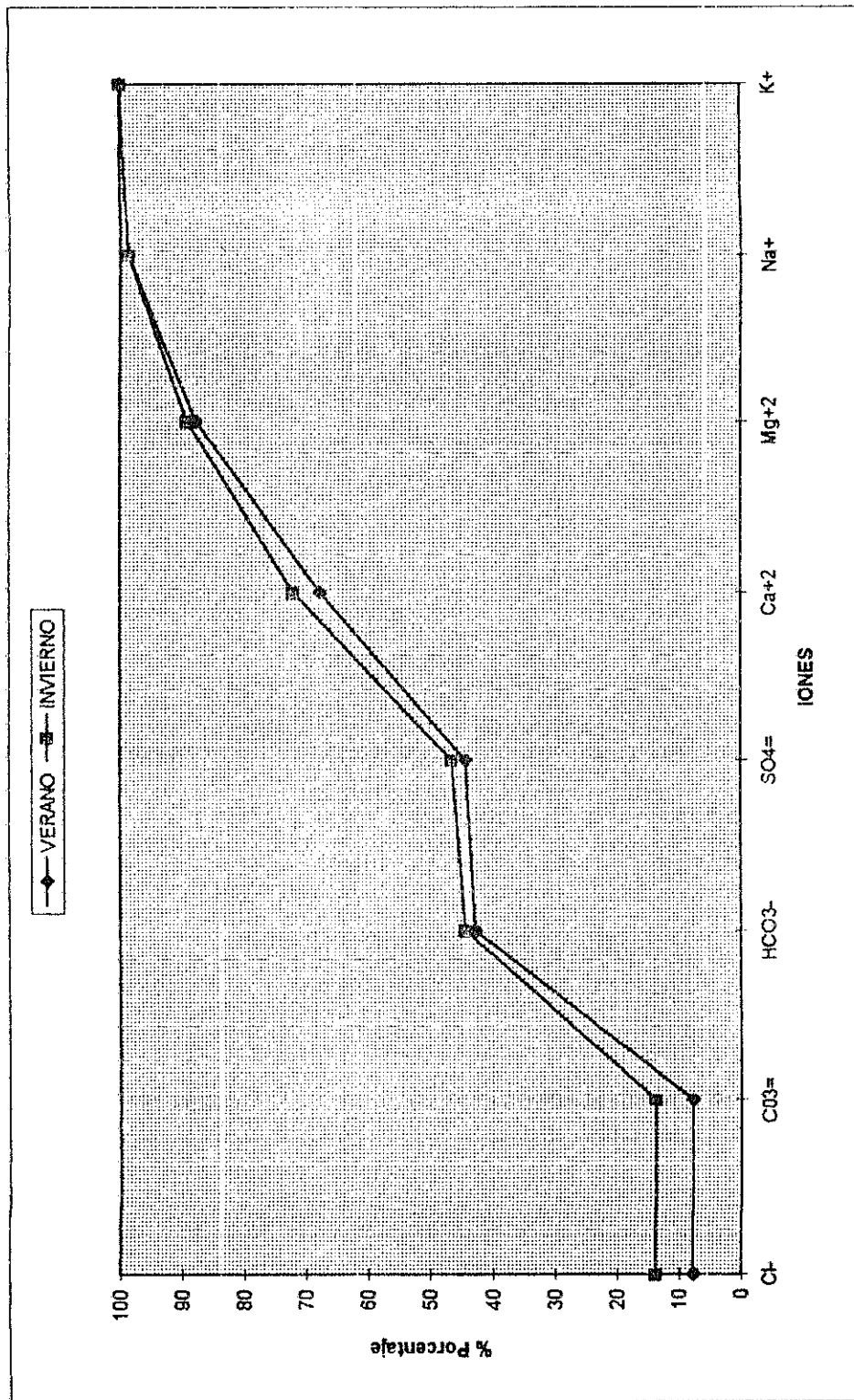




FIGURA No. 13.  
**DIAGRAMA DE COLLINS.**  
 (Promedio aritmético de iones)

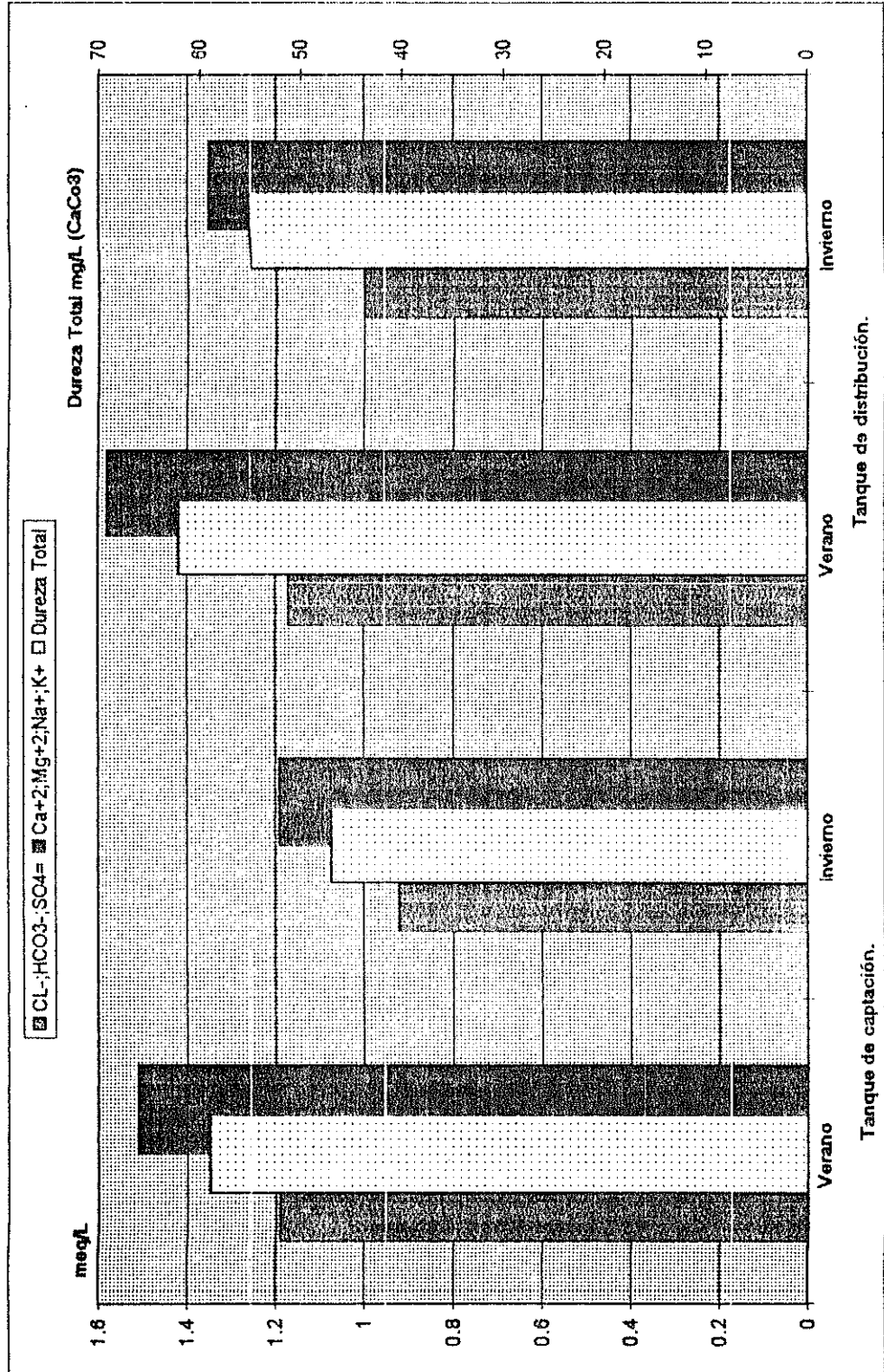


FIGURA No. 14.  
 DIAGRAMA DE COLLINS.  
 (Promedio aritmético de iones)

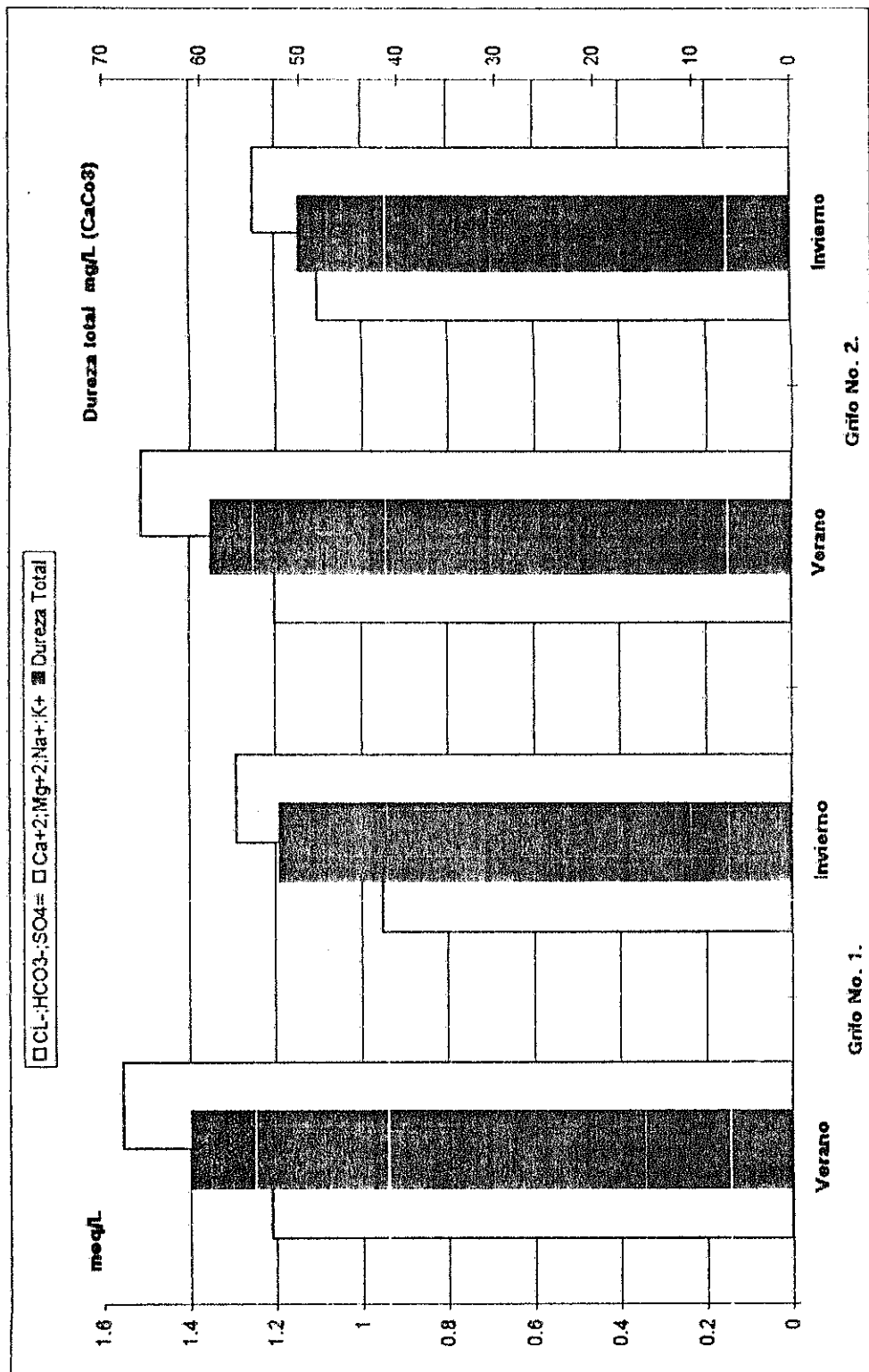


FIGURA No. 15.  
**PARÁMETROS FÍSICOS**  
 (Promedio aritmético)

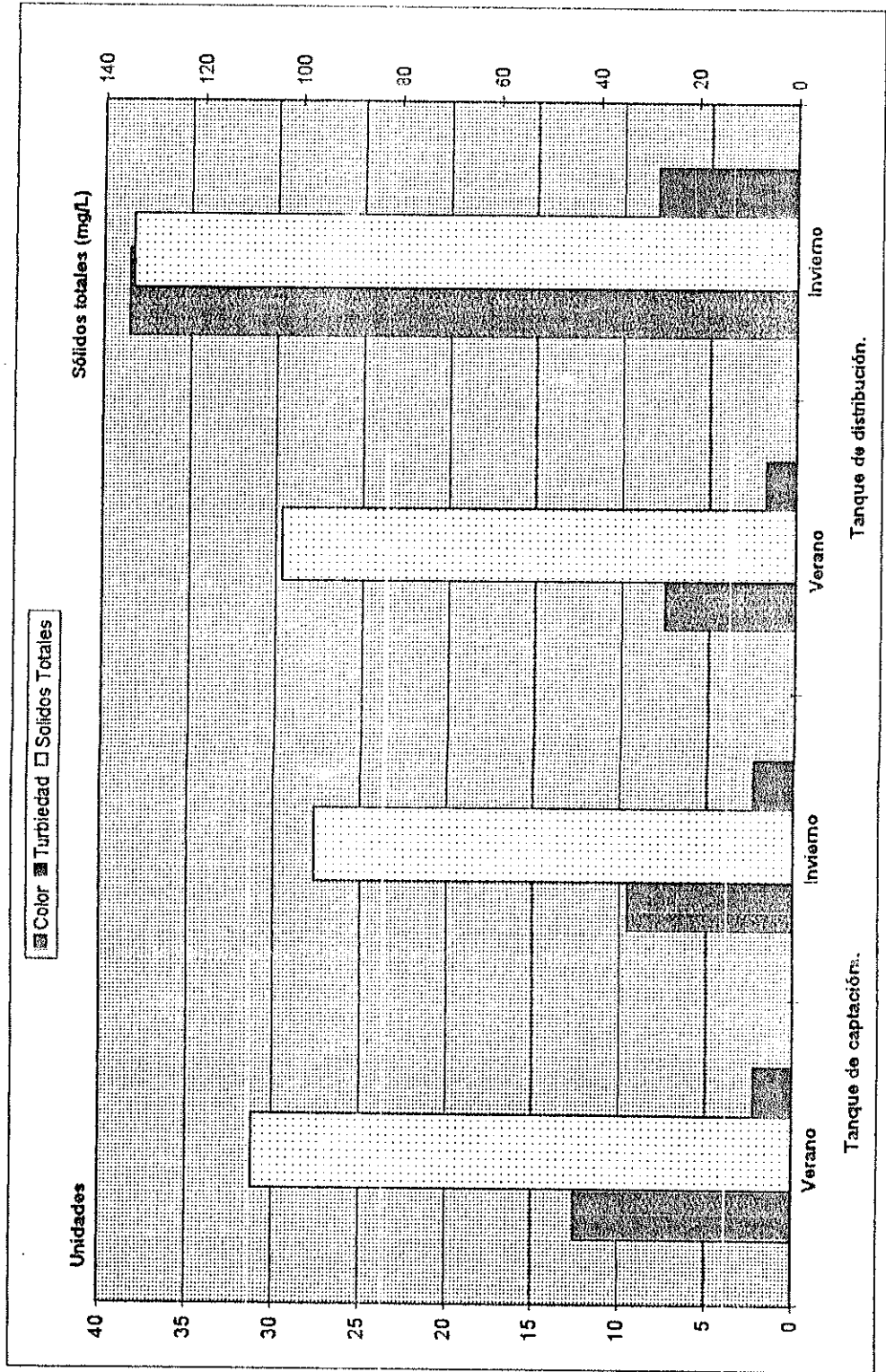


FIGURA No. 16.

# PARÁMETROS FÍSICOS

(Promedio aritmético)

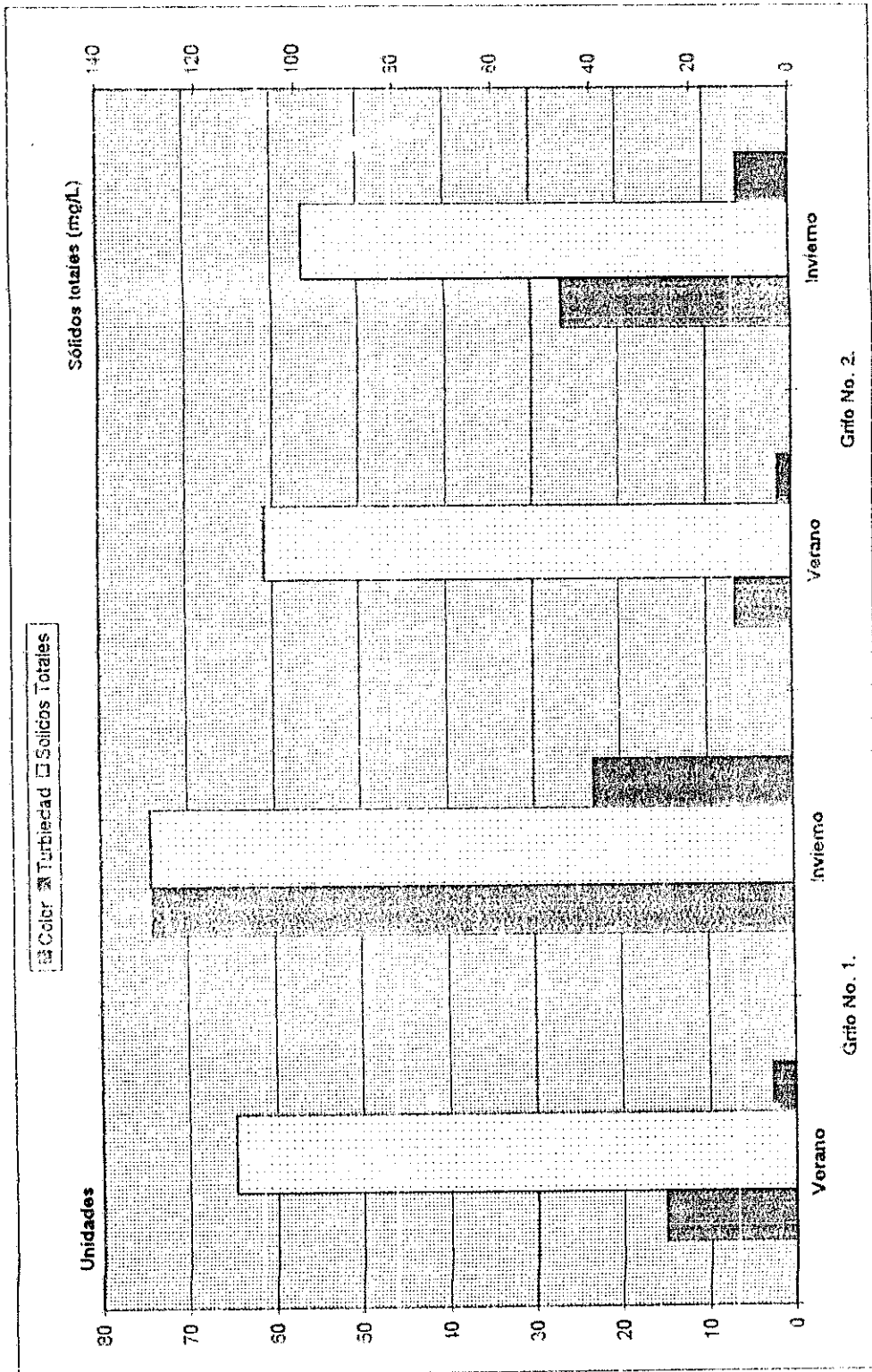


FIGURA No. 17.

# PARÁMETROS FÍSICOS

(Promedios aritméticos)

## Potencial de hidrógeno (pH)

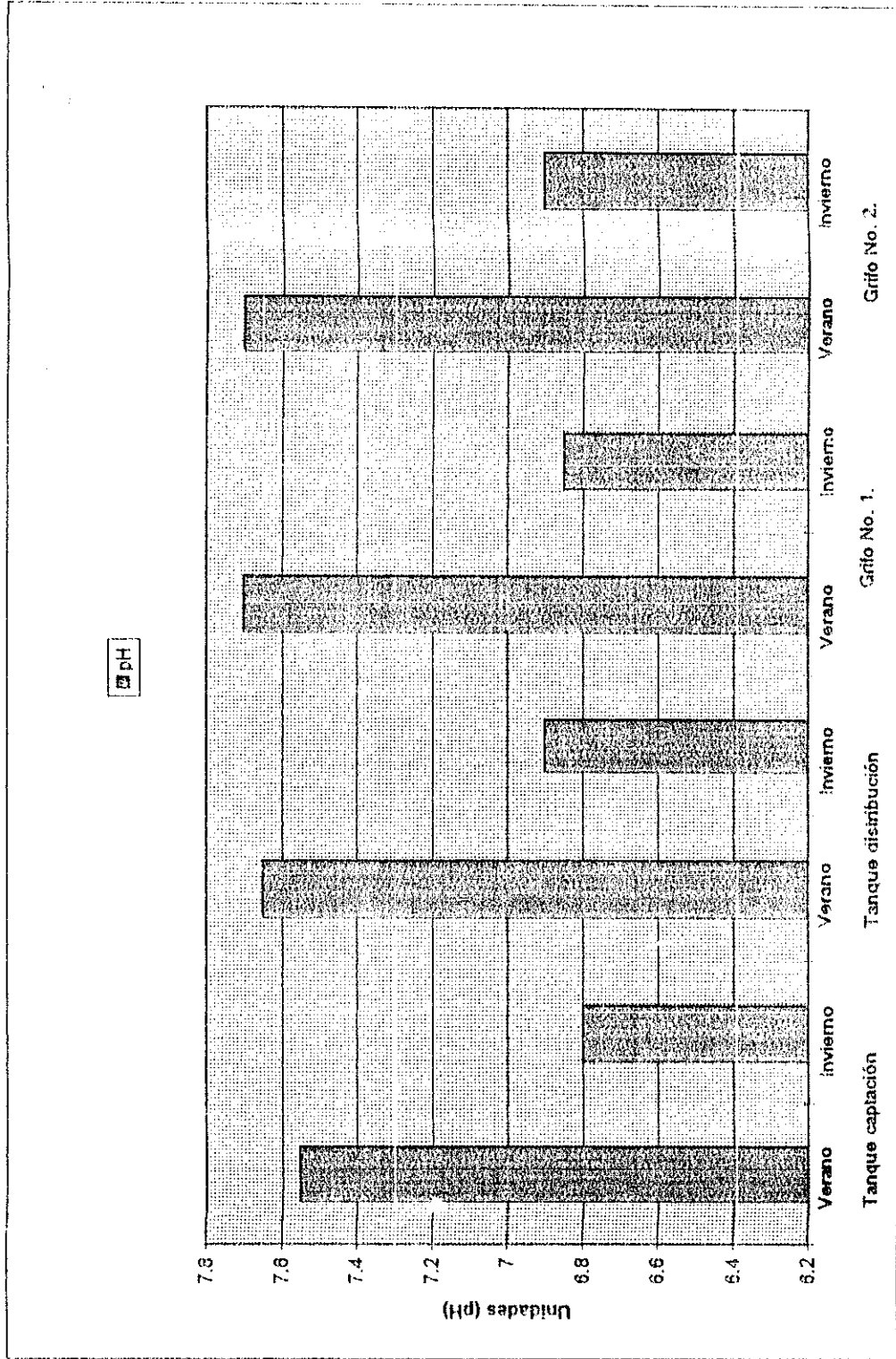
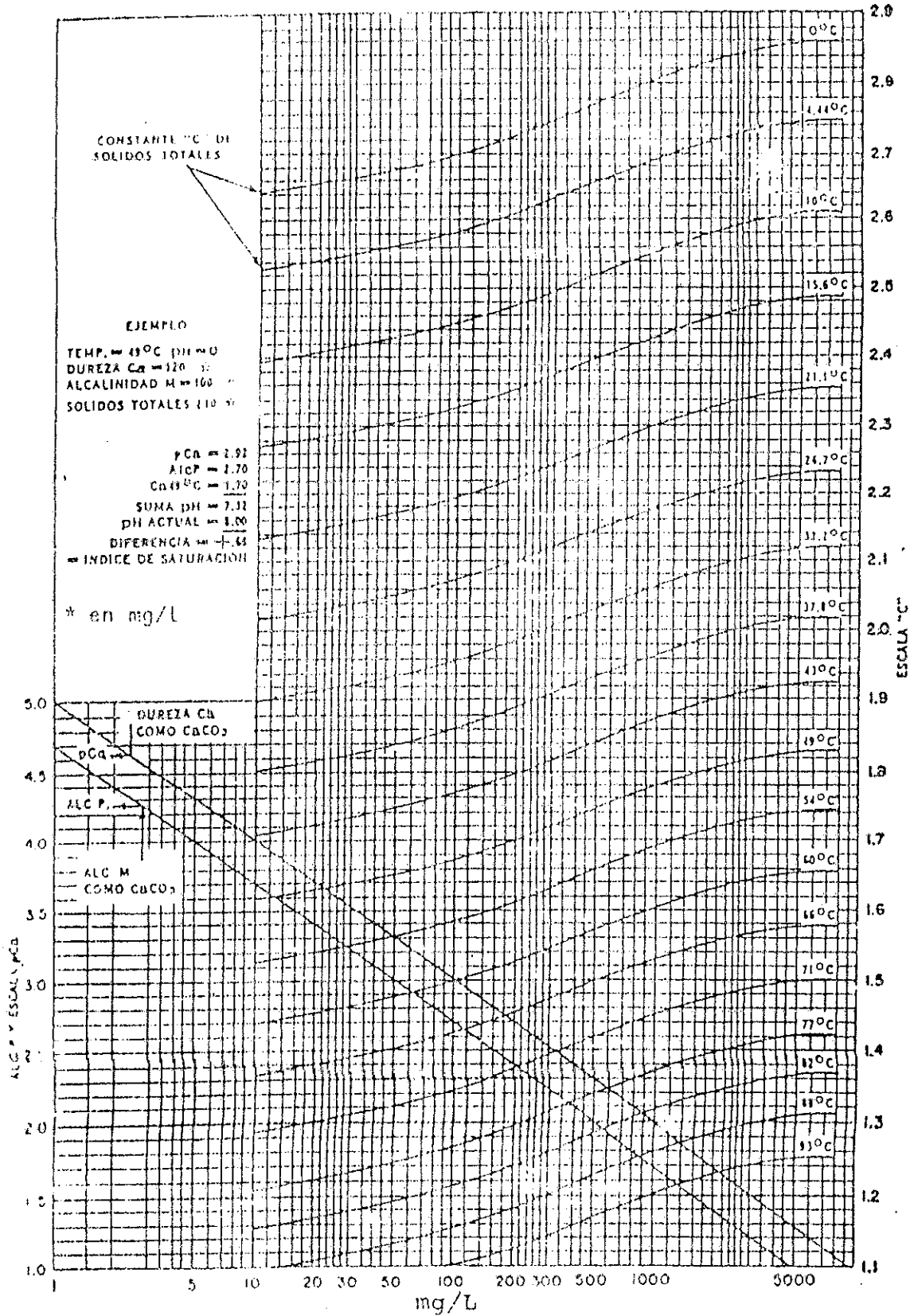


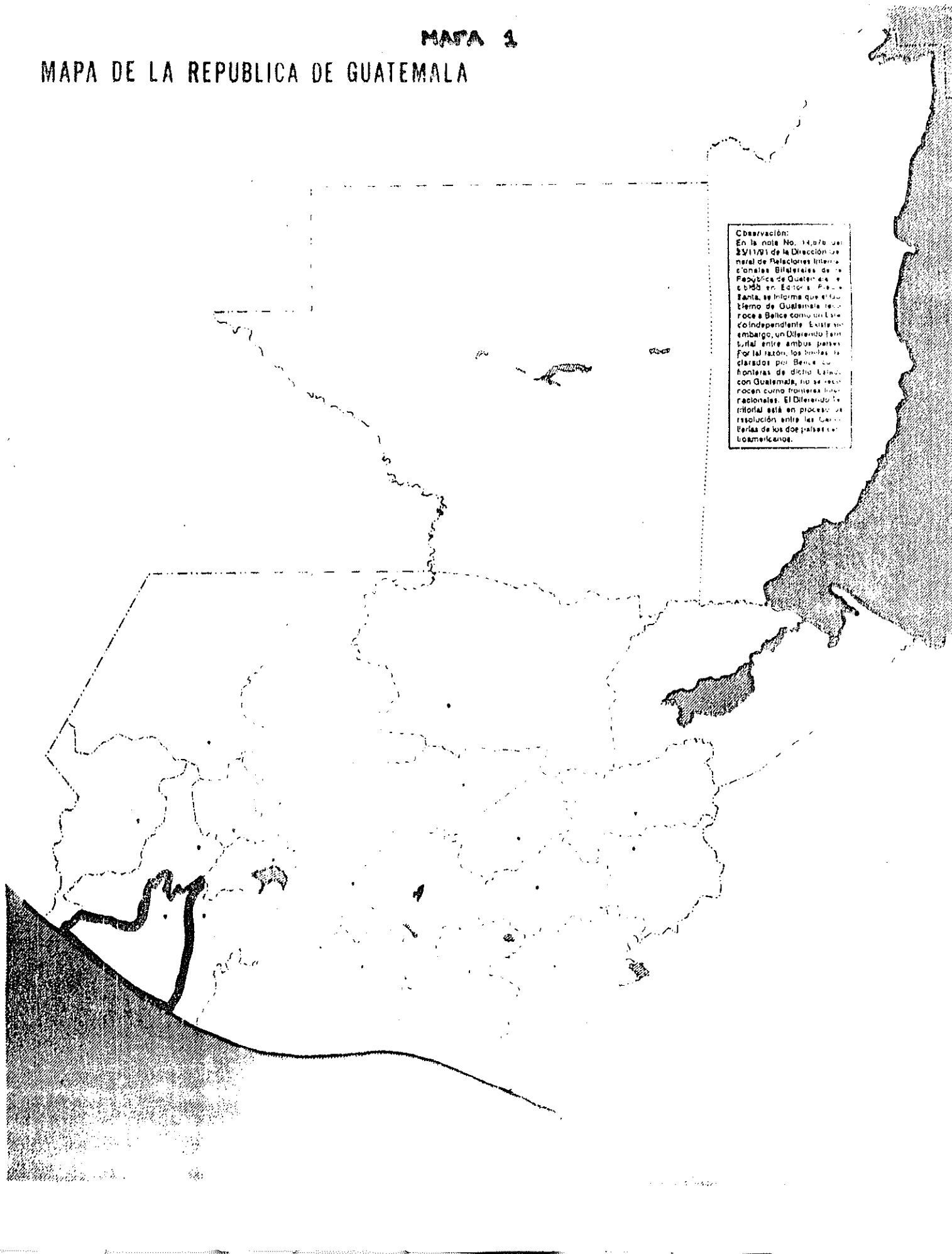
FIGURA No. 18.



Carta del índice de saturación Langlier.

MAPA 1

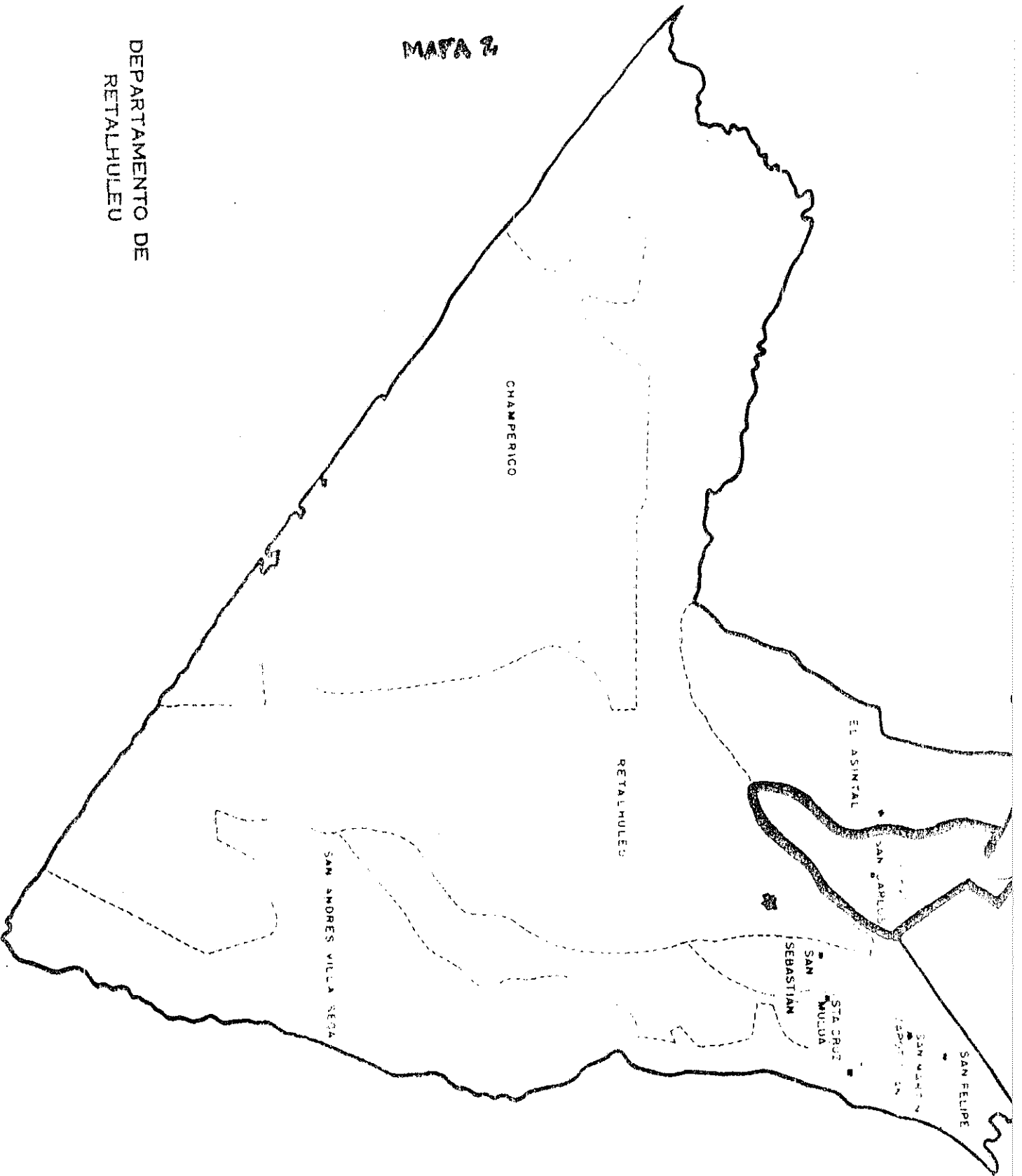
MAPA DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA



**Observación:**  
En la nota No. 14,776 del 23/11/91 de la Dirección General de Relaciones Internacionales Bilaterales de la República de Guatemala, se publicó en Editor's Page. Tanto, se informa que el Gobierno de Guatemala reconoce a Belice como un Estado independiente. Existe sin embargo, un Diferendo territorial entre ambos países. Por tal razón, los límites de Belice con Guatemala, no se reconocen como fronteras internacionales. El Diferendo territorial está en proceso de resolución entre las Comisiones de los dos países centroamericanos.

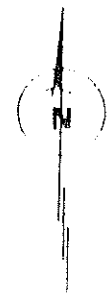
DEPARTAMENTO DE  
RETALHULEU

MAPA 2



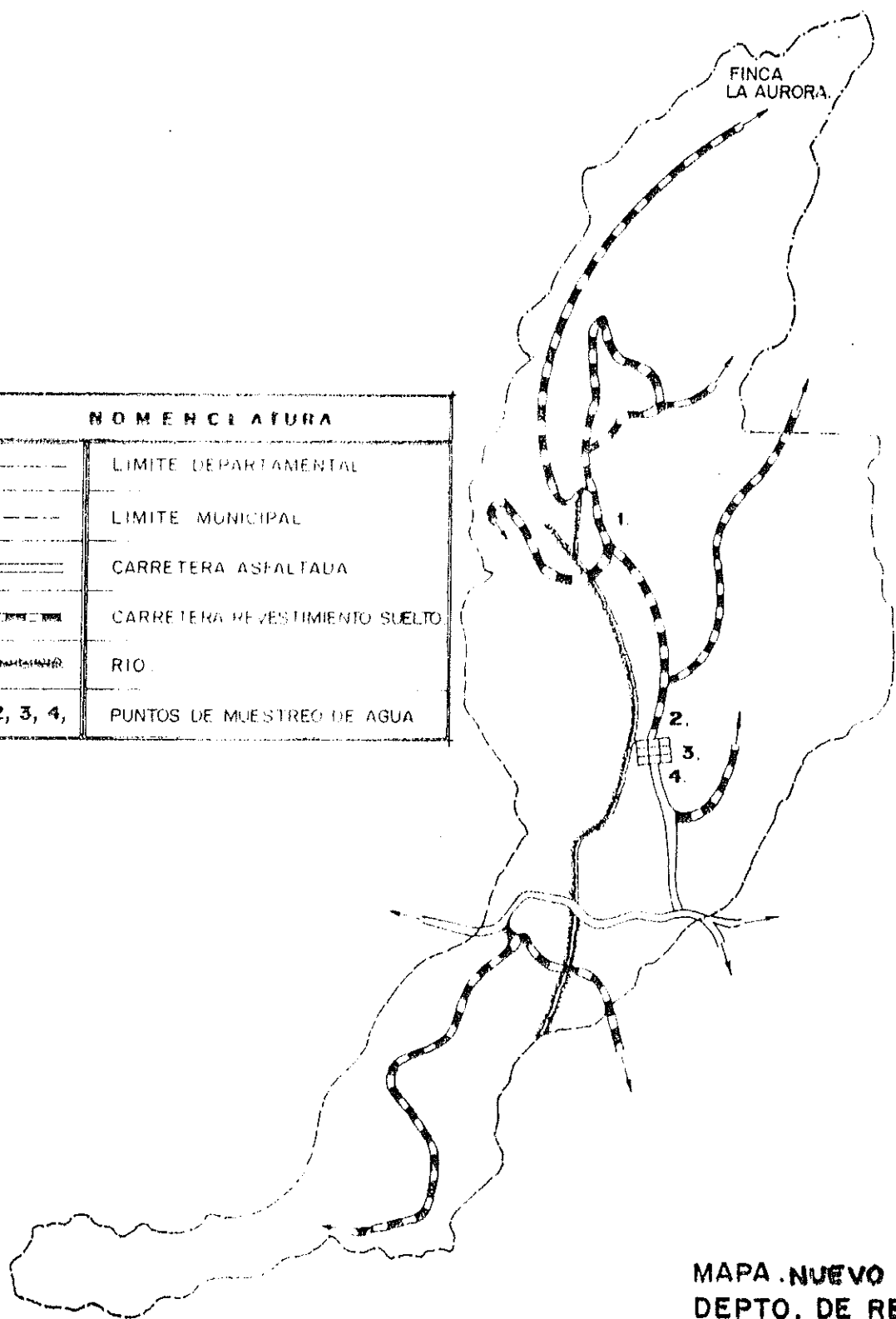


# MAPA 3



FINCA  
LA AURORA

NOMENCLATURA	
-----	LIMITE DEPARTAMENTAL
- - - - -	LIMITE MUNICIPAL
=====	CARRETERA ASFALTADA
▬▬▬▬▬▬	CARRETERA REVESTIMIENTO SUELTO
~~~~~	RIO
1, 2, 3, 4,	PUNTOS DE MUESTREO DE AGUA



MAPA .NUEVO SAN CARLOS  
DEPTO. DE RETALHULEU.

FECHA: JULIO '96

MAPA 4

POBLACION NUEVO SAN CARLOS  
REU

