

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO
HUMANO Y USO INDUSTRIAL DE LAS FUENTES DE AGUA QUE
ABSTECEN AL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA POR

HECTOR RENE MARTIN GUDIEL PANIAGUA

AL CONFERIRLE EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1996

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO : ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
VOCAL 1^{ERO} : ING. MIGUEL ANGEL SANCHEZ GUERRA
VOCAL 2^{DO} : ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLORZANO
VOCAL 3^{ERO} : ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRIA MENDEZ
VOCAL 4^{TO} : BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEON CONTRERAS
VOCAL 5^{TO} : ING. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO : ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL

EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO : ING. JULIO ISMAEL GONZALEZ PODSZUECK
DIRECTOR DE
ESCUELA: DR. ADOLFO GRAMAJO
EXAMINADOR : ING. WALTER ZELADA CARRILLO
EXAMINADOR : ING. JULIO CHAVEZ MONTUFAR
EXAMINADOR : ING. WILLIAMS ALVAREZ
SECRETARIO : ING. FRANCISCO JAVIER GONZALEZ LOPEZ

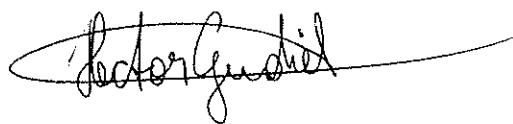
08
T(3845)
C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideracion el trabajo de tesis titulado:

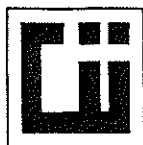
DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y USO INDUSTRIAL DE LAS FUENTES QUE ABASTECEN AL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA

Tema que me fuera asignado por laDireccion de Escuela de Inenieria Quimica



Hector R. Gudiel Paniagua

Guatemala, octubre de 1996



Guatemala, mayo 6 de 1,996

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


Señor Director

Por este medio me permito comunicarle que he asesorado el trabajo de tesis titulado **EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y USO INDUSTRIAL DE LAS FUENTES QUE ABASTECEN AL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA**, del estudiante Hector René Gudiel Paniagua, con carnet 8712321. Considero que llena los requisitos exigidos por la Escuela de Ingeniería Química, por lo que solicito a usted sea aprobado y se proceda a la autorización del mismo.

Dejo constancia que la fase práctica de esta investigación cubrió las épocas de verano e invierno con el objetivo de obtener una situación real del comportamiento de la calidad del agua y de aquellos factores climáticos que la afectan con el propósito de verificar la variación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos relacionados a los usos de consumo humano e industrial.

Me suscribo de usted, atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



Guatemala, 19 de agosto de 1996

Ingeniero
Adolfo Gramajo Antonio
Director Escuela de Ingeniería Química,
Presente

Señor Director

Por este medio me permito comunicarle que he asesorado el trabajo de tesis titulado **DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y USO INDUSTRIAL DE LAS FUENTES QUE ABASTECEN AL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA**, del estudiante **Hector Rene Gudiel Paniagua**, con carnet No. **87-12321**. Considero que el trabajo de tesis llena los requisitos exigidos por la Escuela de Ingeniería Química, por lo tanto es conveniente que se apruebe y se proceda a la autorización del mismo.

Me suscribo de Usted, atentamente

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Alba E. de Abreu

**DRA. ALBA TABARINI M. DE ABREU
REVISORA**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



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 Director de la Escuela de Ingeniería Química, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo del estudiante, **Hector Rene Martin Gudiel Paniagua**, titulado: **DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y USO INDUSTRIAL DE LAS FUENTES DE AGUA QUE ABSTECEN AL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PUNULA**, procede a la autorización del mismo.


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

Guatemala, 1 de octubre de 1,996.



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 del estudiante; **Hector Rene Martin Gudiel Panlagua**, titulado: **DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y USO INDUSTRIAL DE LAS FUENTES DE AGUA QUE ABSTECEN AL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA**, procede a la autorización del mismo.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO

Guatemala, 1 de octubre de 1,996.



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

ACTO QUE DEDICO A

DIOS Señor del universo, fuente de saber y creador del ser humano.

MIS PADRES Delia Paniagua de Gudiel y Rosendo Gudiel, por haberme guiado y apoyado hasta este momento, con su ejemplo.

MIS HERMANOS.

MI MADRINA.

MI FAMILIA.

MI NOVIA quien me ha apoyado espiritualmente.

MIS AMIGOS.

GUATEMALA patria grande, de gente sin igual con un pasado grande.

AGRADECIMIENTOS:

DRA. Alba Tabarini, por ser una catedrática ejemplar y por compartir su enorme experiencia en el campo del agua y su saneamiento

Ing Zenon Much por su asesoría y su amistad invaluables

Lab. de Química y Microbiología del agua de la Fac. de ingeniería, por acogerme en sus instalaciones, principalmente por el apoyo brindado por el Lic. Otto Samayoa, los sres. Moisés Dubón y David Mijangos

Municipalidad de Sta. Catarina Pinula, muy especialmente al Ing. Fredy Chutan y al sr. Sotero Martinez.

COLGATE-PALMOLIVE por el apoyo brindado en especial a la Lic. Marta Julia Peña y al Ing. Roberto Torres por el impulso brindado.

I N D I C E

GLOSARIO	2
RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. ANTECEDENTES	9
3. JUSTIFICACIONES	11
4. OBJETIVOS	12
4.1 Objetivo general	12
4.2 Objetivos específicos	13
5. HIPÓTESIS	15
6. UNIVERSO DE TRABAJO	16
6.1 Datos generales del municipio de Santa Catarina Pinula	16
6.1.1 Localización	16
6.1.2 Integración territorial	16
6.1.3 Clima	17
6.1.4 Topografía, alturas, distancias y vías de comunicación	17
6.1.5 Orografía e hidrografía	18
6.1.6 Integración económica	18
6.1.7 Integración social	19
6.2 Ubicación de las fuentes de agua	20
6.3 Selección de los lugares de muestreo	21
6.4 Inspección de los lugares de muestreo	22
6.5 Evaluación del tratamiento aplicado al agua del municipio	24
6.6 Frecuencia del muestreo	25
6.7 Recolección, transporte y conservación de las muestras de agua	26
6.7.1 Muestra para el análisis físico- químico	26
6.7.2 Muestra para el examen bacteriológico	27
7. MARCO TEÓRICO	29
7.1 El agua	29
7.2 Usos del agua	30
7.3 Ciclo hidrológico	31
7.4 Agua para consumo humano	33
7.4.1 Potabilidad	33
7.4.2 Investigación sanitaria	34
7.4.3 Análisis físico-químico y examen examen bacteriológico	35
7.4.4 Norma COGUANOR NGO 29-001	36
7.5 Agua para usos industriales	37
7.6 Impurezas del agua	38

7.7 Efectos de las impurezas del agua	40
7.7.1 Incrustación	40
7.7.2 Corrosión	41
7.7.3 Fragilidad cáustica o fatiga de corrosión	41
7.7.4 Formación de espumas	41
7.7.5 Arrastre	41
7.7.6 Ensuciamiento	42
7.8 Indice de Langellier	42
8. METODOLOGÍA	44
8.1 Métodos	44
8.1.1 Análisis físico	44
8.1.2 Análisis químico	44
8.1.3 Examen bacteriológico	45
8.2 Materiales	45
9. RESULTADOS	46
9.1 Tablas	46
9.2 Gráficas	49
10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
10.1 Resultados y evaluación del análisis físico	51
10.2 Resultados y evaluación del análisis químico	55
10.3 Resultados y evaluación del examen bacteriológico	59
10.4 Comparación de resultados con la propues- ta de norma CATIE para la industria	60
10.5 Indice de langellier	62
11. CONCLUSIONES	64
12. RECOMENDACIONES	65
13. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	67
14. ANEXO	70

GLOSARIO

Abastecimiento de agua (aprovisionamiento): es la fuente de agua que se canaliza para surtir a una población.

Agua: es un compuesto químico formado por dos partes de hidrógeno y una parte de oxígeno, en volumen. Puede tener en solución o en suspensión a otros materiales sólidos, líquidos o gaseosos. Su fórmula es H_2O .

Agua potable: es el agua que no contiene contaminación, minerales, ni agentes infecciosos objetales y que se considera satisfactoria para el consumo humano. Apropiado para beber.

Alcalinidad del agua: es la medición cuantitativa de los constituyentes alcalinos totales (carbonatos, bicarbonatos, oxhidrilos) de un agua, tanto en el estado ionizado como en el no ionizado. Comunmente se expresa en mg/L de la $CaCO_3$ equivalente.

Análisis físico: son las pruebas físicas que miden y registran aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos.

Análisis físico-químico: es la determinación cualitativa y cuantitativa de los parámetros físicos y químicos que definen la calidad del agua.

Análisis químico: son las pruebas químicas que determinan las cantidades de materias mineral y orgánica que hay en el agua, que afecta su calidad y proporciona datos acerca de contaminaciones o muestra variaciones ocasionadas por un tratamiento.

Ciclo hidrológico: es el recorrido por el que el agua circula a través de la naturaleza, cambiando de estado físico.

Color aparente: es una pigmentación debida a la presencia de sólidos suspendidos en un abastecimiento de agua.

Color verdadero: pigmentación debida a la presencia de partículas o gotas finamente divididas en dispersión o solución en un abastecimiento de agua.

Compuesto: es una sustancia cuyas moléculas están formadas por dos o más elementos diferentes, que han entrado en combinación química

para formar otra sustancia diferente de los compuestos constitutivos.

Concentración: medida de la cantidad de materia en una unidad de volumen o masa. En este estudio, generalmente se refiere a la concentración de impurezas en el agua, expresada como miligramos por litro (mg/l).

Corrosión: es el deterioro gradual o destrucción de una sustancia o material por acción química. Generalmente se aplica este término a la oxidación o enmohecimiento del hierro.

Depósito: es una laguna, un lago, tanque, estanque u otro medio de origen natural o constituido total o parcialmente mediante estructuras artificiales que se usan para el almacenamiento, regulación y/o control del agua.

Desinfección: es el aniquilamiento de la mayor parte (pero no necesariamente de todas) de las bacterias, por medio de sustancias químicas (en el presente trabajo) como el cloro u hipocloritos de calcio o de sodio.

Dureza: es una característica del agua, debido principalmente a su contenido de carbonatos y sulfatos y ocasionalmente a los nitratos y cloruros de calcio, magnesio y hierro, que hace que el jabón forme químicos en el agua, que se consume más jabón, que se depositen incrustaciones en las calderas y que produzcan efectos perjudiciales en algunos procesos industriales y a veces de sabor indeseable al agua. Generalmente se determina a partir del contenido de calcio y magnesio en el agua y se expresa en mg/L como carbonato de calcio equivalente.

Examen bacteriológico rutinario del agua: es la determinación aproximada del número total de bacterias presentes y de la presencia o ausencia de microorganismos de origen intestinal o de aguas negras; en este examen, se buscan organismos indicadores no patógenos, pero que estén presentes en las evacuaciones intestinales del hombre y animales de sangre caliente y, por lo tanto, en la contaminación de aguas negras.

Grupo coliforme fecal: son las bacterias que habitan únicamente en el intestino del hombre y de animales de sangre caliente, y tienen las mismas características del grupo coliforme total; está constituido por la *Escherichia coli*.

Impacto ambiental: se dice del impacto o resultado que provoca en el medio ambiente, causado por la actividad humana evaluada.

Incrustación: deposición de costras sólidas de carbonatos calcicos y magnésicos. Se forman debido a la baja solubilidad de los carbonatos y causan mayores problemas sobre las superficies metálicas.

Índice de Langellier: es una medida del potencial o tendencia del agua a ser incrustante o corrosiva en los materiales que la contienen. El índice de Langellier lo determinan las siguientes condiciones particulares del agua : temperatura, dureza y potencial de Hidrógeno.

Investigación sanitaria: trabajo de campo por medio del cual se infieren las condiciones sanitarias con las que se abastece una determinada población.

Nacimiento (manantial): se refiere al brote de agua subterránea en la superficie, que según su posición en la respectiva cuenca hidrográfica, puede dar origen a un riachuelo, una quebrada o un río; se cataloga como una fuente natural de agua.

Número más probable: es la mejor estimación de acuerdo con la teoría estadística, del número de bacterias coliformes (intestinales), presentes en una muestra de agua de 100 cm³; generalmente se expresa como N.M.P./100 cm³ de bacterias coliformes totales o fecales siempre que se emplea el "Método de los tubos de fermentación, con diluciones múltiples.

Potabilidad: es la cualidad del agua de una fuente de abastecimiento de agua para consumo humano que cumple con la norma NGO 29-001, y que la hace apta para su consumo.

Potencial hidrógeno: es el logaritmo inverso de la concentración de iones hidrógeno y mide la intensidad de la reacción alcalina del agua y generalmente se expresa en unidades de pH.

Pozo: fuente de agua artificial, clasificado como artesiano o mecánico según la presión hidráulica de la napa freática. El primero es el resultado de excavar un agujero por donde brota el agua sin ayuda mecánica, y el segundo es una estructura más formal que requiere de un sistema de bombeo.

Punto de muestreo: es un punto dentro del área geográfica delimitada, el municipio de Santa Catarina Pinula en este caso, cuyas muestras reúnen las condiciones siguientes : son representativas de la fuente de agua investigada y el punto es accesible.

Tanque de captación: es una estructura hidráulica de acopio de agua, que puede poseer una o varias fuentes de abastecimiento de agua o entradas.

Tanque de distribución: es una estructura hidráulica de almacenamiento y distribución de agua que proviene generalmente de un sistema de tratamiento de agua, por lo que su contenido es potable y puede procederse a la distribución.

Tratamiento del agua: es uno o una serie de procesos unitarios (filtración, sedimentación, floculación, etc.) por medio de los cuales se mejora la calidad del agua. Para ello, se requiere de una infraestructura mínima para lograr eficiencias de remoción adecuadas, de las características físicoquímicas o bacteriológicas no deseadas.

Tubería (línea) de conducción : obra de ingeniería hidráulica por medio de la cual se transporta el agua entre dos puntos geográficos distantes (distancias > 1 km).

Turbiedad: es el efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos que pasan a través del agua que contiene pequeñas partículas en suspensión.

RESUMEN

El trabajo de tesis se inició en diciembre de 1994, al principio de la época de verano del año 1995. Se acudió a la oficina de la construcción de la municipalidad de Santa Catarina Pinula, en donde se brindó la ayuda necesaria para visitar y elegir los puntos de muestreo, así como de la respectiva inspección sanitaria.

Se tomaron seis muestras representativas de la estación seca y seis adicionales de la lluviosa, a intervalos de 2 semanas cada una. Durante las dos semanas, se llevaron a cabo los análisis de laboratorio respectivos.

En los siguientes meses, se procedió a analizar los resultados de los análisis, con lo que se obtuvieron las conclusiones de este informe final de tesis.

Se determina que el agua no es sanitariamente segura, es decir, no es apta para consumo humano, según la norma NGO 29-001. El agua abastecida por la municipalidad de Santa Catarina tampoco cumple con la propuesta de norma CATIE, por lo que para los diferentes usos industriales se requiere de un acondicionamiento previo.

1. INTRODUCCION

El agua es uno de los recursos renovables más importantes con que cuenta el hombre en el presente.

A través de la historia, se acentúa esta importancia, en los predicados de que constituye un preciado líquido que es necesario para el mantenimiento de la vida, y es un auxiliar de la limpieza y de la salubridad de cualquier actividad humana, así como un factor indispensable en la agricultura, una herramienta de creciente utilidad en la industria, un medio para transportar cargas de diversa índole, y una excepcional fuente de diversión en áreas destinadas a usos recreacionales.

Para cumplir con el fin primordial de la supervivencia humana, el agua tiene que llenar ciertos requisitos físicos, químicos y microbiológicos; características que definen la potabilidad de la misma. Esta potabilidad permite ingerir el agua sin ocasionar efectos dañinos a la salud del consumidor, así como presentar un aspecto cristalino y agradable a los sentidos.

La necesidad de analizar la potabilidad del agua ha aumentado con la creciente intervención del hombre en las reservas

hídricas naturales, y ha causado su contaminación y la ha hecho no apta para consumo humano. Guatemala, en su reciente desarrollo demográfico e industrial, no escapa a la tendencia mundial del uso irracional de sus recursos; se han justificado así los estudios que en este sentido permiten revelar si una determinada población está consumiendo agua sanitariamente segura, así como su posible uso en procesos industriales. El presente estudio tiene como propósito fundamental investigar si el agua que se distribuye a través de la municipalidad de Santa Catarina Pinula llena las características de potabilidad, según la norma COGUANOR NGO 29-001 y si se puede adecuar a diferentes procesos industriales.

Con base en lo anterior se hace necesario realizar análisis físico-químicos y exámenes bacteriológicos a las diferentes fuentes de agua del sector municipal de Santa Catarina Pinula, con el propósito de poner en evidencia si es apta para consumo humano y si está entre las posibilidades de la municipalidad ofrecerla al sector industrial para adecuarla a los diferentes sectores industriales, que están situados dentro de este municipio.

2. ANTECEDENTES

Se han efectuado varios estudios y trabajos, relacionados con el abastecimiento de agua, por la municipalidad de Santa Catarina Pinula; se encuentran entre los que han tenido éxito, los del *"Proyecto de perforación de un pozo mecánico en el sector sur de la cabecera municipal"*, conocido con el nombre de El Güisital (perforación reciente) (9), y los de la captación del río Las Minas (línea de distribución antigua).

Se han realizado varios estudios referidos a la calidad del agua, entre los que se pueden mencionar las siguientes tesis de grado: *"Investigación de las demandas de agua en la aldea Los Platanares del departamento de Santa Rosa y el caserío La Cuchilla del Carmen del departamento de Guatemala"*, del Ingeniero Civil Gustavo Alfredo Hurtarte Aroche (1972); uno de los propósitos de dicho trabajo fue investigar la calidad del agua de la Cuchilla del Carmen, y se detectó que el agua no cumplía con las normas de potabilidad. (7) En el estudio *"Rediseño del servicio público de agua potable de Santa Catarina Pinula"* del Ingeniero Agrónomo Marco Tulio Solares Monterroso, también se hace un análisis de la calidad del agua que abastece a la red de servicio público, y en la que se

determinó que no era apta para consumo humano (1978). (12)

Además se pueden mencionar estudios similares aplicados a otras localidades, como: *"Determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos para evaluar la calidad del agua en el municipio de Palín, para consumo humano y su uso en los procesos de la industria de esta área"*, trabajo de tesis del Ingeniero Químico Roberto Ordóñez Comparini, en el que se tiene por objetivo investigar la calidad del agua para consumo humano e industrial, y se llegó a determinar la potabilidad del agua; se recomendó en la misma que sólo precisaba un acondicionamiento para ser usada por la industria del lugar (1992). (10) En el estudio *"Evaluación de la calidad del agua para consumo humano de la colonia primero de julio y la aplicación de un proceso de desinfección"* por el Ingeniero Civil Carlos Gómez Escobar, se investiga la calidad del agua que proviene de pozos mecánicos, que abastece uno de los sectores más populosos de la ciudad de Guatemala; en el mismo, se recomiendan medidas de control de la calidad del agua, así como un tratamiento de desinfección por medio de hipoclorito de calcio al 65% (1993). (6)

3. JUSTIFICACIONES

3.1 Desde el punto de vista social, es necesario contar con estudios que garanticen o prevengan el aprovisionamiento del recurso agua para consumo humano, especialmente si se observa un crecimiento poblacional como el del municipio de Santa Catarina Pinula.

3.2 Utilizar el estudio para proveer de información a la industria y al comercio de Santa Catarina Pinula, con datos relativos a la calidad del agua que se puedan utilizar en sus respectivas actividades.

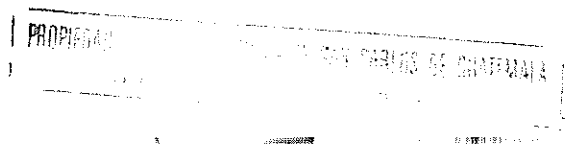
4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

4.1.1 Determinar la calidad física, química y bacteriológica del agua distribuida por el sistema de abastecimiento municipal a la población de Santa Catarina Pinula y sus alrededores.

4.2 Objetivos Específicos

- 4.2.1 Determinar si la calidad del agua municipal de Santa Catarina Pinula, cumple con las características enmarcadas en los límites máximos aceptables y permisibles establecidos por la norma COGUANOR NGO 29-001.
- 4.2.2 Evaluar las oscilaciones en los parámetros físico-químicos y bacteriológicos de las fuentes de agua municipales a través del verano e invierno.
- 4.2.3 Determinar la calidad del agua en estudio para diversos usos industriales, aplicando el índice de Langelier en la evaluación del carácter corrosivo e incrustante de la misma, así como otros parámetros de importancia relacionados con los usos anteriormente mencionados.
- 4.2.4 Elaboración de un informe destinado a la municipalidad de Santa Catarina Pinula, con el fin de presentar las recomendaciones necesarias para mejorar



la calidad del agua, con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, así como algunas sugerencias acerca de su aprovechamiento para industrias diversas localizadas en el área y que sean abastecidos por agua de dicha municipalidad.

5. HIPOTESIS

5.1 El agua suministrada por la municipalidad de Santa Catarina Pinula no cumple con las especificaciones para agua potable, recomendadas en la norma NGO 29-001, por lo que debe de recibir un tratamiento que la condicione, a las características de la norma antes mencionada.

5.2 El agua suministrada por la municipalidad de Santa Catarina Pinula, puede adecuarse para algunos proceso industriales (que se describen en el numeral 6.1.6 inciso c "Integracion Económica"), al cumplir las características señaladas por la propuesta de norma CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).

6. UNIVERSO DE TRABAJO

6.1 Datos generales del municipio de Santa Catarina Pinula

6.1.1 Localización

Santa Catarina Pinula es uno de los municipios que componen el departamento de Guatemala, y se encuentra ubicado al Sur-Este del mismo. Cuenta con una extensión territorial de 51 km² aproximadamente. Colinda con los siguientes municipios: al norte con Guatemala, al este con San José Pinula y Fraijanes, al oeste con Villa Canales y Guatemala y al sur con Fraijanes y Villa Canales (Ver Apéndice 13.1). La cabecera municipal de Santa Catarina Pinula se encuentra a 1580 msnm y geográficamente se le localiza en las coordenadas 14°34'18" latitud norte y 90°29'48" longitud oeste. (5)

6.1.2 Integración territorial

La jurisdicción territorial del municipio se integra de la siguiente forma: Santa Catarina Pinula, con categoría de Población es la cabecera municipal y cuenta con

las aldeas: El Pueblito, El Carmen, La Salvadora, Los Cipreses, Canchón, Don Justo, El Pajón, Cristo Rey y Puerta Parada.

En el municipio, se localizan los siguientes caseríos: La Cuchilla del Carmen en El Carmen, Pepe Nance en el Pajón, y El Manzano, Piedra Parada, Los López y Laguna Bermeja en Cristo Rey. (5)

6.1.3 Clima

El clima varía de templado a fresco, con una temperatura media anual de 19° C; se reporta una precipitación anual media de 1124 mm en 110 días de lluvia. (7)

6.1.4 Topografía, alturas, distancia y vías de comunicación

El municipio de Santa Catarina Pinula es generalmente quebrado, con algunas planicies y pequeños valles. La altura oscila entre 1500 y 2000 msnm. Dista 12 km de la capital de la República, sobre una vía totalmente asfaltada. El municipio es atravesado por la Carretera Interamericana CA-1 y tiene acceso a la Ruta Nacional 18, con entronque en la aldea Don Justo. Cuenta con servicios de transporte en toda su jurisdicción. (8)

6.1.5 Orografía e hidrografía

Se encuentran en este municipio varias elevaciones; una de las principales es el cerro del Güisital, donde se ubica el tanque de distribución del agua municipal.

Los principales ríos, que recorren el municipio, son el Acatán y el Pinula, que forman parte de las fuentes de aprovisionamiento de agua de la ciudad capital. El río Las Minas nace en jurisdicción de Villa Canales, al este de la finca San Agustín Las Minas; recibe como afluentes la quebrada Seca y la quebrada Cangrejitos. Este río es una de las fuentes que proveen de agua municipal a Santa Catarina Pinula. (5)

6.1.6 Integración económica

a. *Agricultura:* los principales cultivos son maíz, frijol y hortalizas, en pequeña escala, debido a que la producción agrícola ha disminuido a medida que avanza la construcción de viviendas en el municipio, el cual se ha convertido en área residencial aledaña a la ciudad de Guatemala.

b. *Ganadería:* se encuentran sólo pequeñas crianzas de bovinos y equinos que comparadas con la de porcinos, ha sido durante varias décadas la más productiva, y abas-

tece diariamente a algunos mercados capitalinos con carne, chicharrones y embutidos. La avicultura ha experimentado últimamente un sensible desarrollo, ya que existen instalaciones formales que operan a nivel comercial.

c. Industria: es uno de los principales rubros de la economía del municipio, pues funcionan importantes empresas industriales de diverso género, entre ellas, de tejidos, de productos alimenticios, de envases metálicos, de plásticos, de materiales de construcción y de verduras para exportación. (8)

6.1.7 Integración social

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), la proyección para el año de 1990 estima una población de 26 300 habitantes para el municipio de Santa Catarina Pinula, de los cuales la gran mayoría es ladina-mestiza con el 1.5% de la población indígena. La densidad de población es de 516 habitantes por km², y se estima una cantidad de viviendas de 5 300 y el núcleo familiar se compone de 5 miembros en promedio. La población económicamente activa es del 29% y el analfabetismo es del 15% . (8)

6.2 Ubicación de las fuentes de agua

El universo de trabajo lo componen las diferentes fuentes de agua que abastecen al municipio de Santa Catarina Pinula; éstas no incluyen los diferentes pozos privados, que en la actualidad llegan a un total de 13 naturales y 4 mecánicos, según información municipal.

Las fuentes de agua investigadas están constituidas por:

río Las Minas: nace al este de la finca San Agustín Las Minas y se alimenta de varias fuentes menores; posee un tanque de captación a 5 kms de la cabecera municipal (ver plano 14.2). Abastece a las aldeas La Salvadora, El Carmen, La Cuchilla del Carmen y El Pueblito. El agua de esta fuente y la de los pozos mecánicos se une en el tanque de distribución municipal, de la cabecera.

Pozo mecánico El Güisital: se localiza en el cerro del mismo nombre, a 800 metros de la alcaldía (Plano 14.2). Sus aguas se mezclan con el agua de Las Minas y del otro pozo en el tanque de distribución municipal.

Pozo mecánico El Rastro: ubicado a un costado del rastro municipal a 400 metros de la alcaldía (ver plano 14.2). Sus aguas se unen en la misma forma que el pozo anterior, en el tanque municipal.

También se tiene la adición del caudal del río proveniente de la finca El Manzano, el cual se encuentra a 4 km del tanque de distribución municipal, y que no se tomó en cuenta para el presente estudio.

6.3 Selección de los lugares de muestreo

Se seleccionaron cuatro puntos de muestreo en diferentes lugares estratégicos y que son los más representativos en el área de estudio (plano 14.2), con el fin de evaluar la calidad del agua del municipio, que abarca la captación de las fuentes de agua, hasta su distribución. Los puntos de muestreo son los siguientes:

Tabla 6.3.1

Punto	Lugar
I	Tanque de captación del río Las Minas
II	Escuela Pública de El Pueblito
III	Tanque de distribución municipal
IV	Centro de salud municipal

6.4 Inspección de los lugares de muestreo

En los diferentes puntos de muestreo, se procedió a investigar la forma de recolección y distribución del agua, y se llegó a las siguientes observaciones:

Punto I

El agua del río Las Minas posee varios manantiales afluentes, los cuales se encuentran en alto riesgo de ser contaminados por colonias aledañas de reciente construcción, así como contaminación animal y de desechos de madera. Estos afluentes deben ser canalizados de manera tal que puedan ser aprovechados sanitariamente al máximo de su potencial, sin causar daños al ecosistema del lugar, ni dejar sin una gota de agua a la cuenca hidrográfica local.

El agua de algunos nacimientos es canalizada por medio de tubería de PVC, en sustitución de la antigua tubería de hierro hasta el tanque de captación, en donde se une con el agua del río Las Minas. El diseño de canalización con PVC no es del todo correcto, ya que se encontraron tramos al descubierto, que son utilizados como puente y soporte de paso peatonal y otros más que se encuentran sin anclaje que soporte la tubería.

El tanque de captación se encuentra funcionando en condiciones aceptables, por lo que es necesario realizar trabajos de mantenimiento preventivo durante el verano para evitar que la deposición de arena disminuya su capacidad de almacenamiento. Además, dicho tanque no cuenta con dispositivos que retengan materiales de gran tamaño (>5cm).

La tubería de conducción, desde el tanque de captación a los puntos de distribución a través del municipio se encuentra muy deteriorada, ya que es muy antigua, y es fabricada de hierro, con varios agujeros en su recorrido, y se observa una pérdida considerable de agua.

Punto II

El tanque de distribución de la aldea El Pueblito funciona a la vez como caja de registro y su ubicación es ideal con el fin de distribuir el agua. El mismo se encuentra arriba de la escuela, no posee facilidades para la toma de muestras; por ello, se decidió tomar la muestra en la escuela pública.

Punto III

El tanque de distribución municipal posee una caja de mezcla, donde llegan los caudales del río Las Minas, El Manzano y el pozo del Güisital. Este último presenta muchos problemas por la cantidad de hierro que contiene, como se pudo determinar a través de los muestreos efectuados. A esta caja también llega la dosificación de cloro; luego de la caja, el agua pasa por un canal de mezcla, donde se une también el agua proveniente del pozo de El Rastro, y se subdivide el caudal total en dos tanques de almacenamiento.

Punto IV

El centro de salud está ubicado en el centro del sistema de distribución de agua municipal. El agua proveniente del tanque de distribución se reparte alternativamente entre dos zonas, en las que se divide la cabecera municipal de Santa Catarina Pinula. El centro de salud es un lugar ideal para determinar la calidad del agua municipal.

6.5 Evaluación del tratamiento aplicado al agua municipal

El único tratamiento que se le aplica al agua municipal es el de desinfección por medio de hipoclorito de

calcio, el cual no es continuo (sólo en el muestreo 11 se detectó la presencia de cloro residual) y no se controla adecuadamente por medio de monitoreo en la red de distribución. Este tratamiento de desinfección es efectivo si se maneja bien, ya que sólo en el muestreo que se detectó la presencia de cloro residual se notó una disminución en el número más probable de coliformes por cien centímetros cúbicos. Por lo anterior se recomienda el uso de otros métodos de tratamiento, que no sólo cubran el aspecto bacteriológico, sino también la turbiedad, el color aparente y la remoción de hierro, para asegurar la calidad del agua servida a la población de Santa Catarina Pinula.

6.6 Frecuencia del muestreo

El muestreo se realizó en intervalos de dos semanas durante 6 meses, y se hizo de tal modo que pudieran determinarse los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en las estaciones de verano e invierno. Cada uno de los puntos fue objeto de una inspección y recolección de muestra, para luego ser trasladado al Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria, del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos. A continuación, se detalla

una tabla con las fechas en que se realizaron los doce muestreos, de 1995 (exceptuando diciembre de 1994):

Tabla 6.6.1

Muestra	Fecha
1	14 de diciembre
2	28 de diciembre
3	12 de enero
4	30 de enero
5	12 de febrero
6	25 de febrero
7	5 de mayo
8	20 de mayo
9	3 de junio
10	17 de junio
11	29 de junio
12	13 de junio

6.7 Recolección, transporte y conservación de las muestras de agua.

6.7.1 Muestra para análisis físico-químico

La muestra para el análisis físico-químico se recolecta en recipientes de polietileno de 3.8 litros de capacidad (1 galón). Antes de recolectada la muestra, se lava el recipiente tres veces y se llena a su capacidad,

previamente identificado, procediendo a anotar los datos de lugar, hora y temperatura.

6.7.2 Muestra para examen bacteriológico

Esta muestra se recolecta en frascos de vidrio de 125 cm³ con tapón esmerilado, que han sido esterilizados previamente y poseen una cubierta o capucha de protección elaborada de papel Kraft, según recomendaciones de los métodos empleados para este examen en la norma COGUANOR NGO 29002 h19 (1). En los puntos donde la muestra se toma de grifos, como el caso de los puntos II (escuela del Pueblito) y IV (Centro de Salud), se practica la técnica de flameo con mechero de alcohol para evitar una contaminación ajena a la muestra de agua y por consiguiente falsos resultados. Se esteriliza durante un minuto la boca del grifo, y luego se deja correr el agua por dos minutos, recolectándose entonces la muestra.

En el punto I, la muestra se toma de un tanque, y en el punto II, en un vertedero. Para tomar la muestra en estos puntos, se sumerge el frasco de recolección al que le ha sido removida la cubierta de papel, llevando el mismo en forma invertida lo más cerca posible del fondo

y en sentido contrario a la corriente; se llena dejando un pequeño volumen de aire para posterior homogenización.

Las muestras recolectadas para análisis físico-químico y examen bacteriológico deben ser transportadas lo más rápido posible y en condiciones de refrigeración al laboratorio. (1)

7. MARCO TEÓRICO

7.1 El agua

El agua es un compuesto de gran abundancia en la naturaleza, formado por los elementos hidrógeno y oxígeno, según su fórmula estequiométrica H_2O . Es normalmente un líquido insípido, incoloro e inodoro y es casi imposible encontrarla en la naturaleza con una pureza total, debido a que la mayoría de minerales del suelo y gases de la atmósfera terrestres son solubles en la misma. (2)

Es un líquido anormal si se le compara con otros compuestos similares, como el H_2S , debido a la polaridad mostrada a nivel molecular; esta polaridad anormal es atribuida al átomo de oxígeno, y permite que el agua posea características únicas, entre las que se pueden mencionar:

- * su valor máximo de densidad en estado líquido lo tiene a una temperatura de $+ 3.98^{\circ} C$, y sufre una expansión al solidificarse;
- * posee una elevada tensión superficial;
- * su calor específico y sus calores latentes, tanto de fusión como de evaporación son altos;

- * tiene una elevada conductividad térmica;
- * tiene fuerte poder ionizante y disolvente, además de un constante dieléctrica elevada;
- * posee propiedades oxidantes. (2)

7.2 Usos del agua

El agua es necesaria para todo ser viviente del planeta, de allí su gran importancia a través de la evolución de la vida. Para el ser humano, no sólo es importante desde el punto de vista metabólico, sino también para otros fines; según el uso al que se destine, el agua puede ser clasificada de la siguiente manera:

- * *Agua para consumo humano:* para cocinar, beber y para el aseo doméstico
- * *Para uso agrícola:* para riego y lavado de productos agrícolas
- * *Para uso industrial:* como materia prima e ingrediente en alimentos, para lavar materia prima y producto, para trans-

portar material, como medio de transporte energético en calderas, como refrigerante o calefacción en procesos térmicos, como lubricante, etc.

* *Para navegación:* como vía de comunicación fluvial o marítimo

* *Uso público:* en hidrantes, fuentes y bebederos públicos

* *Para área de recreación:* baño, natación, deportes acuáticos

Para la mayoría de usos, se requiere de un control de la calidad del agua, principalmente en cuanto a sustancias disueltas se refiere, ya que una concentración que supere los límites establecidos vuelve el agua inservible. (14)

7.3 Ciclo hidrológico

El agua cambia de estado, y se transporta al mismo tiempo a través de los diferentes ambientes de la biósfera, de la hidrósfera, de la litósfera y de la atmósfera, en lo que se denomina ciclo natural del agua o ciclo hidrológico, como se puede ver en el diagrama 7.3.1. (2)

Es por medio de estos cambios de estado y de ambiente natural que el agua adquiere las diferentes impurezas que la contaminan. Por ejemplo, el agua de lluvia que ha disuelto sustancias gaseosas de la atmósfera, moja la tierra, se escurre a través de la superficie de la misma, se infiltra en su interior para disolver las sustancias minerales del suelo. En las cuencas, los ríos arrastran consigo hasta los océanos materia orgánica; y toda sustancia atrapada en el hielo polar es acarreada por las corrientes marinas, hasta ser liberada en aguas más cálidas, al fundirse el hielo.

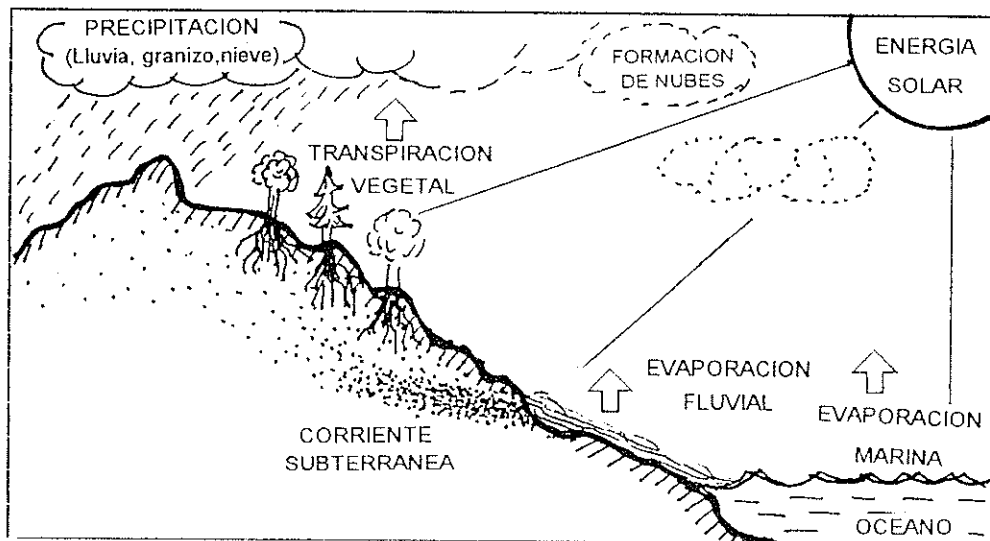
De lo anterior, se puede hacer una clasificación de las fuentes de agua:

* *Fuentes de agua atmosférica:* se refiere al agua condensada de la atmósfera en forma de niebla, lluvia y nieve

* *Fuentes de agua superficial:* se trata del agua contenida en los océanos, lagos y ríos .

* *Fuentes de agua subterránea:* se refiere al agua de corrientes subterráneas, manantiales, pozos y galerías de infiltración

Diagrama 7.3.1



7.4 Agua para consumo humano

7.4.1 Potabilidad

Para poder ser consumida por las personas, el agua debe llenar ciertos requisitos, lo que da la pauta al término de potabilidad o agua sanitariamente segura. El agua que por sus características de calidad se apega a la norma COGUANOR NGO 29001 se denomina **potable**, y la contaminada con desechos domésticos o industriales es no potable o contaminada. (4)

Debido a la importancia que para la salud de las personas significa el consumo de agua potable, se requiere de

investigación y seguimiento de la fuente y de la calidad del agua que de ella emana, sobre todo si se trata de fuentes nuevas. Si el agua no es apta para consumo humano, pero puede corregirse para prestar el servicio, debe analizarse el tratamiento adecuado desde el punto de vista sanitario, técnico y económico. El tratamiento se puede evaluar a partir de los resultados de los análisis físico y químico, así como del examen bacteriológico.

7.4.2 Investigación sanitaria

La investigación sanitaria de una fuente de abastecimiento de agua comprende tres aspectos:

- a. Inspección de la fuente de agua sin tratar e investigación de las condiciones que influyen en la calidad de la misma.
- b. Inspección de los procesos de tratamiento de la planta o del pozo de agua.
- c. Inspección del sistema de la red de distribución de agua a los consumidores.

Estas inspecciones permiten evaluar si el agua que se suministra satisface los requerimientos específicos.

7.4.3 Análisis físico-químico y examen bacteriológico

Los parámetros físicos y químicos miden y registran aquellas propiedades que pueden ser percibidas por los sentidos. Sin embargo, para un control más adecuado del agua, es necesario llevar a cabo exámenes y análisis de laboratorio, para tomar medidas correctivas en fuentes de abastecimiento, controlar la calidad del agua, evaluar procesos de tratamiento y sus costos. (15)

El análisis físico permite determinar si el agua presenta anomalías respecto a los parámetros físicos que se especifican para el agua potable; el análisis químico revela la concentración de los diferentes compuestos químicos y si superan el rango aceptable. La calidad bacteriológica del agua se establece por medio del análisis bacteriológico. En conjunto, estos tres análisis permiten determinar la potabilidad del agua.

Desde el punto de vista físico, el agua debe ser agradable a los sentidos y dentro de los parámetros más importantes se encuentran:

Turbiedad : se define como la dispersión e intransferencia de los rayos luminosos que pasan a través del agua debido a las partículas suspendidas o en estado coloidal, tales como arcilla, limo y plancton.

Color aparente : es el producto de partículas coloidales cargadas eléctricamente, así como de desechos vegetales y animales en estado de descomposición. Puede atribuirse también a minerales disueltos del suelo y de las rocas.

Color verdadero: se debe a presencia de sólidos disueltos o finamente divididos, y que dan pigmentación al agua.

Temperatura : representa el grado de energía térmica contenida en un cuerpo, y está determinada por múltiples factores, entre los cuales puede mencionarse para el agua superficial, la época del año y aspectos meteorológicos.

7.4.4 Norma COGUANOR NGO 29001

Por medio de la investigación y la experiencia, se han fijado internacionalmente normas, que establecen límites necesarios y tolerables para los diferentes parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.

En Guatemala, la norma que rige en materia de calidad del agua para consumo humano es la norma COGUANOR NGO

29001 y sus derivados NGO 29002, h19, h20, h21, h22, h23 y h24. En los cuadros No.1 y No.2 del anexo, se transcriben los valores de los límites máximos aceptables y permisibles de los diferentes parámetros físicos y químicos. (4)

7.5 Agua para usos industriales

Toda industria requiere de servicio continuo de agua, en cantidad suficiente para cubrir sus necesidades específicas y con ciertos requerimientos de calidad mínimos. El agua es utilizada industrialmente para diversos propósitos, entre los que destacan principalmente:

- * *Transferencia de calor.*
- * *Interconversión y transporte de energía.*
- * *Procesos de manufactura.*

Debido a que la calidad del agua industrial debe cumplir con ciertas especificaciones para cada aplicación e industria en particular, se han realizado estudios para determinar los parámetros de dichas especificaciones. El seminario taller "Normas de calidad del agua" realizado en Panamá en 1986, propone una norma conocida como Propuesta de Norma CATIE, que es la misma que se reproduce en los cuadros No. 14.7 y No.14.8 del anexo.

(3)

7.6 Impurezas del agua

Entre las impurezas y los parámetros químicos de interés para el presente estudio, se tienen los siguientes: carbonato y bicarbonato de calcio, carbonato y bicarbonato de magnesio, carbonatos de potasio y sodio, sulfatos de potasio, sodio, calcio y magnesio, cloruros de potasio, sodio y magnesio nitratos de potasio y sodio, bióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, fluoruros de los diferentes cationes, nitrógeno en las 4 formas orgánico, amoniacal, nitritos y nitratos, hierro, manganeso, oxígeno disuelto; además los parámetros físicos de color, turbiedad, olor y sabor, dureza, alcalinidad, temperatura y desde el punto de vista microbiológico, la cantidad de microorganismos.

Se pondrá énfasis a los factores de corrosión industrial que puedan afectar el equipo metálico y principalmente las calderas. Entre estos factores se tiene:

pH : un potencial de hidrógeno menor de 6 tiene un fuerte poder corrosivo para los metales.

alcalinidad : es una medida de los compuestos alcalinos del agua, que se expresa como la suma de alcalinidades de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos.

dureza total : expresa generalmente la concentración de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio como CaCO_3 equivalente (1). La dureza se clasifica en forma más general como dureza de carbonatos y dureza de no carbonatos; esta última, más difícil de tratar que la anterior y relacionada a los sulfatos, cloruros y nitratos de los cationes de calcio y magnesio. Las fuentes de agua dura forman compuestos insolubles con los pectatos de vegetales en cocción, que obstruyen el cocimiento de los mismos. Por otro lado, a temperaturas elevadas, se producen precipitados de agua dura sobre paredes metálicas, lo que crea una acumulación de sales que impiden la transferencia de calor, o incrustaciones (2). Por medio del tratamiento del agua con acondicionadores, proceso conocido como ablandamiento, se logra reducir la concentración de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio para el fin a que se destine el líquido. Para poder clasificar el agua por su dureza, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 7.6.1

Dureza (mg/l)	Clasificación
1 - 60	<i>blanda o suave</i>
61 - 120	<i>moderadamente dura</i>
121 - 180	<i>dura</i>
> 180	<i>muy dura</i>

7.7 Efectos de las impurezas contenidas en el agua

Las impurezas del agua pueden causar daños a largo plazo en los equipos industriales, al igual que en los sistemas municipales y particulares de distribución de agua.

7.7.1 Incrustación

Se refiere a una capa de sales que se deposita sobre las superficies en contacto con el agua, principalmente si están expuestas al calor. En las calderas, este fenómeno causa una disminución en la transferencia de calor, lo que a su vez repercute en la eficiencia del equipo. (11)

7.7.2 Corrosión

Es un desgaste provocado por acción mecánica de los sólidos en el agua por acción electrolítica entre las sales disueltas y los materiales, por acidez o alcalinidad del agua y por la presencia de oxígeno. (11)

7.7.3 Fragilidad cáustica o fatiga de corrosión

El equipo, sometido a grandes esfuerzos de tracción durante el funcionamiento, puede presentar fisuras en los bordes de planchas remachadas o en los mismos remaches. (11)

7.7.4 Formación de espumas

Debido a sales disueltas, materia orgánica, álcalis y algunos aceites, el agua puede formar espuma, que en ciertos procesos es perjudicial.

7.7.5 Arrastre

Cuando el agua de una caldera es de baja calidad, el vapor puede arrastrar consigo pequeñas cantidades de agua líquida o espuma, lo que puede corroer o provocar depósitos en las líneas de vapor o en las trampas.

7.7.6 Ensuciamiento

Esto se refiere al depósito y acumulación de material que no constituye una incrustación. Las principales causas de ensuciamiento se deben a materia orgánica natural, masas microbianas, fosfatos de hierro y aluminio.

7.8 Índice de Langellier

El índice de Langellier permite predecir la tendencia corrosiva e incrustante del agua. Esto se lleva a cabo calculando el índice de saturación que es la diferencia entre el valor del pH medido y el pH de saturación calculado.

En el presente estudio, se calculó el pH de saturación por medio de la gráfica 14.8. Se ejemplifica a continuación el procedimiento de dicho cálculo:

- a) Determinar los siguientes parámetros: temperatura ($^{\circ}\text{C}$), potencial de hidrógeno, dureza de calcio (mg/L CaCO_3), alcalinidad al naranja de metilo (mg/L CaCO_3) y sólidos totales (mg/L).
- b) Se lee verticalmente a partir del valor conocido de dureza de calcio en la escala de mg/L , hasta la intersección con la diagonal de dureza de calcio, y se determina así horizontalmente el valor de pCa .

c) De igual forma, se procede con la alcalinidad, y se encuentra en la escala horizontal de mg/L la alcalinidad al naranja de metilo, intersectando con la diagonal de alcalinidad M, para luego hallar el valor pAlc en la escala vertical.

d) Se localiza el valor de solidos totales en la escala mg/L, luego se intersecta con la curva de la temperatura correspondiente y horizontalmente se determina hacia la derecha el valor de la constante C.

e) Entonces el potencial de hidrógeno de saturación es la suma de los tres valores encontrados anteriormente.

$$pH_s = pCa + pAlc + C \quad (7.1)$$

f) Y el índice de saturación queda determinado por

$$I_s = pH - pH_s \quad (7.2)$$

8. METODOLOGÍA

8.1 Métodos

Las técnicas que se van a utilizar en la determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos son los recomendados por el Método Estándar para agua y aguas de desecho de la Asociación Americana de Salud Pública (APHA), la Asociación Americana de trabajadores del Agua (AWWA) y el Control Federal de la Polución del Agua (WPCF, todas de los EEUU) en su manual de métodos patrón (Standard methods), en su decimosexta edición, el cual tiene correspondencia con las normas COGUANOR NGO. 29002, h19, h20, h21, h22, h23 y h24 (1)

8.1.1 Análisis físico

Comprende la detrerminación de olor, color, temperatura, turbiedad, sólidos en todas sus formas y conductividad eléctrica. (1)

8.1.2 Análisis químico

Comprende la determinación del potencial de hidrógeno (pH), alcalinidad total, dureza total, magnesio, calcio, sodio, potasio, hierro, manganeso, sulfatos, nitritos, nitratos, amoníaco, cloruros y fluoruros. (1)

8.1.3 Análisis bacteriológico

Comprende el recuento total de gérmenes para determinar el número de bacterias por cm^3 , (según norma COGUANOR NGO 29002 h24) y la investigación de la presencia del grupo coliforme total y fecal, por el método de los tubos múltiples de fermentación (Normas COGUANOR NGO 29002, h20, h21) expresando los resultados en el número más probable de bacterias coliformes por cien centímetros cúbicos (N.M.P./100 cm^3) (1)

8.2 Materiales

Para realizar el presente estudio, se contó con el recurso humano y materiales disponibles, tanto del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, como de la municipalidad de Santa Catarina Pinula.

9. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio han sido tabulados y graficados en la sección 14, Anexo. En dicha sección, se muestran los cuadros siguientes:

9.1 Tablas

Tabla 14.1

Resumen de datos de hora de recolección de muestra y características físicas determinadas en el lugar.

Tabla 14.2

Resultados del análisis físico de las muestras de agua, efectuado en el Laboratorio de Química y Microbiología del Agua.

Tabla 14.3

Resultados del análisis químico de las muestras de agua, efectuado en el Laboratorio de Química y Microbiología del Agua.

Tabla 14.4

Resultado del examen bacteriológico (número más probable por cien centímetros cúbicos de agua de cada muestra) de coliformes totales

y fecales de las muestras de agua, realizado en el Laboratorio de Química y Microbiología del Agua. Asimismo se comparan dichos resultados con la norma para potabilidad del agua.

Tablas 14.5

Se comparan los promedios aritméticos, por época, de los resultados del análisis físico de las muestras de agua, con la norma COGUANOR de calidad del agua NGO 29 - 001.

Tabla 14.6

En esta tabla, se hace una comparación similar a la anterior, pero para los resultados del análisis químico.

Tabla 14.7

Aquí se presenta la comparación de los promedios aritméticos de los resultados del análisis físico con la propuesta de norma CATIE para algunas industrias.

Tabla 14.8

Al igual que la tabla 14.7, se presenta la comparación de los promedios aritméticos de los resultados del análisis químico, con la propuesta de norma CATIE para algunas industrias.

Tabla 14.9

Esta tabla presenta la clasificación de cada muestra efectuada en los cuatro puntos de muestreo, según criterios de incrustación y corrosión dados por el índice de Langellier, calculados con base en los resultados físicoquímicos de pH, temperatura, alcalinidad de bicarbonatos y dureza de calcio, con ayuda de la figura 11.8.

Tabla 14.10

Se indican las distribuciones de los promedios aritméticos de los resultados del análisis químico (en miliequivalentes iónicos y porcentajes de concentración) por época, de los diferentes cationes principales y aniones principales. Dichas distribuciones se encuentran visualizadas por medio del diagrama de Shchukarev (gráficas 14.4 a 14.7).

9.2 Gráficas

Gráfica 14.3

Esta gráfica muestra el comportamiento de la turbiedad y el color aparente en el transcurso de los muestreos.

Gráfica 14.4

En esta gráfica, se presenta el diagrama de Shchukarev de distribución de cationes para los cuatro puntos de muestreo durante la época de verano.

Gráfica 14.5

Se presenta el diagrama de Shchukarev de cationes para los cuatro puntos durante la estación lluviosa.

Gráfica 14.6

La gráfica 14.6 presenta la distribución de Shchukarev para aniones de las muestras recolectadas en verano.

Gráfica 14.7

Esta gráfica muestra las distribuciones aniónicas de Shchukarev en el agua de los cuatro puntos de muestreo en la temporada de invierno.

Los anteriores resultados se obtuvieron en los puntos de muestreo señalados en la tabla 6.3.1, en las fechas indicadas; dichos puntos se localizan en el mapa de la figura 14.2.

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 Resultados y evaluación del análisis físicos

Los resultados de las determinaciones llevadas a cabo "in situ" dados en la tabla 14.1 permite ver el cambio, a nivel cualitativo, en la apariencia del agua de los cuatro puntos, durante las épocas de verano e invierno. En lo que al olor respecta, se puede decir que éste es generalmente ligero y asociado a materia orgánica, por el carácter superficial de las fuentes de agua; se debe advertir también que la materia orgánica asociada a los puntos III y IV no se debe exclusivamente a materia vegetal o animal proveniente del arrastre de las fuentes superficiales de abastecimiento, sino también al olor fuerte, asociado a materia orgánica en descomposición, que es originado en las fuentes de abastecimiento subterráneas, específicamente en el pozo de El Güisital (figura 14.2).

Por otro lado, los registros efectuados de temperatura no muestran mucha variación en cada punto de muestreo, sin embargo, se puede notar un aumento de la temperatura promedio (casi 1 ° Celsius) entre puntos de muestreo. Este comportamiento se puede atribuir al intercambio térmico y contacto con la atmósfera que se prolonga

conforme el río Las Minas sigue su cauce. También puede ser atribuido, pero en un grado menor, a la variación de la temperatura diaria debida al calentamiento solar. Según la norma COGUANOR NGO 29-001, la temperatura del agua distribuida en la cabecera municipal se encuentra en el rango del límite máximo aceptable (LMA), no así el agua de los puntos I, II y III.

El potencial de hidrógeno (pH) de las muestras guarda mucha relación entre época y punto. En los puntos I y II, el pH baja con el cambio de estación y aumenta con la corriente del río, debido a la liberación contiuua de bióxido de carbono (CO_2) en el agua. Entre los puntos II y III, se observa un descenso en el pH, causado por la mezcla de las fuentes de agua superficiales, con las fuentes subterráneas (relativamente más alcalina el agua de las primeras respecto a las otras). Posteriormente, el punto IV presenta valores de pH superiores a los del punto III, por el mismo efecto presentado anteriormente. El cambio de estación provoca en los dos primeros puntos de muestreo una disminución en el valor del pH, contrario al efecto de aumento en los puntos restantes. Este comportamiento contradictorio podría ser atribuible al efecto de dilución que se lleva a cabo en la temporada de invierno, y tomando en cuenta que el caudal

de las fuentes de agua superficiales aumenta considerablemente, mientras el de las fuentes de agua subterráneas tiende a permanecer constante. Por lo tanto, los valores de pH se encuentran entre los límites máximos permisibles.

Los resultados de los parámetros más perceptibles a simple vista, la turbiedad y el color, se graficaron en la gráfica no. 14.3, donde se aprecia el aumento de dichas características del agua con el cambio de estación, como era de esperarse. Este cambio, como se puede apreciar, posee un comportamiento aleatorio en los resultados de invierno, no así en verano, en que los valores de turbiedad y color permanecen relativamente constantes. Lo anterior se puede relacionar directamente con la variación en la frecuencia e intensidad de la precipitación pluvial. Como ejemplo, la variación de la turbiedad en el punto I entre los muestreos 6 (último de verano) y 7 (primero invernal) reporta un aumento de más de 400 UTN, pero luego en el muestreo número 8 regresa casi al mismo valor del muestreo número 6.

El comportamiento también fue el esperado (en promedio) en lo que respecta a la variación de turbiedad y color aparente entre puntos de muestreo; el ejemplo más notorio es el muestreo número 7. En dicho muestreo, la

turbiedad disminuye de 450 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) en el punto I, a 160 UTN (más de 60% de remoción en turbiedad) en el punto II. Esta disminución en la turbiedad se lleva a cabo por sedimentación simple, primero en el tanque de captación del río Las Minas, luego en el tanque de distribución de la aldea El Pueblito. El efecto de la disminución de la turbiedad y el color aparente continúa en el tanque de distribución de la cabecera municipal, en donde el agua de fuente superficial se mezcla con el agua proveniente de los pozos mecánicos, y disminuye aún más el valor de los parámetros en mención. Hay que señalar que el contenido de hierro en solución en el agua del pozo de El Güisital aumenta el color aparente del punto III, lo cual se hace más notable cuando llega el agua más clara, proveniente del tanque de distribución de El Pueblito. Otro factor a señalar que puede distorsionar el comportamiento de turbiedad y color aparente, es el tiempo de transporte a través de la tubería de conducción, desde la captación en el río Las Minas, hasta el almacenamiento en el tanque de distribución de Santa Catarina Pinula, y se evidencia por el mayor valor de turbiedad en el punto III respecto al punto II en el muestreo número 9.

La variación de sólidos totales (sólidos por ignición y materia mineral fija), es mayor entre verano e invierno, para los puntos I y II, debido al acarreo de materiales por el río Las Minas y sus afluentes. Para los puntos III y IV, los anteriores parámetros físicos permanecen relativamente constantes con el cambio de época, quizá debido al efecto de dilución con el agua subterránea, la cual contiene menor cantidad de sólidos.

Resumiendo el análisis comparativo de los promedios aritméticos de las propiedades físicas del agua de los cuatro puntos de muestreo con la norma COGUANOR, se puede decir lo siguiente: los parámetros de turbiedad y color aparente (en verano), potencial de hidrógeno, temperatura y sólidos totales (tanto en verano como en invierno), y se encuentran dentro del límite máximo permisible. En invierno, los dos primeros parámetros mencionados convierten el agua muestreada en no potable. Sólo la turbiedad del punto IV en invierno se situó en el rango permisible de la norma NGO 29-001.

10.2 Resultados y evaluación del análisis químico

Tomando los promedios aritméticos de los resultados de alcalinidad, se observa la constancia en los mismos, a excepción de los valores de verano de los

puntos III y IV, debido, en gran parte, a la mayor concentración de carbonatos y bicarbonatos en el agua de origen subterráneo.

Resumiendo los datos de dureza total del agua de los puntos de muestreo, puede decirse que en verano ésta es clasificada como blanda o suave en las fuentes superficiales (punto I y II, 39 y 41 mg/L como CaCO_3), y como moderadamente dura cuando se mezclan con las fuentes de agua de origen subterráneo en el punto III (102 mg/L). En invierno, estas diferencias se atenúan, y se registran valores que oscilan entre 41 y 45 mg/L de dureza como CaCO_3 , y le confieren al agua una clasificación de blanda.

El análisis químico permite calcular la tabla No. 14.10 y elaborar los diagramas de Shchukarev (gráficas 14.4 a 14.7), donde puede apreciarse la distribución de las principales especies ionizadas. La distribución de cationes en verano presenta un orden decreciente en los cuatro puntos de muestreo (calcio, magnesio, sodio y potasio respectivamente). Dicho orden se mantiene en todos los puntos durante el verano e incluso en forma similar con el punto I en la época de invierno. Los puntos restantes permiten observar una mayor distribución de

los iones de sodio y potasio en detrimento de la concentración porcentual de magnesio, mientras que el punto III es el único que muestra una mayor concentración de sodio sobre el magnesio.

Para la época de verano, la distribución de aniones establece el predominio de bicarbonatos y cloruros (sólo en los puntos I y II se observan concentraciones de bicarbonatos por arriba de 50 meq/L, bajando a un 50% aproximadamente, en los puntos III y IV, y se incrementa la distribución de sulfatos en 20 unidades porcentuales). La proporción de cloruros respecto a los demás aniones permanece aproximadamente constante a través de los cuatro puntos y en ambas estaciones. Otra observación que cabe resaltar es el hecho de que el contenido de bicarbonatos en las fuentes de agua superficiales es mayor que en las fuentes subterráneas, todo lo contrario a la concentración de sulfatos.

En invierno, los aniones se encuentran distribuidos en una forma más equitativa y significativa (sólo el porcentaje de nitratos en el punto IV es menor de 10%). Pueden observarse concentraciones de bicarbonatos y cloruros relativamente constantes a través de los cuatro puntos, no así en los puntos I y II, en que la concentración porcentual de sulfatos es menor a la de nitra-

tos, al contrario de lo detectado en los puntos III y IV para las mismas especies iónicas.

La concentración de hierro es sensiblemente mayor que el límite máximo permisible en los puntos III y IV, y es debido en gran parte al elevado contenido de dicho elemento en el pozo de El Güisital. El punto II muestra el mismo comportamiento durante la época de invierno, atribuible posiblemente a la acción corrosiva del agua en la tubería de conducción, la cual se encuentra en mal estado, desde el tanque de captación del río Las Minas al tanque de El Pueblito.

El contenido de manganeso, ligeramente relacionado con el hierro, no presenta el mismo comportamiento a través de los cuatro puntos de muestreo durante ambas épocas.

Las concentraciones de amoníaco, nitratos y fluoruros no presentan valores significativos ni comportamientos relevantes en el análisis efectuado.

La tabla 14.6 permite comparar los promedios aritméticos de los resultados del análisis químico, con la norma NGO 29-001, y permite puntualizar las siguientes conclusiones: el agua de los cuatro puntos de muestreo pasa la norma de calidad del agua en los parámetros químicos de concentración de sodio, potasio, calcio, magnesio, manganeso, nitritos, nitratos, sulfatos, clo-

ruros, fluoruros y dureza total. El agua no es potable según la norma si se toma en cuenta la concentración de hierro en los puntos III y IV en verano e invierno, así como en el punto II en la época de invierno.

10.3 Resultados y evaluación del examen bacteriológico

Los resultados no muestran una tendencia definida del número más probable de coliformes fecales y totales por cien centímetros cúbicos (NMP/100cm³) en los cuatro puntos de muestreo, pero en general, se puede apreciar un aumento en el NMP/100cm³ en la época de invierno respecto al verano, en los puntos I, II y III. En el punto IV, se puede observar un ligero descenso en el NMP/100cm³ en época de invierno, que posiblemente se deba al tratamiento de desinfección y la acción prolongada del cloro que se aplica, el cual no es constante y tan sólo en el muestreo 11 se pudo detectar la presencia del mismo, constatándose la aplicación del desinfectante.

En conclusión, ninguno de los resultados de los muestreos efectuados pudieron darle a las fuentes de agua que abastecen al municipio de Santa Catarina Pinula la categoría de potable. Como excepción a lo anteriormente aseverado, se tiene el caso de los pozos que abastecen a la cabecera municipal (El Rastro y el Güisital),

de los cuales se determinó, en tres muestreos, la ausencia de los grupos coliformes total y fecal.

10.4 Comparacion de resultados con la propuesta de norma CATIE para la industria

La comparación de los resultados físicoquímicos con la propuesta de norma CATIE muestra algunas aptitudes y restricciones del uso del agua sin tratamiento previo, para fines industriales. Desde el punto de vista del parámetro pH, se restringe el uso del agua de los puntos I en verano, IV en invierno, en destilerías y cervecerías, así como para su uso en calderas para todos los puntos en ambas épocas. Los parámetros de turbiedad y color aparente hacen apta el agua en época de verano para su uso en tenerías, agua de calderas, y (exceptuando el punto III) para la industria del papel. Según los valores guía de sólidos totales, el agua de los cuatro puntos es útil para la industria textil en verano, y para la industria del cemento durante todo el año, según los valores guía de sólidos en suspensión. Los valores guía de la norma CATIE permiten hacer las siguientes recomendaciones: el agua de los cuatro puntos de muestreo, durante todo el año, por su contenido de alcalinidad, puede ser empleada en todas las

industrias citadas en la tabla 14.8. Los valores de dureza total restringen el uso del agua de los cuatro puntos de muestreo en todo el año, a las industrias de alimentos en general, bebidas carbonatadas y agua de calderas. Por la concentración de calcio y magnesio, el agua de los cuatro puntos puede utilizarse en verano e invierno para satisfacer las necesidades de la industria del papel. El alto contenido de hierro de las fuentes de agua muestreadas de Santa Catarina Pinula, restringe su uso, sólo en el punto III a la industria de alimentos en general, y a la de bebidas carbonatadas en los puntos I y II. La propuesta de norma CATIE avala el uso del agua en los cuatro puntos, con base en la concentración de sulfatos y cloruros, en las industrias de alimentos en general, cementos y tenerías, en las dos épocas del año. Además de las comparaciones anteriores, se debe recalcar que por el elevado resultado del número más probable de coliformes por cien centímetros cúbicos, no es posible el uso del agua proveída por los cuatro puntos de muestreo, en las industrias de alimentos y bebidas en general. Por su contenido de amoníaco el agua puede ser útil para las actividades de acuicultura, ganadería y agricultura.

De las anteriores comparaciones, se concluye que el agua distribuida por los cuatro puntos de muestreo no es apta para uso industrial, tomando en cuenta los valores guía de la propuesta de norma CATIE, sin que antes sufra ningún proceso de tratamiento que la habilite para el fin anterior.

10.5 Índice de Langellier

Como se apuntó en la sección 7.8, el índice de Langellier establece la tendencia corrosiva o incrustante del agua, previéndolo un método para evitar la destrucción e ineficiencia térmica en equipos industriales. Según la tabla 14.9, el índice de Langellier varía entre los valores de -1.36 y -3.19, lo que clasifica el agua de los cuatro puntos de muestreo del municipio de Santa Catarina Pinula, como fuertemente corrosiva, tanto en época de verano como de invierno.

Por lo tanto, se requiere aplicar un tratamiento correctivo al agua para disminuir la diferencia entre el potencial de hidrógeno y el valor respectivo de saturación de carbonato de calcio; de ésta forma se depositará una pequeña película de dicho compuesto sobre las

superficies metálicas a fin de proteger el equipo industrial.

11. CONCLUSIONES

11.1 El agua distribuida por la municipalidad de Santa Catarina Pinula cumple con la norma COGUANOR NGO 29-001 en cuanto a parámetros físicos se refiere, durante la época de verano; no ocurre así en invierno, ya que las características de turbiedad y color la hacen no potable.

11.2 El agua distribuida por la municipalidad de Santa Catarina Pinula no es apta para consumo humano, debido a las características químicas, por cuanto la concentración de hierro excede el máximo permisible establecido por la norma COGUANOR NGO 29-001. El resto de parámetros químicos sí cumplen con la norma.

11.3 El agua bacteriológicamente no es potable, según la norma de calidad del agua COGUANOR NGO 29-001.

11.4 El agua distribuida por la municipalidad de Santa Catarina Pinula no cumple totalmente la propuesta de norma CATIE de calidad del agua para uso industrial, para ninguna industria en particular, por lo que debe ser objeto de algún tratamiento antes de ser usada con fines industriales.

12. RECOMENDACIONES

12.1 Se debe hacer un rediseño del sistema de captación de agua en el río Las Minas, así como diseño y cálculo eficiente en futuras instalaciones de tubería.

12.2 Hay que diseñar un plan municipal de mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de captación y distribución de agua potable.

12.3 Es necesario implementar procesos de tratamiento de agua (coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección), que permitan potabilizar el agua desde la captación en el río Las Minas, dado que esta fuente de agua abastece a la población aledaña, y no exclusivamente a los habitantes de la cabecera municipal.

12.4 Se debe implementar un proceso de tratamiento de agua para remover hierro, que se encuentra en alta concentración en el pozo de El Güisital, así como mantener continuamente el programa de desinfección con cloro en el tanque de distribución de la cabecera municipal de Santa Catarina Pinula.

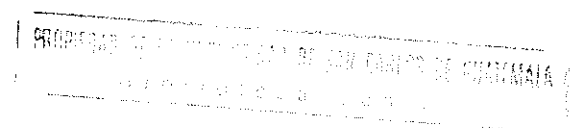
12.5 Es conveniente diseñar un plan municipal de monitoreo de la calidad del agua servida a la población de Santa Catarina Pinula.

12.6 Se deben continuar los estudios de calidad del agua con mayor amplitud en el pozo de El rastro, en nacimientos del río Las Minas y la finca El Manzano, así como en otras fuentes de agua no tomadas en cuenta en este estudio.

12.7 Hay que divulgar las conclusiones a que se llegó en materia industrial, en el presente estudio, para sugerir a los productores industriales locales, los posibles procesos de tratamiento al agua que utilizan.

13. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Asocoación Americana de Obras Publicas del Agua (AWWA), Asociación Americana de Salud Pública (APHA), Federación de Control de la Polución del Agua (WPCF) Método Estandar para el Análisis del Agua y de Aguas Residuales. 10a. edición. Estados Unidos. s.p.i. 1985.
2. Catalán La Fuente, José. Química del Agua. España. Editorial Blume. 1969.
3. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Memorias del Seminario-Taller Normas de Calidad del Agua, Volumen I. Panamá. s.p.i. 1986.
4. Comision Guatemalteca de Normas, Ministerio de Economía (COGUANOR). Norma COGUANOR NGO 29001 y sus derivados NGO 29002 h19, h21, h22, h24. Guatemala. s.p.i. 1984.
5. Dirección General de Cartografía. Diccionario Geográfico de Guatemala, Tomos I y II. Guatemala. Tipografía Nacional. 1961.
6. Gómez Escobar, Carlos. Evaluación de la calidad del agua de la colonia Primero de Julio y aplicación de un proceso de desinfección, (Tesis: Ingeniero Civil, Universidad de San Carlos). Guatemala. 1993.
7. Hurtarte Aroche, Gustavo Alfredo. Investigación de demandas de agua en la aldea Los Platanares del departamento de



- Santa Rosa y el caserío La Cuchilla del Carmen del de-
partamento de Guatemala. (Tesis: Ingeniero Civil, Uni-
versidad de San Carlos). Guatemala. 1972.
8. Municipalidad de Santa Catarina Pinula. Memoria de Labores,
Administración 88-89. Guatemala. s.p.i. 1989.
9. Oficina de Regulación Técnica de la Construcción, Municipa-
lidad de Santa Catarina Pinula. Perforación de pozo me-
cánico en el sector sur de la cabecera municipal. Guate-
mala. s.p.i. 1993.
10. Ordóñez Comparini, Mario Roberto. Determinación de los pa-
rámetros físicos, químicos y bacteriológicos para eva-
luar la calidad del agua en el municipio de Palín para
consumo humano y su uso en los procesos de la industria
de esta area. (Tesis Ingeniero Químico, Universidad de
San Carlos). Guatemala. 1992.
11. Severns, W. H. La producción de energía mediante el vapor de
agua, el aire y los gases. Primera Edición. España.
Editorial Reverte. 1975.
12. Solares Monterroso, Marco Tulio. Rediseño del servicio pú-
blico de agua potable de Santa Catarina Pinula. (Tesis
Ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos). Guatema-
la. 1978.

14. Tabarini, Alba. Calidad del Agua y sus normas. Guatemala.
s.p.i. 1990.
14. Unda Opazo, Francisco. Ingeniería Sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública. México. Editorial UTEHA.
1969.
15. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, Universidad de San Carlos, Promoción 1991. Taller de Calidad del agua No.1. Guatemala. s.p.i. 1991.



14. ANEXO

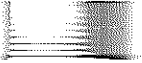


TABLA No.14.1
CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS MUESTRAS DE AGUA

Punto I	Muestras de verano						Muestras de invierno					
	Parámetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hora	9:45	14:25	9:25	8:15	9:15	7:10	6:20	5:55	6:00	6:15	8:30	8:05
Apariencia	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	m.t.	l.t.	t.	t.	t.	t.
Olor	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.l.	m.o.l.	m.o.l.	m.o.f.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.l.	m.o.
Temperatura	17	16	15	16	18	16	16	17	15	16	16	17

Punto II	Muestras de verano						Muestras de invierno					
	Parámetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hora	11:40	15:30	10:50	10:15	10:40	8:05	7:15	6:35	6:25	6:50	9:15	8:50
Apariencia	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	t.	l.t.	t.	t.	t.	t.
Olor	m.o.	m.o.l.	m.o.l.	m.o.l.	m.o.l.	i.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.l.	m.o.
Temperatura	17	17	17	18	19	17	18	17	16	19	18	18

Punto III	Muestras de verano						Muestras de invierno					
	Parámetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hora	12:05	15:50	11:15	10:25	11:30	8:30	7:35	6:50	7:05	7:10	9:30	9:15
Apariencia	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	t.	l.t.	m.t.	t.	t.	l.t.
Olor	m.o.l.	m.o.l.	i.	m.o.l.	m.o.l.	m.o.l.	m.o.	m.o.	m.o.	m.o.l.	m.o.l.	m.o.l.
Temperatura	20	20	20	18	22	17	18	17	16	19	18	19

Punto IV	Muestras de verano						Muestras de invierno					
	Parámetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hora	13:10	16:05	11:45	10:50	10:45	9:15	8:10	7:20	7:20	7:45	9:45	9:45
Apariencia	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	l.t.	t.	l.t.	l.t.	l.t.
Olor	m.o.l.	m.o.l.	m.o.f.	i.	m.o.f.	i.	m.o.l.	m.o.	m.o.l.	i.	c.	l.m.o.
Temperatura	19	19	18	22	23	18	19	18	18	19	19	19

ABREVIATURAS:

APARIENCIA

- t. turbia
- l.t. ligeramente turbia
- m.t. muy turbia
- c. cristalina

OLOR

- i. inodora
- m.o. olor a materia orgánica
- m.o.l. olor ligero a materia orgánica
- m.o.f. olor fuerte a materia orgánica
- c. olor a cloro

TABLA No. 14. 2
ANALISIS FISICO DEL AGUA

Punto I	Parámetros	Muestras de verano						Muestras de invierno					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Potencial de hidrógeno [unidades]	7,3	7,2	7,1	7,1	6,9	6,7	6,7	6,9	6,9	7,1	6,8	6,8
	Turbiedad [UTN]	4,2	12	13	4	7,3	3,3	450	3,3	195	57	27	164
	Color [Unidades de color]	22	72	49	15	33	9	4900	18	1960	440	160	1540
	Conductividad [µmhos / cm]	122	122	120	120	112	120	125	125	120	140	110	115
	Sólidos disueltos [mg / L]	67	67	48	70	69	62	70	69	65	77	61	64
	Sólidos totales [mg / L]	110	125	103	101	108	104	531	114	307	150	124	287
	Materia mineral fija [mg / L]	70	79	75	78	74	76	300	74	198	90	81	161
	Sólidos por ignición [mg / L]	40	46	28	33	34	28	231	40	109	60	43	126
	Sólidos en suspensión [mg / L]	6	18	18	15	12	6	466	5	236	68	49	197

Punto II	Parámetros	Muestras de Verano						Muestras de invierno					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Potencial de hidrógeno [unidades]	7,5	7,2	7,2	7,3	7,3	7,2	7	7,1	6,9	7,4	7,3	7,1
	Turbiedad [UTN]	5,5	8,9	6,7	3,8	5,5	2,8	160	3	25	310	39	135
	Color [Unidades de color]	26	51	32	13	24	4	1380	20	108	4000	240	1150
	Conductividad [µmhos / cm]	121	120	120	116	116	120	120	120	125	130	110	115
	Sólidos disueltos [mg / L]	63	66	49	80	69	62	66	66	69	72	61	64
	Sólidos totales [mg / L]	121	129	100	104	109	101	270	110	130	410	136	228
	Materia mineral fija [mg / L]	80	86	76	74	76	70	156	73	84	239	86	133
	Sólidos por ignición [mg / L]	41	43	24	30	33	31	114	37	66	171	50	95
	Sólidos en suspensión [mg / L]	9	9	5	13	21	4	177	29	38	291	46	157

Punto III	Parámetros	Muestras de verano						Muestras de invierno					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Potencial de hidrógeno [unidades]	6,4	6,4	6,5	6,5	6,3	7,4	6,7	6,9	7,3	6,2	6,9	7,3
	Turbiedad [UTN]	7	2,7	2	3,6	5,9	2,7	64	3,3	74	47	44	50
	Color [Unidades de color]	32	29	7	16	26	9	480	20	280	360	320	410
	Conductividad [µmhos / cm]	280	320	340	240	310	120	130	120	125	150	120	110
	Sólidos disueltos [mg / L]	135	176	155	135	180	108	74	66	69	83	66	61
	Sólidos totales [mg / L]	179	215	204	157	200	96	161	101	183	165	171	160
	Materia mineral fija [mg / L]	97	129	116	86	119	51	87	57	95	83	80	84
	Sólidos por ignición [mg / L]	82	96	88	71	81	45	74	44	88	82	91	76
	Sólidos en suspensión [mg / L]	11	4	4	18	12	5	92	6	92	80	73	86

Punto IV	Parámetros	Muestras de verano						Muestras de invierno					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Potencial de hidrógeno [unidades]	6,8	6,6	6,6	6,7	6	7,8	7	7,2	7,4	7,3	7,2	7,1
	Turbiedad [UTN]	6,3	11	6	4,5	5,9	2	8,6	4,5	25	16	13	11
	Color [Unidades de color]	28	60	28	14	29	30	47	25	120	75	65	50
	Conductividad [µmhos / cm]	290	250	184	189	145	230	125	120	125	130	120	120
	Sólidos disueltos [mg / L]	140	138	100	112	85	188	68	66	69	70	67	66
	Sólidos totales [mg / L]	185	169	145	144	107	150	112	106	139	127	123	119
	Materia mineral fija [mg / L]	102	97	90	79	77	80	71	80	84	80	79	75
	Sólidos por ignición [mg / L]	83	72	55	65	30	70	41	46	55	47	44	44
	Sólidos en suspensión [mg / L]	9	18	4	10	9	4	11	9	44	23	18	15

TABLA No. 14.3

ANALISIS QUIMICO DEL AGUA

Punto I	Parámetros	Muestras de verano						Muestras de invierno					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Alcalinidad total [mg/L CaCO ₃]	47	56	56	59	54	54	48	53	48	54	46	51
	Dureza total [mg/L CaCO ₃]	34	54	38	34,2	35,4	39,1	46	54	44	52	34	40
	Calcio [mg / L]	5,6	12	9,6	10,4	12	9,6	10,6	12	10,2	12,02	8,82	8,82
	Magnesio [mg / L]	4,9	5,8	3,4	2	5,8	3,7	4,8	10,2	4,5	5,34	2,91	4,37
	Sodio [mg / L]	6,1	6	4,2	4,5	6,3	5,4	7,9	6,7	6,8	6,4	7,3	7,1
	Potasio [mg / L]	2,5	2,4	1,3	1,3	1,7	1,8	2,5	2,3	2,4	2,9	2,8	1,8
	Hierro [mg / L]	0,27	0,26	0,7	0,01	0,13	0,22	0,78	0,14	0,54	1,09	0,38	1,02
	Manganeso [mg / L]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	0,01	0,01	0,2	0,01	0,3
	Amoniaco [mg/l]	0,049	0,171	0,0854	0,13	0,063	0,0945	0,059	0,205	0,103	0,156	0,076	0,113
	Nitritos [mg/l]	0,00001	0,0075	0,035	0,0018	0,0019	0,0079	0,0046	0,0036	0,0029	0,0047	0,0012	0,0066
	Nitratos [mg/l]	1,54	2,2	1,32	1,1	1,1	1,45	9,51	6,41	7,12	5,71	1,32	8,36
	Sulfatos [mg/l]	1	1	2	0,1	0,1	1	3	1	3	4	2	7
	Cloruros [mg/l]	10,5	4,5	10	10	5,5	8	6,5	7,5	7,5	5	9,5	6
	Fluoruros [mg/l]	0,001	0,04	0,22	0,18	0,47	0,18	0,28	0,21	0,22	0,21	0,25	0,34

Punto II	Parámetros	Muestras de verano						Muestras de invierno					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Alcalinidad total [mg/L CaCO ₃]	51,2	60	60	52	57	54	52	50,8	56	53	46	47
	Dureza total [mg/L CaCO ₃]	35	50	36	48,6	35,2	41	41,6	44	50	44	36	34
	Calcio [mg / L]	6,4	13,6	8,8	11,2	13,6	11,2	10,8	9,62	12,02	12,02	10,42	8,82
	Magnesio [mg / L]	4,6	3,9	3,4	5	3,9	3,2	3,6	4,85	4,86	3,4	2,43	2,91
	Sodio [mg / L]	6,2	6,2	4,6	4,8	6,5	5,7	6,7	6,8	7,9	6	7	7,1
	Potasio [mg / L]	2,5	2,4	1,2	1,3	1,7	1,8	2,4	2,2	2,8	2,7	2,4	1,6
	Hierro [mg / L]	0,19	0,22	0,25	0,01	0,06	0,15	0,82	0,15	1,2	5,65	0,47	1,14
	Manganeso [mg / L]	0,1	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001	0,1	0,001	0,2	0,1	0,001	0,2
	Amoniaco [mg/l]	0,085	0,085	0,0732	0,04	0,0525	0,042	0,102	0,121	0,088	0,049	0,063	0,05
	Nitritos [mg/l]	0,0035	0,0056	0,0001	0,0014	0,0014	0,0021	0,0022	0,0027	0,0038	0,0039	0,0008	0,0066
	Nitratos [mg/l]	1,54	1,98	1,1	1,1	1,1	1,36	8,8	5,72	8,25	2,98	0,88	7,48
	Sulfatos [mg/l]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	3	1	1	4	4	8
	Cloruros [mg/l]	8,25	4,5	10	9	6,5	7,5	7,5	5,5	8,5	7,5	8,5	6,5
	Fluoruros [mg/l]	0,001	0,11	0,17	0,18	0,44	0,18	0,23	0,19	0,16	0,001	0,22	0,36

La alcalinidad de hidróxidos y de carbonatos son iguales a cero (mg/L).
 La alcalinidad de bicarbonatos equivale a la alcalinidad total (mg/L).

TABLA No. 14.3
CONTINUACION

ANALISIS QUIMICO DEL AGUA

Punto III	Parámetros	Muestras de verano						Muestras de invierno					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Alcalinidad total [mg/L CaCO ₃]	61	76	80	71	74	52	52	51	54	42	49	52
	Dureza total [mg/L CaCO ₃]	138,2	92	103	74,6	102,6	102,1	42	48	54	36	41	34
	Calcio [mg / L]	22,5	24,1	28,5	19,2	24,1	24,9	11,1	11,22	12,82	9,62	10,5	9,62
	Magnesio [mg / L]	20	7,8	7,8	6,5	7,8	9,7	3,5	4,85	5,34	2,91	3,6	2,42
	Sodio [mg / L]	11	12,1	11,8	9,4	13,1	11,5	8,2	6,8	8,1	9,2	7,4	7,1
	Potasio [mg / L]	3,7	3,8	3,3	2,7	2,9	3,3	2,7	2,2	2,8	3,4	2,3	1,6
	Hierro [mg / L]	0,79	0,59	0,13	0,11	0,22	0,37	0,19	0,15	3,56	3,02	2,08	1,14
	Manganeso [mg / L]	0,1	0,5	0,001	0,3	0,001	0,2	0,4	0,001	0,8	0,6	0,4	0,3
	Amoniaco [mg/l]	0,073	0,085	0,09	0,12	0,1575	0,0735	0,08	0,094	0,099	0,132	0,173	0,081
	Nitritos [mg/l]	0,0054	0,003	0,0001	0,0016	0,0012	0,0021	0,0054	0,0049	0,0048	0,0047	0,0042	0,0048
	Nitratos [mg/l]	3,3	3,52	3,08	2,2	3,3	3,08	2,42	4,95	6,87	3,67	3,98	7,48
	Sulfatos [mg/l]	21	16	15	17	8	15	13	1	7	5	10	8
	Cloruros [mg/l]	24,3	21	31	30	17,5	25	8	6	7,5	12,5	9,5	6
	Fluoruros [mg/l]	0,001	0,15	0,3	0,27	0,42	0,23	0,21	0,18	0,23	0,27	0,19	0,23

Punto IV	Parámetros	Muestras de verano						Muestras de invierno					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Alcalinidad total [mg/L CaCO ₃]	65	64	60	62	44	60	51	54	56	53	52	55
	Dureza total [mg/L CaCO ₃]	81,2	80	60	64	37,8	64,6	43	42	42	41	41	43
	Calcio [mg / L]	13,2	19,2	14,4	17,6	10,4	16,4	9,7	8,82	10,42	9,6	9,5	9,6
	Magnesio [mg / L]	11,8	7,8	5,9	4,9	4,9	5,8	4,6	5,53	3,88	4,1	4,2	4,6
	Sodio [mg / L]	10,8	10,2	7,4	7,2	9,2	9	7,5	6,8	8,1	7,5	7,5	7,6
	Potasio [mg / L]	3,6	3,5	2,2	2,4	2,3	2,1	2,5	2,2	2,8	2,6	2,5	2,4
	Hierro [mg / L]	0,31	1,14	0,83	0,06	3,17	1,1	1,36	0,88	1,15	0,89	1,07	0,75
	Manganeso [mg / L]	0,001	0,2	0,2	0,001	0,7	0,1	0,1	0,001	0,2	0,2	0,3	0,1
	Amoniaco [mg/l]	0,085	0,12	0,1464	0,1	0,2205	0,147	0,094	0,132	0,161	0,11	0,243	0,162
	Nitritos [mg/l]	0,0046	0,0108	0,02	0,0019	0,0064	0,0075	0,0053	0,0044	0,0032	0,0038	0,0041	0,0051
	Nitratos [mg/l]	2,86	3,3	1,98	1,88	0,66	2,14	3,52	2,89	3,45	2,73	3,15	4,18
	Sulfatos [mg/l]	25	14	17	16	24	19	11	1	6	6	11	3
	Cloruros [mg/l]	22,5	17	18	20	10	17,5	6	6,5	6	6,5	7	6
	Fluoruros [mg/l]	0,001	0,11	0,035	0,23	0,41	0,22	0,25	0,24	0,21	0,25	0,23	0,27

La alcalinidad de hidróxidos y de carbonatos son iguales a cero (mg/L).
La alcalinidad de bicarbonatos equivale a la alcalinidad total (mg/L).

TABLA No. 14.4

EXAMEN BACTERIOLÓGICO

Muestreo	Punto I		Punto II		Punto III		Punto IV		Norma COGUANOR	
	NMP/100 cm ³		NMP/100 cm ³		NMP/100 cm ³		NMP/100 cm ³		NGO 29 - 001	
	Totales	Fecales	Totales	Fecales	Totales	Fecales	Totales	Fecales	Totales	Fecales
1	4600	2400	1500	1100	1100	460	> 2400	460	<3	<3
2	4600	4600	4600	4600	1100	1100	11000	11000	<3	<3
3	4600	4600	4600	2400	1100	460	1100	1100	<3	<3
4	>24000	11000	2400	2400	>2400	>2400	430	91	<3	<3
5	11000	11000	2400	2400	1100	930	930	430	<3	<3
6	>24000	4600	2400	2400	2400	1100	1100	110	<3	<3
7	>240000	>240000	>240000	>240000	>240000	>240000	2400	930	<3	<3
8	>24000	11000	>24000	9300	>24000	<300	4600	2400	<3	<3
9	>240000	>240000	>240000	>240000	4600	4600	93	<30	<3	<3
10	>240000	5300	>240000	>240000	>2400	1100	1100	930	<3	<3
11	110000	110000	>240000	110000	11000	11000	<30	<30	<3	<3
12	>24000	>24000	>24000	>24000	>24000	11000	1500	460	<3	<3

* Resultados expresados como: número más probable de coliformes totales o fecales por 100 cm³ (NMP/100 cm³)

Ninguna muestra es apta para consumo humano comparada con la norma NGO 29 - 001.

TABLA No. 14.5

RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO COMPARADOS CON
LA NORMA COGUANOR NGO 29 - 001

Parámetros	Punto I			Punto II			Punto III			Punto IV			NGO 29-001		
	V	C	I	V	C	I	V	C	I	V	C	I	C	LMA	LMP
Temperatura °C	16,33	DRA	16,67	DRA	17,67	DRA	19,5	DRA	17,83	DRA	19,83	DRA	DRA	18 - 30	< 30
Potencial de hidrógeno	7,05	DRA	6,87	DRP	7,28	DRA	6,58	DRP	6,88	DRP	6,75	DRP	DRA	7 - 8,5	6,5-9,2
Turbiedad	7,3	DRP	149,38	FRP	5,53	DRP	3,98	DRA	47,05	FRP	5,95	DRP	DRP	5	25
Color	33,3	DRP	1503	FRP	25	DRP	19,8	DRP	311,7	FRP	31,5	DRP	FRP	5	50
Sólidos totales mg/L	108,5	DRA	252,2	DRA	110,7	DRA	175,2	DRA	156,8	DRA	150	DRA	DRA	500	1500

- DRA Dentro del rango aceptable
- DRP Dentro del rango permisible
- FRP Fuera del rango permisible
- V Promedio de los resultados de verano
- I Promedio de los resultados de invierno
- C Comparación con la norma NGO 29 - 001

TABLA No. 14.6

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO CON
LA NORMA COGUANOR NGO 29 - 001

Parámetros	Punto I			Punto II			Punto III			Punto IV			NGO 29-001						
	V	C	I	V	C	I	V	C	I	V	C	I	C	LMA	LMP				
Dureza Total mg/L *	39,1	DRA	45	DRA	DRA	41,6	DRA	DRA	102,1	DRP	42,5	DRA	DRA	64,6	DRA	42	DRA	100	500
Calcio mg/L	9,9	DRA	10,4	DRA	DRA	10,6	DRA	DRA	23,9	DRA	10,8	DRA	DRA	15,2	DRA	9,6	DRA	75	200
Magnesio mg/L	4,3	DRA	5,4	DRA	DRA	3,7	DRA	DRA	9,9	DRA	3,8	DRA	DRA	6,9	DRA	4,5	DRA	50	150
Hierro mg/L	0,27	DRP	0,66	DRP	DRP	1,57	FRP	FRP	0,37	DRP	1,69	FRP	FRP	1,1	FRP	1,017	FRP	0,1	1
Manganeso mg/L	0,01	DRA	0,105	DRP	DRP	0,034	DRA	0,1	DRP	0,184	DRP	0,417	DRP	0,2	DRP	0,15	DRP	0,05	0,5
Nitritos mg/L	0,009	DRP	0,0039	DRP	DRP	0,0024	DRP	0,0033	DRP	0,0022	DRP	0,0048	DRP	0,0085	DRP	0,0043	DRP	--	0,01
Nitritos mg/L	1,45	DRA	6,41	DRA	DRA	1,36	DRA	5,69	DRA	3,08	4,9	DRA	DRA	2,14	DRA	3,32	DRA	--	45
Sulfatos mg/L	0,9	DRA	3,3	DRA	DRA	0,1	DRA	3,5	DRA	15,3	7,3	DRA	DRA	19,2	DRA	6,3	DRA	200	400
Cloruros mg/L	8,1	DRA	7	DRA	DRA	7,6	DRA	7,3	DRA	24,8	8,3	DRA	DRA	17,5	DRA	6,3	DRA	200	600
Fluoruros mg/L	0,182	DRA	0,252	DRA	DRA	0,18	DRA	0,194	DRA	0,229	0,218	DRA	DRA	0,168	DRA	0,242	DRA	--	1,7

* como CaCO₃

DRA Dentro del rango aceptable
 DRP Dentro del rango permisible
 FRP Fuera del rango permisible
 V Promedio de los resultados de verano
 I Promedio de los resultados de invierno
 C Comparación con la norma NGO 29 - 001

TABLA No.14.7

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS FÍSICO
CON PROPUESTA DE NORMA CATIE

Industria	Parámetros					
	Potencial de hidrógeno [unidades de pH]	Turbiedad [UTN]	Color aparente [u. color]	Sólidos totales [mg/L]		
Valores guía de propuesta de norma CATIE						
Alimentos en general	6.5 - 8.5	10	5	500		
Bebidas carbonatadas	--	2	10	850		
Destilerías y cervecerías	6.5 - 7	10	--	500		
Jabón y detergentes	6.5 - 8.5	2	2	270 - 300		
Cemento	6.5 - 8.5	--	--	600		
Papel	6 - 10	5 - 50	5 - 30	200 - 300		
Tenerías	6 - 8	20	10 - 100	--		
Textiles	6 - 8	5	5	100 - 200		
Calderas	8 - 9.6	1 - 20	2 - 80	500 - 2500		
Lugar y época	Promedios aritméticos por época					
Punto I	V	7,05	7,3	33,3	108,5	12,5
	I	6,87	149,36	1503	252,2	170,2
Punto II	V	7,28	5,53	25	110,7	10,2
	I	7,13	112	1149,7	214	123
Punto III	V	6,58	3,98	19,8	175,2	9
	I	6,88	47,05	311,7	156,8	71,5
Punto IV	V	6,75	5,95	31,5	150	9
	I	7,2	13,02	63,7	121	20

- V Promedio de los resultados de verano
- I Promedio de los resultados de invierno
- DRA Dentro del rango aceptable
- DRP Dentro del rango permisible
- FRP Fuera del rango permisible

TABLA No.14.8

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO
CON PROPUESTA DE NORMA CATIE

		Parámetros										Otras caracte- rísticas
		Alcalinidad total [mg/L] *	Dureza total [mg/L]	Calcio [mg/L]	Magnesio [mg/L]	Hierro [mg/L]	Bicarbonatos [mg/L]	Sulfatos [mg/L]	Cloruros [mg/L]			
Industria		Valores guía de la propuesta de norma Catie										
Alimentos en general		250	250	100	--	0,2	--	250	250	250	Ausencia de E. c.	
Bebidas carbonatadas		85	250	--	--	0,3	--	--	--	--	Ausencia de E. c.	
Destilerías y cervecerías		75	--	--	--	0,1	--	--	--	--	Ausencia de E. c.	
Jabón y detergentes		50 - 100	130 - 150	30 - 40	10 - 15	0,1	60 - 125	125-150	30 - 40			
Cemento		400	--	--	--	25	--	250	250			
Papel		--	50 - 150	20	12	0,1 - 1	--	--	200 - 1000	No c., no f. l.		
Tenerías		135	50 - 150	60	--	0,3	--	250	250			
Textiles		--	25	--	--	0,1 - 3	--	--	--			
Calderas		--	2 - 80	--	--	--	--	--	--	No c., No i.		
Lugar y época		Promedios aritméticos por época										
Punto I	V	54,3	39,1	9,9	4,3	0,27	54,3	0,9	8,1			
	I	50	45	10,4	5,4	0,66	50	3,3	7			
Punto II	V	55,7	41	10,8	4	0,15	55,7	0,1	7,6			
	I	50,8	41,6	10,6	3,7	1,57	50,8	3,5	7,3			
Punto III	V	69	102,1	23,9	9,9	0,37	69	15,3	24,8			
	I	50	42,5	10,8	1,69	0,417	7,3	8,3	0,218			
Punto IV	V	59,2	64,6	15,2	6,9	1,1	59,2	19,2	17,5			
	I	53,5	42	9,6	4,5	1,017	53,5	6,3	6,3			

* como CaCO₃

V verano
I invierno
E. c. Escherichia coli
No c. No corrosiva
No i. No incrustante
No f. l. No forme limo

TABLA No. 14.9

INDICE DE LANGELLIER

Muestreo	Punto I		Punto II		Punto III		Punto IV	
	Indice	Clasificación	Indice	Clasificación	Indice	Clasificación	Indice	Clasificación
1	-2,28	f.c.	-1,84	f.c.	-2,41	f.c.	-2,23	f.c.
2	-2,05	f.c.	-1,76	f.c.	-2,31	f.c.	-2,26	f.c.
3	-2,76	f.c.	-1,92	f.c.	-2,06	f.c.	-2,33	f.c.
4	-1,99	f.c.	-1,88	f.c.	-2,33	f.c.	-2,14	f.c.
5	-2,27	f.c.	-1,76	f.c.	-2,38	f.c.	-2,61	f.c.
6	-2,47	f.c.	-1,91	f.c.	-1,36	f.c.	-1,17	f.c.
7	-2,69	f.c.	-2,19	f.c.	-2,51	f.c.	-2,25	f.c.
8	-2,27	f.c.	-2,08	f.c.	-2,33	f.c.	-2,07	f.c.
9	-1,92	f.c.	-2,33	f.c.	-1,85	f.c.	-1,81	f.c.
10	-2,12	f.c.	-2,11	f.c.	-3,19	f.c.	-1,97	f.c.
11	-2,31	f.c.	-1,91	f.c.	-2,58	f.c.	-2,04	f.c.
12	-2,59	f.c.	-2,28	f.c.	-1,93	f.c.	-2,11	f.c.

f.c. fuertemente corrosiva

TABLA No. 14.10

DISTRIBUCION DE SHCHUKAREV

**DISTRIBUCION DE LOS CUATRO PUNTOS DE MUESTREO POR EPOCA
CON BASE EN EL PROMEDIO ARITMÉTICO DE LOS RESULTADOS
DEL ANÁLISIS QUÍMICO**

DISTRIBUCION DE CATIONES

Punto	Valor promedio [meq/L]				Porcentajes promedio [%]				Clasificación
	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K	
	Verano								
I	0,4923	0,3514	0,2357	0,0468	43,718	31,211	20,928	4,1566	Calcio-magnésicas
II	0,5387	0,3292	0,2465	0,0465	46,396	28,356	21,234	4,0092	Calcio-magnésicas
III	1,191	0,8173	0,4991	0,0826	45,985	31,555	19,271	3,1895	Calcio-magnésicas
IV	0,7581	0,5638	0,39	0,0685	42,59	31,673	21,91	3,8507	Calcio-magnésicas
	Invierno								
I	0,5187	0,4444	0,3043	0,0627	39	33,417	22,883	4,7113	Calcio-magnésicas
II	0,5297	0,3025	0,3009	0,0601	44,399	25,354	25,22	5,0379	Calcio-magnesio-sódicas
III	0,5392	0,3103	0,3391	0,0639	43,029	24,764	27,065	5,1028	Calcio-sódicas
IV	0,4792	0,3691	0,3261	0,0639	38,704	29,817	26,34	5,1647	Calcio-magnesio-sódicas

DISTRIBUCION DE ANIONES

Punto	Valor promedio [meq/L]				Porcentajes promedio [%]				Clasificación
	HCO ₃	NO ₃	SO ₄	Cl	HCO ₃	NO ₃	SO ₄	Cl	
	Verano								
I	0,3315	0,0234	0,0181	0,2276	55,154	3,8967	3,0127	37,871	Bicarbonato-cloruradas
II	0,3398	0,022	0,0021	0,2149	58,694	3,7969	0,3594	37,121	Bicarbonato-cloruradas
III	0,4208	0,0497	0,319	0,6986	28,281	3,3385	21,441	46,948	Bicarbonato-cloruradas
IV	0,3608	0,0345	0,3996	0,493	28,014	2,6761	31,024	38,273	Bicarbonato-sulfato-cloruradas
	Invierno								
I	0,3051	0,1033	0,0687	0,1972	45,264	15,327	10,19	29,256	Bicarbonato-cloruradas
II	0,3098	0,0918	0,0728	0,2065	45,497	13,476	10,696	30,32	Bicarbonato-cloruradas
III	0,3051	0,079	0,1525	0,2324	39,673	10,267	19,837	30,22	Bicarbonato-cloruradas
IV	0,3264	0,0535	0,1311	0,1783	47,372	7,7719	19,03	25,88	Bicarbonato-cloruradas

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

AGUA POTABLE
Especificaciones

COGUANOR
NGO 29 001

1. OBJETO.

Esta norma tiene por objeto fijar los valores de las características que definen la calidad del agua potable,

2. NORMAS COGUANOR A CONSULTAR

COGUANOR NGO	4 010	Sistema Internacional de Unidades (SI).
	1a. Revisión	
COGUANOR NGO	29 010 h1	Aguas. Ensayos y/o análisis. Aparatos de laboratorio. Reactivos y técnicas de laboratorio.
COGUANOR NGO	29 010 h2	Aguas. Ensayos y/o análisis. Expresión de resultados.
COGUANOR NGO	29 010 h3	Aguas. Ensayos y/o análisis. Precisión, exactitud, comprobación y corrección de los resultados de los análisis.
COGUANOR NGO	29 010 h4	Aguas. Ensayos y/o análisis. Toma y conservación de muestras.
COGUANOR NGO	29 010 h5	Aguas. Ensayos y/o análisis. Uso de resinas de intercambio iónico.
COGUANOR NGO	29 011 h2	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de color.
COGUANOR NGO	29 011 h3	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de conductividad.
COGUANOR NGO	29 011 h5	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de olor.
COGUANOR NGO	29 011 h7	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de residuo.
COGUANOR NGO	29 011 h9	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de sabor.
COGUANOR NGO	29 011 h10	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de temperatura.
COGUANOR NGO	29 011 h12	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de turbiedad.
COGUANOR NGO	29 012 h1	Aguas. Determinación de metales. Generalidades.
COGUANOR NGO	29 012 h2	Aguas. Determinación de metales. Tratamiento preliminar de las muestras.
COGUANOR NGO	29 012 h3	Aguas. Determinación de metales. Absorción atómica a la llama. Espectrofotometría.
COGUANOR NGO	29 012 h4	Aguas. Determinación de metales. Micropartículas metálicas por absorción atómica electro-térmica. Espectrofotometría.
COGUANOR NGO	29 012 h5	Aguas. Determinación de metales. Métodos polarográficos.
COGUANOR NGO	29 012 h6	Aguas. Determinación de metales. Aluminio.
COGUANOR NGO	29 012 h7	Aguas. Determinación de metales. Arsénico.
COGUANOR NGO	29 012 h11	Aguas. Determinación de metales. Calcio.
COGUANOR NGO	29 012 h12	Aguas. Determinación de metales. Cromo.
COGUANOR NGO	29 012 h13	Aguas. Determinación de metales. Cobre.
COGUANOR NGO	29 012 h14	Aguas. Determinación de metales. Dureza.
COGUANOR NGO	29 012 h15	Aguas. Determinación de metales. Hierro.
COGUANOR NGO	29 012 h16	Aguas. Determinación de metales. Plomo.

Continúa

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

3. DEFINICIONES

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

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

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

3.4 Grupo coliforme, comprende:

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

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

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

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

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

3.6 Recuento total de bacterias. Es el cómputo del número total de colonias desarrolladas (en la suposición que una bacteria da origen a una colonia) en agar nutritivo incubado a 35°C y 20°C en un período de 24 ± 2 h.

4. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS

El agua potable debe tener las siguientes características de calidad.

4.1 Características físicas.

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

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

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

4.1.1 Conductividad eléctrica. El agua potable deberá tener una conductividad eléctrica de 50 a 1 500 μ mho/cm a 25°C.

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

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

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

(1) Véase el numeral 4.3.

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

Continúa...

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

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

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

4.4.1 Observaciones al cuadro 5.

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

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

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

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

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

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

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

- (1) 2,4 - D (2,4, Acido diclorofenoxiacético)
 (2) 2,4,5 - TP (2,4,5 Acido triclorofenoxipropiónico)
 (3) 2,4,5 - T (2,4,5 Acido triclorofenoxiacético)

5. CARACTERÍSTICAS BACTERIOLÓGICAS PARA CERTIFICAR LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

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

5.1 Casos para los cuales ya se tiene un historial. Cuando por el método de los tubos múltiples de fermentación se examinen cinco porciones de 10 cm³ cada una, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 2.2 coliformes en 100 cm³ o sea NMP/100 cm³, lo cual se interpreta comúnmente como un indicador de que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para consumo humano.

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

5.2.1 Cuando en el método de los tubos múltiples de fermentación se examinan tres porciones de 10 cm³, tres porciones de 1 cm³ y tres porciones de 0.1 cm³, la ausencia de gas

en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 3.0 coliformes en 100 cm³, lo cual se interpreta comúnmente como un indicador de que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para consumo humano.

5.2.2 Cuando en el método de los tubos múltiples de fermentación se examinan cinco porciones de 10 cm³; cinco porciones de 1 cm³ y cinco porciones de 0.1 cm³, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 2.0 coliformes en 100 cm³ lo cual se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano.

5.3 En el método de los tubos múltiples de fermentación, una muestra positiva confirmada en tres o más tubos (de porciones de 10 cm³ o más), se indica la necesidad de una acción correctiva inmediata y de exámenes adicionales.

5.4 En forma similar se estipula en el método de las membranas de filtración, cuando el volumen normal es una porción de 100 cm³ ó más. Interpretándose en esta técnica que el límite de calidad es de una colonia por 100 cm³ (1 colonia de coliformes/100 cm³) y que el límite en el cual deben de tomarse medidas correctivas es de 4 ó más colonias coliformes por 100 cm³.

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

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

5.6.1 Cuando se examinan porciones de 10 cm³, no más del 10 por ciento deben mostrar, en cualquier mes, la presencia del grupo coliforme. No será permisible la presencia del grupo coliforme en tres o más de las porciones de 10 cm³ de una muestra normal cuando ocurran:

5.6.1.1 En dos muestras consecutivas.

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

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

5.7 Cuando se aplique la técnica de las membranas de filtración la media aritmética de la densidad de coliformes de todas las muestras normales que se examinen en un mes no debe de exceder de un microorganismo /100 cm³. El número de colonias coliformes por muestra normal no ha de exceder de 3/50 cm³, 4/100 cm³, 7/200 cm³ ó 13/500 cm³, en:

5.7.1 Dos muestras consecutivas.

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

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

5.8 Cuando en una muestra normal aislada se presenten organismos coliformes en tres o más de las porciones de 10 cm³ por el método de los tubos múltiples de fermentación o las colonias coliformes exceden de los valores mencionados en la técnica de las membranas de filtración, se deben de tomar inmediatamente muestras diarias del mismo punto de muestreo y se deben de examinar hasta que los resultados que se obtengan, cuando menos en dos muestras consecutivas, demuestren que el agua es de una calidad satisfactoria.

5.9 Un número mayor de 500 microorganismos/cm³ en el recuento total de bacterias, señala el límite en el cual deben de tomarse medidas correctivas e indicando la necesidad de una inspección sanitaria completa del sistema de abastecimiento para determinar cualquier sospecha de contaminación. El recuento total de bacterias debe tenerse únicamente en cuenta cuando la investigación del grupo coliforme no sea lo suficientemente confiable en la calidad del agua de determinados suministros de distribución. Esta especificación implica que debe realizarse el recuento en dos porciones de 1 cm³ y dos porciones de 0.1 cm³ en cajas de Petri por muestra examinada.

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

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

Continúa en Pag. 10.

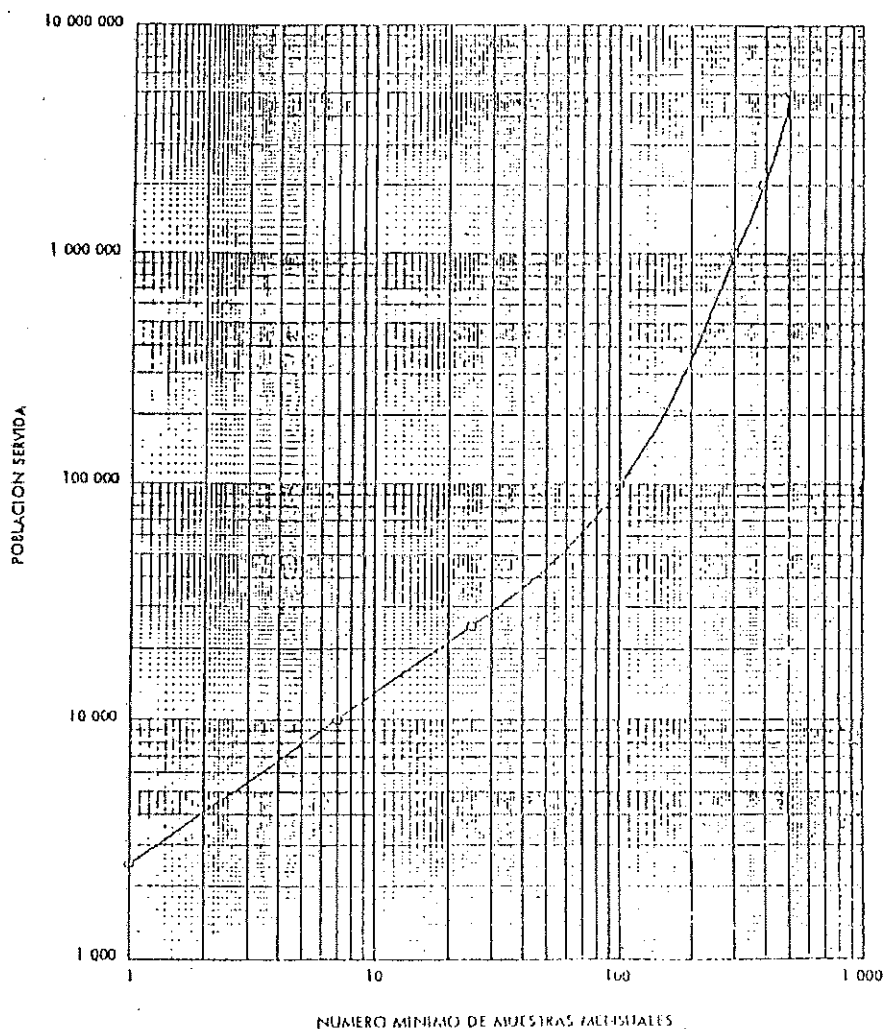


Fig. 1 Relación entre el número de muestras que se toman mensualmente y la población servida

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

6. METODOS DE ANALISIS

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

7. RECOLECCION DE MUESTRAS

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

Continúa

8. CORRESPONDENCIA

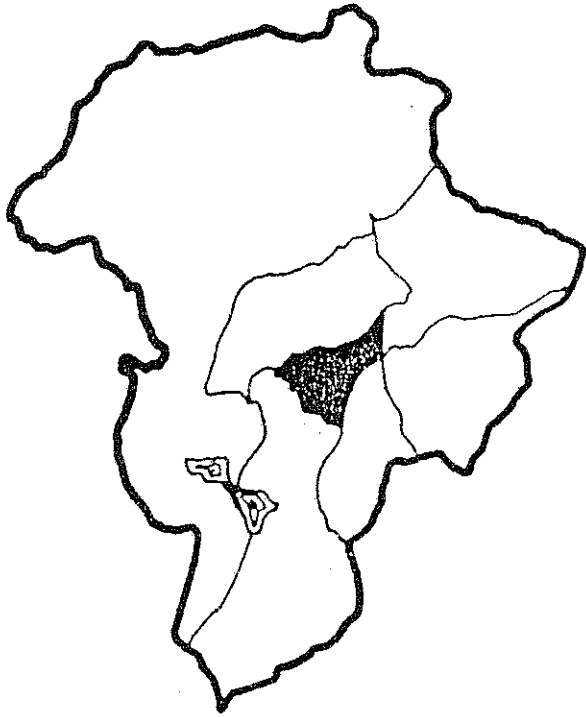
Para la elaboración de la presente norma se consultaron los siguientes documentos:

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

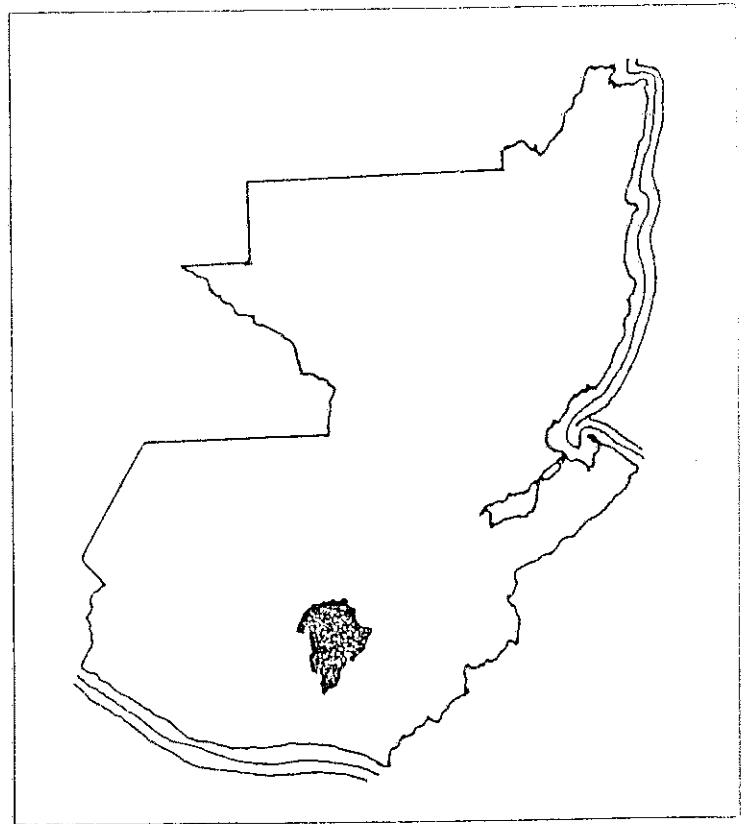
----- Ultima Línea-----

MAPA 14.1

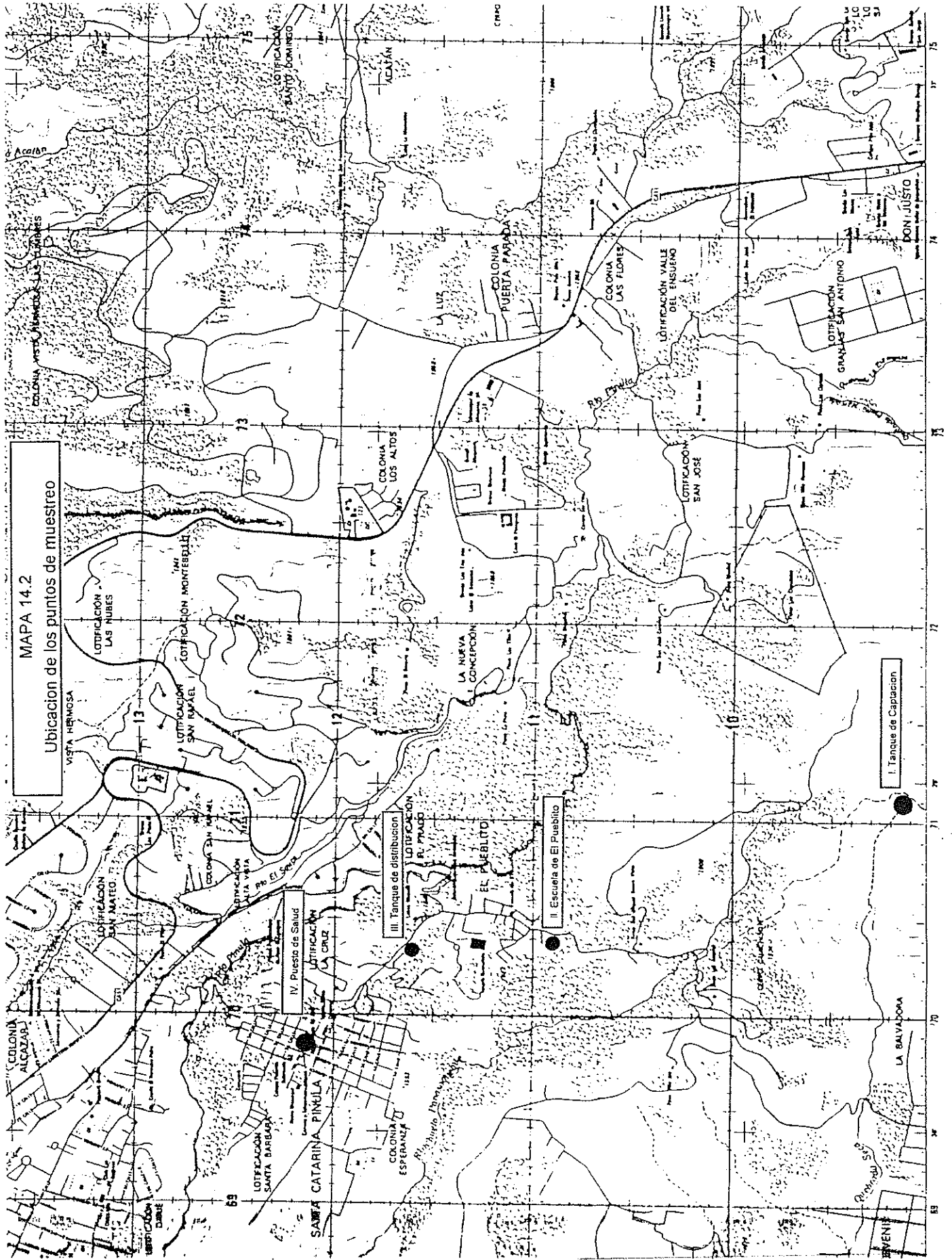
UBICACION DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA



Departamento de Guatemala

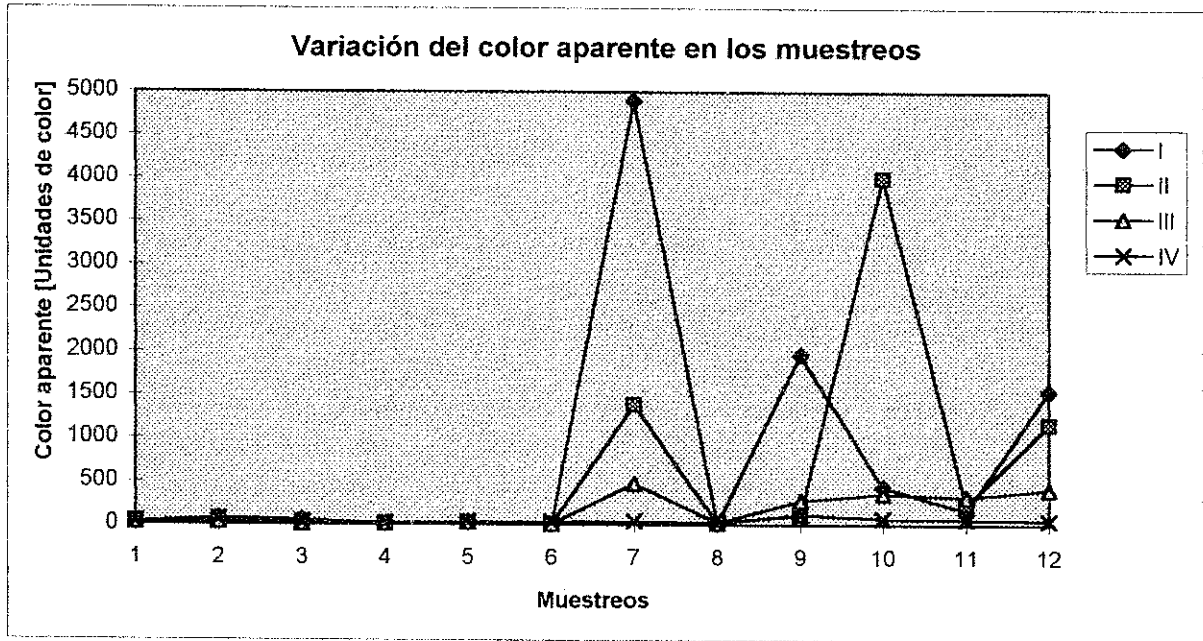
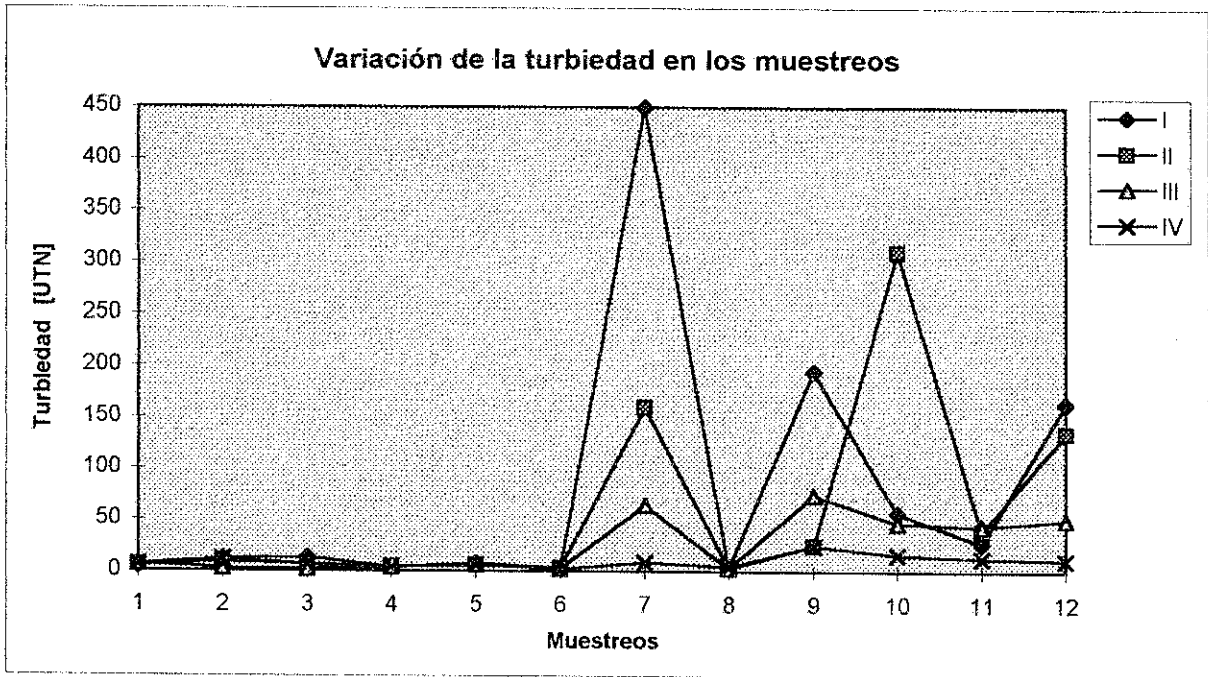


Republica de Guatemala

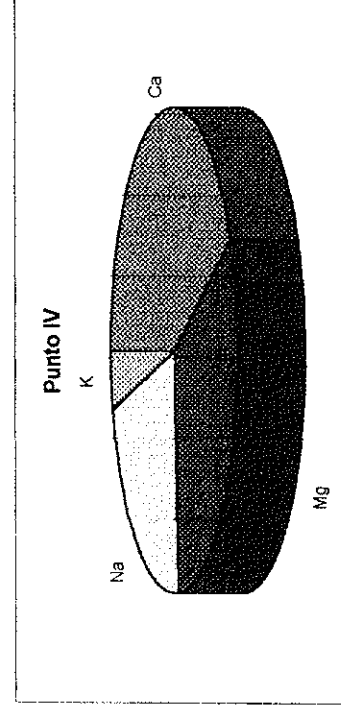
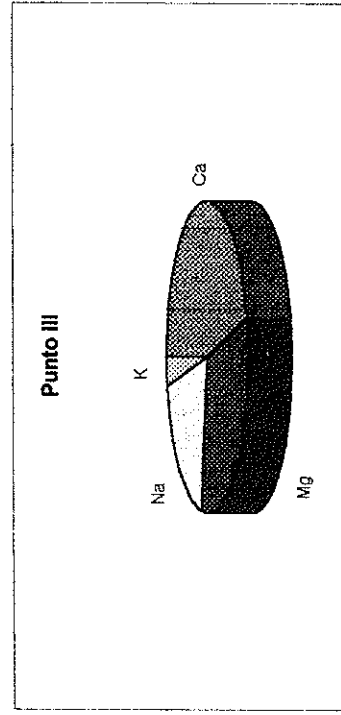
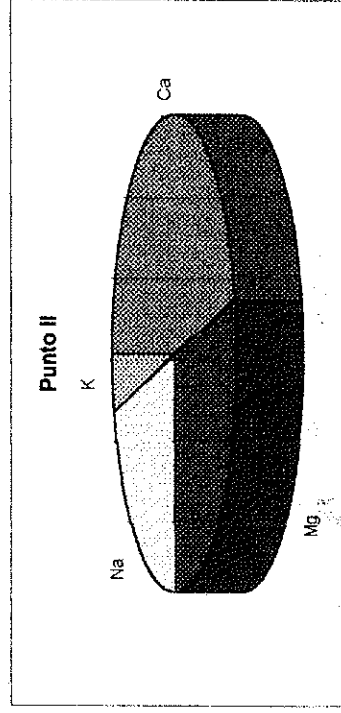
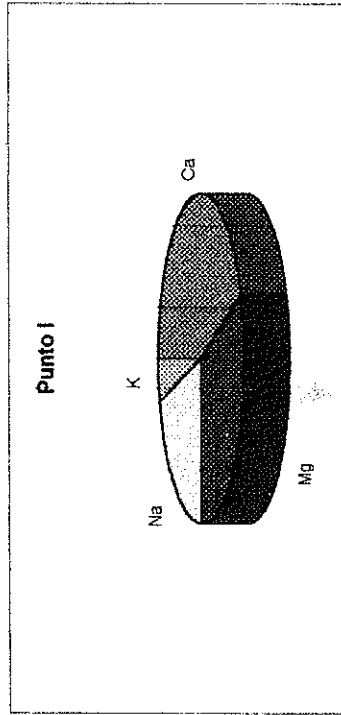


MAPA 14.2
Ubicación de los puntos de muestreo

GRAFICAS 14.3



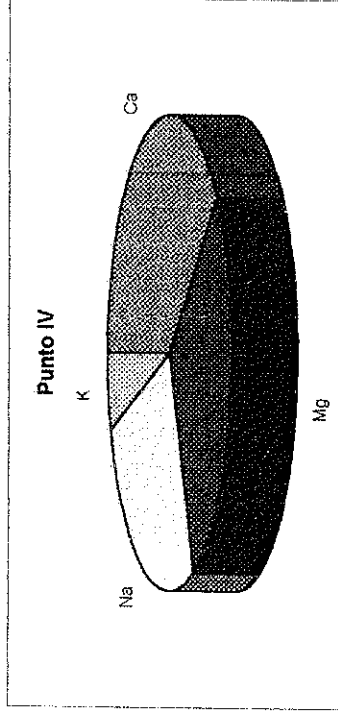
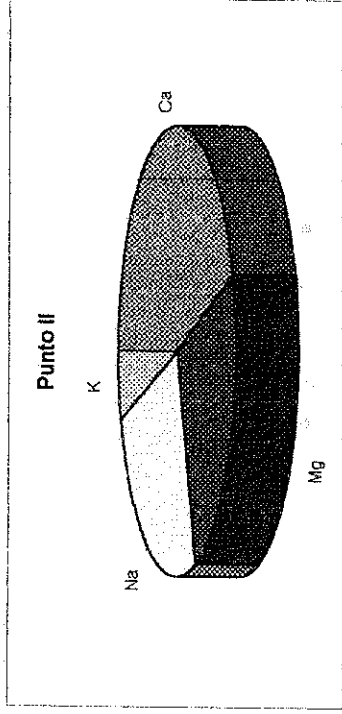
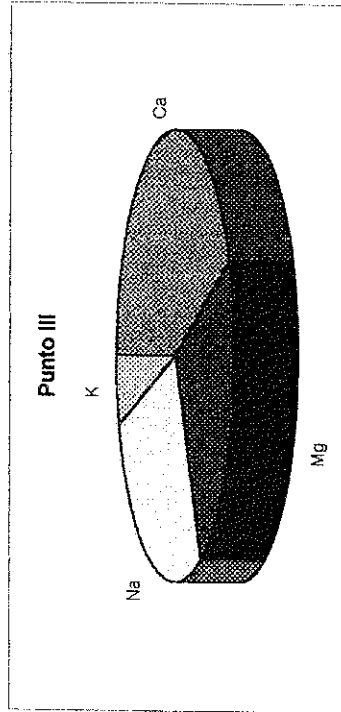
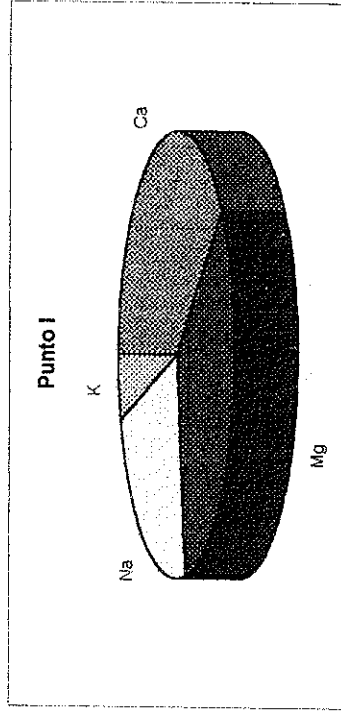
GRAFICA No. 14.4
DISTRIBUCIÓN DE CATIONES EN LAS MUESTRAS DE AGUA
Epoca de verano



GRAFICA No. 14.5

DISTRIBUCIÓN DE CATIONES EN LAS MUESTRAS DE AGUA

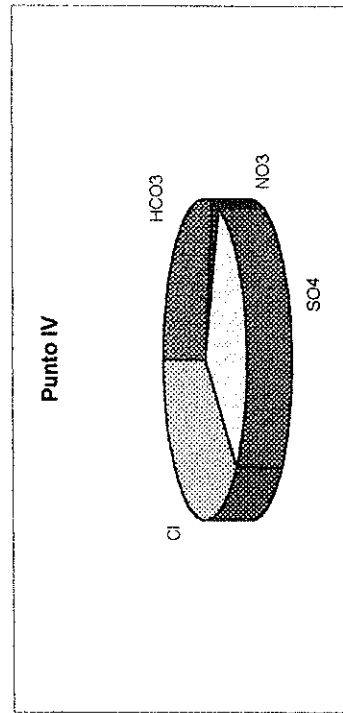
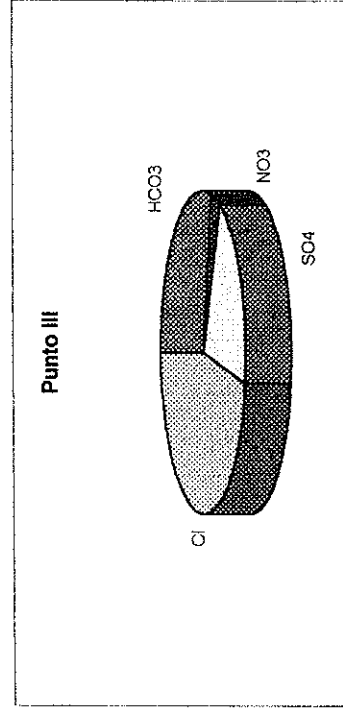
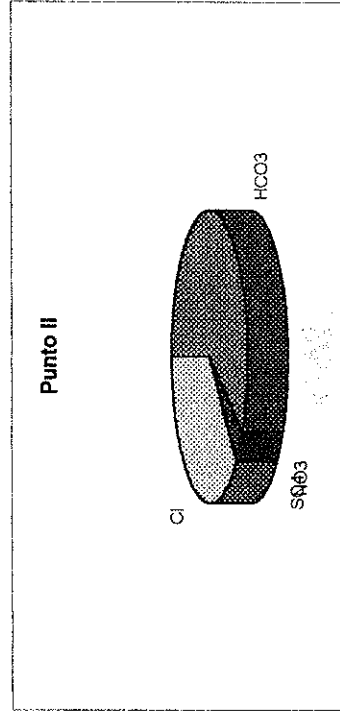
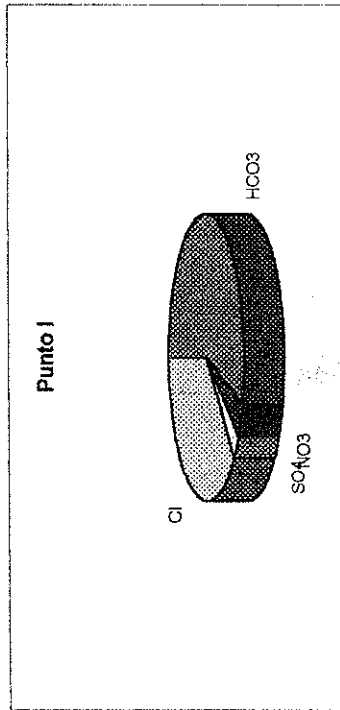
Epoca de invierno



GRAFICA No. 14.6

DISTRIBUCIÓN DE ANIONES EN LAS MUESTRAS DE AGUA

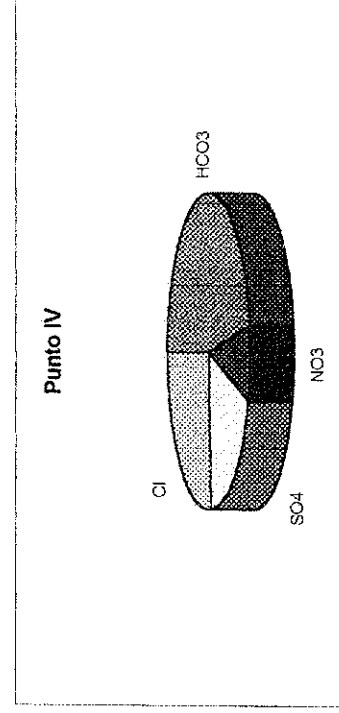
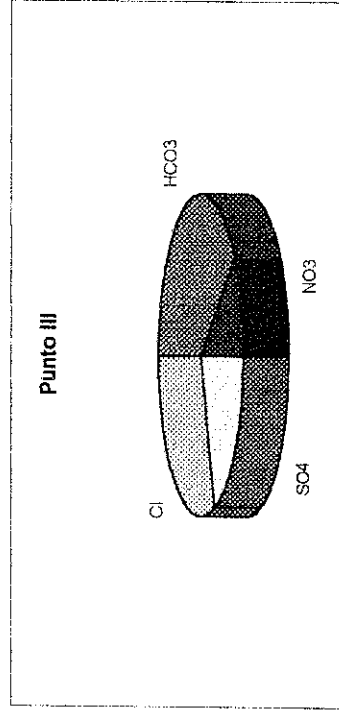
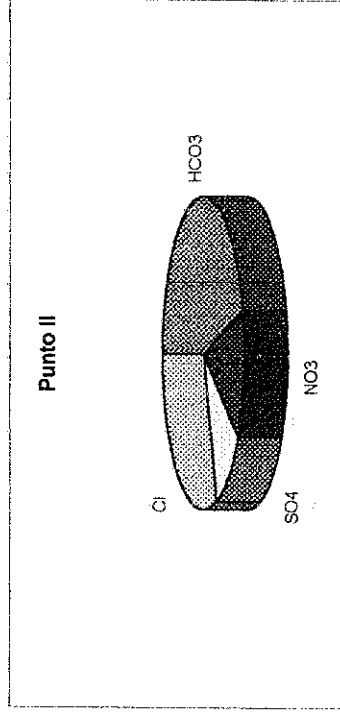
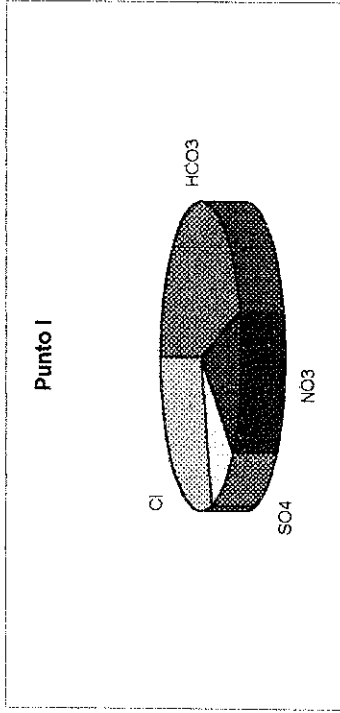
Epoca de verano



GRAFICA No. 14.7

DISTRIBUCIÓN DE ANIONES EN LAS MUESTRAS DE AGUA

Epoca de invierno



GRAFICA 14.8

Grafica para determinar el indice de Langellier

