

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a large, circular emblem. It features a central figure of a seated woman, likely the Virgin Mary, holding a child. Above her is a crown with a cross on top. The seal is surrounded by a circular border containing the Latin motto "CAETERA ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DEL
AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE SE DISTRIBUYE A LA POBLACIÓN DEL
MUNICIPIO DE GUAZACAPÁN, SANTA ROSA**

Informe de Tesis

Presentado por

Aleida Marissella Roldán Estrada

Para optar el título de

Química Bióloga

Guatemala, Noviembre de 2006

DL
06
T(2354)

JUNTA DIRECTIVA

Oscar Cóbar Pinto, Ph.D.	Decano
Licda. Jannette Sandoval Madrid de Cardona, M.A.	Secretaria
Licda. Lillian Raquel Irving Antillón, M.A.	Vocal I
Licda. Liliana Vides de Urizar	Vocal II
Licda. Beatriz Eugenia Batres de Jiménez	Vocal III
Br. Ángel Damián Reyes Valenzuela	Vocal IV
Br. Ángel Jacobo Conde Pereira	Vocal V

ACTO QUE DEDICO

A DIOS Y LA VIRGEN MARIA:

Por ser la luz que ilumina mi camino

A MIS PADRES:

José Domingo Roldán Pérez y Mélida Estrada Contreras de Roldán como un tributo a toda una vida de sacrificios y esfuerzos.

A MIS HERMANAS:

Ana Mélida, Lupita y Vivi, como muestra que en esta vida todo puede lograrse con el amor de Dios, esfuerzo y perseverancia.

A MI ESPOSO:

Angel Octavio Lone Ayala, con todo mi amor, por que sin su apoyo y ayuda incondicional no hubiera llegado a la culminación de la carrera.

A MI ABUELITA:

Berta Ernestina Contreras Linares, por estar siempre ahí.

A MIS SOBRINOS:

Juan José y Ricardo José, ustedes son parte de este triunfo.

A MI CUÑADO:

Carlos Miguel García Cifuentes, por su apoyo.

A MIS AMIGOS:

Ingrid, Haydeé, Julia, Vinicio, Julio, Claudia, Isabel y Egly, por su amistad, cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

A MIS MAESTROS

A mi asesor el Licenciado Martín Gil, por apoyarme y compartir sus conocimientos.

A mis revisoras las Licenciadas Karin Herrera y Alba Marina Valdés de García, por su tiempo invertido.

A la Licenciada Ana Rodas, por su apoyo en la realización de este trabajo.

ÍNDICE

Contenido	Página
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	3
III. ANTECEDENTES	
A. Guazacapán	5
B. Aspectos Microbiológicos del Agua	5
1. Indicadores de contaminación Fecal en el agua potable	6
2. Bacterias del Grupo Coliformes	6
3. Coliformes Totales	7
4. Coliformes Fecales	7
5. Tratamiento y Desinfección del Agua	8
6. <i>E. coli</i>	8
7. Recolección de Muestra	9
8. Uso de agentes Neutralizantes	10
9. Procedimiento de Muestreo y Recolección	10
10. Agua Potable	11
11. Transporte y Recepción de Muestras	11
IV. JUSTIFICACIÓN	13
V. OBJETIVOS	14
VI. HIPÓTESIS	15
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	16
A. Toma de Muestra	18
B. Análisis Bacteriológico	19
C. Análisis Físico	21
D. Análisis Químico	22
VIII. RESULTADOS	25
IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
X. CONCLUSIONES	38
XI. RECOMENDACIONES	39
XII. REFERENCIAS	40
XIII. ANEXOS	47

I. RESUMEN

La presente investigación consistió en analizar la calidad del agua que se distribuye a la población del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa.

Los objetivos fueron determinar la calidad del agua para consumo humano desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico.

La metodología utilizada consistió en establecer un cronograma de muestreos del agua cada 15 días, tanto en la época lluviosa como en época seca de los tres tanques de la red de distribución del municipio de Guazacapán.

El muestreo tuvo un período de duración de cinco meses. La época lluviosa se muestreó durante los meses de septiembre a noviembre del 2005; obteniéndose cuatro muestras por cada tanque, para un total de 12 muestras.

El muestreo de verano se realizó durante los meses de enero y febrero del 2006, del cual también se obtuvieron cuatro muestras por cada tanque, con un total de 12 muestras.

En total las muestras analizadas tanto en la época lluviosa como seca fueron de 24. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR) y a la Unidad de Análisis Instrumental (UAI), ambos situados en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En el LAMIR se hizo el análisis bacteriológico (coliformes totales, coliformes fecales y presencia *Escherichia coli*) y en la UAI los parámetros físicos (conductividad eléctrica, turbidez y pH) y químicos (alcalinidad total, dureza, sólidos totales, sulfatos y cloruros).

Con los resultados obtenidos se puede concluir que el agua para el consumo humano de la población de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, no cumple con la Norma COGUANOR NGO 29001 para agua potable presentados en los (Anexos 1 y 2), ya que las muestras analizadas sobrepasan los límites máximos permisibles para coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*; así también el análisis químico indica la ausencia de cloruros en las muestras. Sin embargo, los resultados del análisis físico sí se encuentran dentro de los parámetros permisibles para dicha norma.

II. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural indispensable y vital para todo ser vivo y de manera especial para el ser humano, aunque puede llegar a ser vehículo de transmisión de agentes patógenos (1).

Desde el punto de vista sanitario y epidemiológico es importante que la población cuente con servicios de agua potable, ya que la mayoría de enfermedades intestinales de origen microbiológico como: Fiebre tifoidea, cólera y hepatitis, entre otras, son transmitidas cuando el agua no es potable (1).

La forma más sensible y específica de medir la calidad biológica o higiénica del agua para consumo humano es a través del examen bacteriológico. Este examen se basa en la búsqueda de microorganismos indicadores de contaminación fecal, los cuales se conocen como coliformes; este grupo está formado por bacterias que universalmente son excretadas en grandes cantidades en las heces humanas y animales. Sin embargo, algunas especies de este grupo no necesariamente son de origen fecal y pueden estar presentes en otros ambientes. Por esta razón, se considera a *Escherichia coli* como indicador más preciso de contaminación fecal (2).

En el municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, la población ha observado que el agua algunas veces es de una apariencia no agradable a los sentidos, es por ello que en la presente investigación se realizaron los análisis

correspondientes para determinar los parámetros físicos, tales como turbidez, conductividad, olor, sabor, pH; químicos: cloruros, dureza total, sulfatos, alcalinidad, sólidos totales, calcio y magnesio y microbiológicos: Coliformes totales, fecales y *E. coli*, como indican los estándares establecidos por la Norma COGUANOR 29001 para el agua potable, para conocer si ésta lo es (3).

Para la presente investigación, la toma de muestra se realizó en los tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Santa Rosa. Al obtener las muestras se procedió a efectuar los estudios bacteriológicos con la colaboración del Laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR) y los estudios físico-químicos, en la Unidad de Análisis Instrumental (UAI), en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

III. ANTECEDENTES

A. Guazacapán.

El municipio de Guazacapán departamento de Santa Rosa, está localizado geográficamente al sur oriente de la capital de Guatemala, rodeado por los municipios de Taxisco, Chiquimulilla y Pueblo Nuevo Viñas. Esta conformado por nueve aldeas las cuales son: Platanares, Poza de Agua, El Astillero, El Maneadero, Cinco Palos, Ojo de Agua, La Curvina, Las Nuves y Buenas Brisas, contando el municipio con un total de 13,979 habitantes, una extensión territorial de 261 Kms², un clima cálido y una altitud de 261 msnm (4).

Cuenta con los servicios básicos como energía eléctrica, agua potable, drenajes y servicio telefónico. El casco urbano está integrado por cuatro barrios los cuales son: San Miguel el Centro, San Miguel Oriente, San Sebastián, Barrio de Agosto y San Pedro (4).

B. Aspectos microbiológicos del agua

El agua potable es la que está destinada al consumo humano y no debe contener microorganismos patógenos ni sustancias químicas perjudiciales para la salud (1).

El agua puede contaminarse con una diversidad de microorganismos entre ellos bacterias, virus parásitos y otros. Dentro de estos microorganismos algunos son patógenos oportunistas siendo las heces fecales una de las fuentes principales de contaminación (1). Los patógenos oportunistas están presentes en el ambiente natural, esto puede causar infecciones en personas cuyos mecanismos de defensa están disminuidos, en personas de edad avanzada, personas de muy corta edad y pacientes hospitalizados (1).

1. Indicadores de contaminación fecal en el agua potable

Las bacterias indicadoras de contaminación fecal deben cumplir con determinados criterios. Deben estar universalmente presentes en gran número en las heces de los seres humanos y de los animales de sangre caliente; deben ser fáciles de detectar por métodos sencillos y no se deben desarrollar en el agua en condiciones naturales (1).

a. Bacterias del grupo Coliformes

Son bacilos Gram negativo que están ampliamente distribuidos en la naturaleza; son habitantes intestinales en el hombre y en general de los animales de sangre caliente. Muchas enfermedades infecciosas del hombre como fiebre tifoidea, disentería y el cólera son causadas por bacterias patógenas que se transmiten por medio de aguas contaminadas, de ahí la importancia de los Coliformes totales y fecales como indicadores inmediatos de contaminación fecal en el agua. Una muestra de agua que no contenga Coliformes totales y fecales es considerada libre de enfermedades producidas por bacterias e inclusive por

otros microorganismos patógenos, como por ejemplo los virus (hepatitis A, rotavirus, etc.) (1).

Se consideran al grupo Coliformes como el principal indicador de contaminación fecal en agua de uso doméstico, industrial y otros. Su presencia en el agua es considerada como un estándar de calidad bacteriológico de suministros de agua (1).

i. Coliformes totales.

Son bacterias en forma de bacilos, Gram negativo que pueden crecer en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos. Fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 24 a 48 horas. La mayoría son especies del género de la familia *Enterobacteriaceae*, especialmente representados por los géneros tradicionales: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter*. Con la taxonomía actual la definición de coliformes involucra a un grupo heterogéneo, que comprende bacterias que pueden encontrarse tanto en heces como en el medio ambiente (suelos, aguas ricas en nutrientes y materia vegetal en descomposición) y también a especies no fecales, excepto el género *Escherichia* que vive solo en organismos como el hombre y animales de sangre caliente (1,2).

ii. Coliformes fecales.

Con este término se designan principalmente a los ordenes de bacterias *Escherichia* y *Klebsiella* spp. Las bacterias de ésta familia son indicadoras por excelencia de contaminación fecal del agua por heces de origen humano principalmente (5).

Son microorganismos que pueden fermentar lactosa de 44 a 45 °C (5 -7). Son llamados también termorresistentes ó termotolerantes, los coliformes termorresistentes distintos de *E. coli*, pueden encontrarse en aguas orgánicas enriquecidas. Se ha observado que estos organismos se encuentran en la mayoría de los casos en relación directa con *Escherichia coli*. Por ello su utilización para evaluar la calidad del agua se considera aceptable (7,8).

iii. *Escherichia coli*.

Es el coliforme fecal más preciso y de mayor aceptación como indicador de contaminación fecal. Abunda en las heces de origen humano y animal, alcanzando en heces recientes concentraciones de 10^9 por gramo de heces. Se caracteriza por poseer las enzimas β -galactosidasa y β -glucuronidasa, fermenta la lactosa y el manitol liberando ácido y gas, produce indol a partir del triptófa. Recientemente se ha sugerido que esta bacteria puede existir e incluso proliferar en aguas tropicales que no han sido objeto de contaminación fecal de origen humano (2).

Algunas cepas pueden desarrollarse a 37°C pero no a 44 – 45 °C (1).

2. Tratamiento y desinfección del agua

La elección y protección adecuada de las fuentes de agua tienen una importancia fundamental para el abastecimiento de agua inocua. Antes de seleccionar una nueva fuente de agua para consumo humano, es importante asegurarse de que la calidad es satisfactoria o puede llegar a serlo después del

tratamiento. Para saber que procesos de tratamiento se utilizarán en un determinado momento, se debe tener en cuenta el tipo de fuente y la calidad del agua procedente de ésta. El objeto del tratamiento del agua es proteger al consumidor contra los agentes patógenos y las impurezas que pueden resultar desagradables o perjudiciales para la salud (9).

El tratamiento del agua procedente de fuentes situadas en tierras bajas en las zonas urbanas comprende por lo general las siguientes fases: almacenamiento en depósitos o desinfección previa, coagulación, floculación sedimentación, filtración y desinfección. Las fases de tratamiento mencionadas anteriormente se aplican según la fuente y calidad del agua procedente de ésta (9,10).

La desinfección permite mantener un control permanente en el mantenimiento de la calidad del agua para consumo humano. Esto es posible a través de la evaluación frecuente de las concentraciones de los desinfectantes usados. La eficiencia de los desinfectantes puede expresarse en términos ya sea de concentraciones relativas para alcanzar el mismo nivel de desinfección o de niveles relativos de desinfección producidos con una misma concentración de desinfectante. Sin embargo, debido a la naturaleza diferente de los microorganismos y los problemas para estandarizar las condiciones para realizar la desinfección, solo es posible formular apreciaciones sobre las eficiencias comparativas de los distintos desinfectantes. Dentro de estas limitaciones, se

pueden agrupar a los diversos agentes desinfectantes según sea su eficacia, entre los cuales están: cloro, bióxido de cloro u ozono (9,11).

3. Recolección de la muestra

Todo procesamiento de muestreo se inicia desde el envase, volumen y etiquetado de la muestra. El volumen mínimo de muestra es de 100mL, y la etiqueta debe contar con los datos de su origen, la fecha y hora de su recolección, la naturaleza del agua y datos sobre su transporte (13).

4. Uso de agentes neutralizantes

En el caso de aguas clorinadas debe agregarse un agente declorinador para inactivar la acción del cloro. Con este propósito se esterilizan recipientes conteniendo 0.1 mL de una solución de tiosulfato de sodio neutraliza alrededor de 15 mg/L de cloro residual. Para muestras de agua para beber puede usarse 0.1 mL de tiosulfato de sodio al 3 por ciento que neutraliza hasta 5 mg/L (13).

Para aguas de desecho con altas concentraciones de metales se utiliza 0.3 mL de una solución de etilendiaminotetracético (EDTA) al 15 por ciento y ajustada a un pH de 6.5. Este es un agente quelante que reduce la toxicidad de los metales (13).

5. Procedimiento de muestreo y recolección

Siempre que se realiza un muestreo de agua debe tomarse en cuenta que existen diferentes formas de tomar la muestra según sea su origen, el frasco o

bolsa estéril no debe abrirse hasta el momento que tenga que llenarse, debe cuidarse que no se contamine el tapón para evitar resultados erróneos en el examen bacteriológico del agua (13).

a. Agua potable

Si es recolectada de un sistema de distribución se selecciona chorros (grifos) o tanques que estén conectados directamente al servicio de distribución. Estos deben ser representativos para el muestreo (13).

Si los tanques cuentan con grifos para obtener las muestras, se deja correr el agua por un momento. Pero si no hay grifo, la muestra se tomara descendiendo dentro del tanque una jarra o un frasco con peso equivalente.

Debe tenerse cuidado de no contaminar la muestra durante su recolección, evitar tomar la muestra de la superficie o del fondo.

b. Transporte y recepción de muestras

Las muestras deben ser enviadas rápidamente al laboratorio para ser analizadas. Se deben transportar en frío (temperatura menor a los 10 °C) si no se procesan una hora después de su recolección. El tiempo prudencial para efectuar el examen bacteriológico después de su recolección es de 6 horas; el tiempo máximo entre la colección y análisis es de 24 horas (10).

c. Estudios realizados

Se han realizado varios estudios en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala sobre control de la calidad del agua potable en distintas regiones del país, pero no existe ningún estudio acerca de la calidad de la misma en el municipio de Guazacapán, departamento de Santa Rosa.

En Noviembre del año 2000, Martínez, realizó un estudio de control de calidad de agua potable de la ciudad de Mazatenango, encontrándose porcentajes altos, en un rango del 62 al 76% de presencia de coliformes en las muestras de agua. Concluyendo que dicho tratamiento no es eficiente, y que el agua para consumo humano no cumple con los requisitos de calidad establecidos por COGUANOR para el agua potable (14).

IV. JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso natural indispensable y vital para todo ser vivo y de manera especial para el ser humano. Nuestro país afronta actualmente problemas en lo que respecta a la calidad del agua, lo que conlleva a graves problemas en lo que al sector salud se refiere, afectando principalmente a la población de bajos recursos económicos.

El municipio de Guazacapán departamento de Santa Rosa, no escapa de esta situación ya que el agua que se distribuye a la población no tiene ningún proceso de tratamiento. Consecuentemente el agua, se presenta en ocasiones turbia, y con olor y sabor desagradable; debido a que el agua es recolectada por medio de cañerías desde los nacimientos que conducen a tres represas para su posterior distribución.

Por tal razón se hizo necesaria la evaluación de la calidad del agua para recomendar a las autoridades encargadas de la administración mejoras de este servicio público y beneficiar a la población.

A nivel nacional, la obtención de agua segura se ve limitada por la falta de infraestructura de plantas de tratamiento y laboratorios de control que puedan brindar a la población sistemas de vigilancia que permitan garantizar el suministro de agua .

V. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Determinar si el agua para consumo humano distribuido a la población de Guazacapán, Santa Rosa a partir de las tres represas es potable.

B. Objetivos específicos

1. Determinar la calidad físico-química y de coliformes totales, fecales y *E. coli* en el agua de consumo humano, del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa.
2. Proporcionar información a la población del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, sobre la calidad del agua municipal para consumo huma
3. Proponer recomendaciones, de acuerdo a los resultados que se obtengan en la presente investigación.

VI. HIPÓTESIS

El agua para consumo humano del municipio de Guazacapán departamento de Santa Rosa, no llena los requerimientos físicos, químicos y bacteriológicos establecidos por la norma guatemalteca obligatoria de agua potable (COGUANOR NGO 29.001.98) para poder ser utilizada en el consumo de la población humana.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo de trabajo:

El universo de trabajo estuvo constituido por el agua utilizada para consumo humano del municipio de Guazacapán departamento de Santa Rosa, proveniente de las tres represas municipales (Anexo 3). El análisis se llevó a cabo por triplicado por cada represa, constituyendo un total de 24 muestras las cuales serán analizadas 12 en época lluviosa y 12 en época seca (Anexo 4).

B. Recursos:

1. Humanos:

Br. Aleida Marissella Roldán Estrada (Tesisista)

Lic. Martín Gil (Asesor)

2. Institucionales:

Laboratorio de Microbiología de Referencia (LAMIR) USAC

Laboratorio de Análisis Instrumental (UAI) USAC

3. Equipo y materiales de laboratorio:

a. Materiales:

- Agua destilada
- Autoclave
- Balanza

- Campana de flujo laminar
 - Cápsula de porcelana
 - Centrifuga
 - Frascos de plástico
 - Gradilla
 - Hielera
 - Horno
 - Incubadora
 - Mechero Bunsen
 - Pipetas volumétricas de 1 mL
 - Pipetor
 - Potenciómetro
 - Refrigerador
 - Tubos de ensayo
- b. Reactivos:**
- Caldo Fluorocult Modificado según Manasi y Ossmer (LMX)
 - Cepa ATCC de *E. coli*.
 - Controles negativos
 - Controles positivos
 - Hielo
 - Reactivo de Kovacs
 - Solución de Fenoftaleína

- Solución de Ácido sulfúrico 0.2 N
- Solución de Dicromato de potasio 1N
- Solución de EDTA 0.01 M
- Solución de Hidróxido de sodio 1N
- Solución de Negro ericromo-T
- Solución de Nitrato de plata 0.0141 N
- Solución de Tiosulfato de Sodio

C. Metodología:

1. Toma de muestra:

Las muestras destinadas para el análisis físico y químico, se tomaron teniendo especial cuidado de no contaminarlas antes de llegar al laboratorio y se transportaron en recipientes estériles con capacidad de medio litro.

La técnica utilizada para la toma de muestra fue la siguiente: se enjuaga 3 veces consecutivas el envase destinado a la muestra con el agua que se muestrea previo a su toma, luego el envase se identifica debidamente con una etiqueta que lleva los siguientes datos: Lugar, fuente, día, hora, examen, tomada por, municipio, departamento. El periodo de tiempo comprendido entre la toma y el inicio de los análisis físico y químico nunca debe ser mayor de 20 horas.

Con respecto al tipo de muestreo para el examen bacteriológico, el grifo que se elija para los exámenes debe estar en buenas condiciones, conectado

directamente a la represa de distribución, se flamea y se deja correr el agua durante dos minutos, por lo menos, y se toma la muestra en frascos estériles de vidrio esmerilado con boca ancha y de 125 mL de capacidad. El tapón y el cuello del frasco deben estar protegidos con una cubierta de papel Kraft. La muestra se transporta en hielo inmediatamente que se toma, se lleva al laboratorio para su examen correspondiente.

2. Análisis bacteriológico:

El método de Fermentación de Tubos Múltiples del Número más Probable (NMP) es considerado como estándar para la determinación del grupo coliforme. Se utilizará caldo LMX, para la determinación del grupo coliforme (Anexo 5).

- Se prepararon 15 tubos, de los cuales cinco tubos son preparados a una concentración doble y los otros 10 a concentración simple.
- Para la concentración doble se utilizaron 10 mL de caldo LMX y 10 mL de muestra (agua).
- Luego se prepararon los siguientes diez tubos una concentración simple, para la cual se utilizan 9 mL de caldo y 1 mL de muestra.
- Para los últimos cinco tubos se utiliza 9.9 mL de caldo y 0.1 mL de muestra.
- Se incuban todos los tubos a 44°C por 24 horas.
- La interpretación de los resultados se da por un viraje en el color del medio, el cual inicialmente esta amarillo, y si cambia a verde, se

considera positivo para el grupo coliformes totales, si el tubo produce fluorescencia con luz ultravioleta, es positivo para coliformes fecales , y si el tubo produce fluorescencia y además es positivo con indol, es positivo para *E. coli*. (16).

Los beneficios de este método son, que no se utiliza campanilla de Durham, ya que los tubos no producen gas y además los resultados se obtienen en 24 horas (16).

La precisión de este método del número de tubos usados. Los resultados son reportados en términos de NMP. Este número se basa en tablas de probabilidad estadística, las cuales tienen un límite de confianza del 95 por ciento. A través de ellas se puede conocer la densidad bacteriana (coliformes presentes) en la muestra (17).

a. Puntos críticos:

Es un sistema de principios establecido para asegurar que la producción de los productos alimenticios estén exentos de riesgos de contaminación (incluyendo riesgos químicos, físicos, y microbiológicos), ya sea que el hombre ó la naturaleza los estén haciendo ocurrir.

Estos pueden darse; durante la toma de muestra y por el transporte inadecuado de la muestra.

3. Análisis físicos:

Dicho análisis esta basado en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (8).

a. Turbidez:

Determinándose su aspecto cualitativo que se califica de acuerdo a una apreciación general del sentido de la vista como: claro, ligeramente turbio y turbio. Por lo tanto la turbidez se expresa en unidades de turbiedad (UT), determinándose en un aparato Nefelométrico, por lo que los resultados se expresan como UTN (Unidades de turbidez Nefelométricas) (18).

b. Conductividad eléctrica:

La conductividad se define como la cantidad de electricidad transportada de un electrodo al otro y nos indica con bastante exactitud, la concentración de sólidos iónicos disueltos. Para ello se trabaja con el aparato denominado Potenciómetro (18).

c. Potencial de hidrógeno:

La determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad. Un pH menor de 7.0 indica una tendencia hacia la acidez, mientras que un valor mayor de 7.0 muestra una tendencia hacia lo alcalino. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 4 y 9, aunque muchas de ellas tienen un pH ligeramente básico debido a la presencia de

carbonatos y bicarbonatos. El valor del pH en el agua, es utilizado cuando nos interesa conocer su tendencia corrosiva o incrustante (19).

Este método determina el pH, midiendo el potencial generado (en milivolts) por un electrodo de vidrio que es sensible a la actividad del ión H^+ , este potencial es comparado contra un electrodo de referencia, que genera un potencial constante e independiente del pH (19).

4. Análisis Químico:

a. Cloruros:

El análisis se lleva a cabo por el método de Mohr. Se miden volumétricamente 10 mL de muestra y se le agrega un ácido o una base inorgánica para obtener un pH entre 7 y 10. Seguidamente se adiciona 1 mL de solución de dicromato de potasio el cual se utiliza como indicador y se titula con solución de Nitrato de plata a 0.0141 N (18).

b. Dureza:

Se expresan sus resultados en mg/L $CaCO_3$. Agregar a 25 mL de muestra medidos volumétricamente, 2 mL de solución de hidróxido de sodio, o un volumen suficiente para obtener un pH de 12 a 13. Mezclar y agregar 3 gotas de negro de ericromo-T como indicador y titular con EDTA sódico 0.01M. Usar blanco en todas las determinaciones (18).

c. Alcalinidad:

Se determina la alcalinidad total titulando con ácido sulfúrico 0.02N y usando Fenofaleína y naranja de metilo como indicadores. La alcalinidad Fenofaleína se dio a pH 8. La alcalinidad es debido a la suma de hidróxido libre y carbonatos. Los resultados son expresados en mg/L de CaCO_3 . La alcalinidad de Naranja de Metilo se da a pH 4; la alcalinidad que representa a la fenofaleína, es debida a bases orgánicas e inorgánicas. Los resultados son expresados en mg/L de CaCO_3 .

d. Sulfatos:

Se afora una de las celdas del espectrofotómetro a 25 mL. Con muestra de agua. En otra celda se afora a 25mL con una mezcla de cloruro de bario grado analítico y muestra de agua, se mezcla. Previamente se programa el espectrofotómetro para 5 minutos con la mezcla a 450nm y se procede a la lectura en términos de absorbancia (18).

e. Sólidos Totales:

Se tara una cápsula de porcelana, y se le agrega 100 mL de agua, se coloca en el horno a una temperatura de 102 ± 1 °C por un periodo de 24 horas, seguidamente cumplido el tiempo se coloca en la desecadora de 10 – 20 minutos y se pesa en una balanza analítica. La cantidad de sólidos totales, de la muestra, se da por diferencia (18).

5. Diseño de investigación:

a. Diseño estadístico:

El diseño de muestras se realizó por repeticiones (4 muestreos en la fase lluviosa y 4 en la fase seca), con un índice de confianza del 95%, un Z^2 igual a 4 y porcentaje de error del 5%. Se analizaron un total de 24 muestras de agua, las cuales fueron tomadas de los tanques de la red de distribución del Municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa.

b. Tipo de muestra:

Se tomaron alícuotas de agua de los tres tanques que componen la red de distribución del Municipio de Guazacapán.

c. Análisis de muestras:

Para el análisis de las muestras se utilizó el método del número más probable, de acuerdo a la norma COGUANOR 29001.98 para el agua potable para el cual se utilizó el caldo LMX.

VIII. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados bacteriológicos, físicos y químicos de los análisis de las muestras obtenidos en los cuatro puntos de muestreo de los tres tanques municipales durante la época seca y lluviosa en el municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa.

En las Tablas de la 1 a la 10 se presentan los resultados tanto de la época lluviosa como seca de los tanques de distribución municipal de agua, los cuales se describen a continuación: Tanque 1 (Las Nubes), tanque 2 (Vuelta Grande) y tanque 3 (Santa Rita).

Se efectuaron ocho muestreos, cuatro en época lluviosa y cuatro en época seca; obteniéndose un total de 24 muestras para análisis bacteriológico (Coliformes totales, fecales y *E. coli*) y fisicoquímicos (pH, conductividad, turbidez, sólidos totales, alcalinidad total, dureza total, sulfatos y cloruros).

En las tablas de la 5 a la 10 se reportan los resultados en NMP/100mL de coliformes totales y fecales y de *E. coli* expresado como presencia (positivo), ausencia (negativo).

A continuación se presentan las tablas con sus respectivas gráficas que permiten el análisis de estos parámetros, del mismo modo se presentan los anexos 6, 7 y 8 los resultados físicos y químicos.

En la tabla 1 se muestran los resultados físicos obtenidos del tanque 1 durante la época lluviosa del año 2005, dichos resultados se encuentran entre los Límites Permisibles según la norma COGUANOR del agua potable. Los resultados físicos de

los demás tanques de distribución municipal muestreados durante la época lluviosa se encuentran bastante similares a éste (Anexo 6).

Tabla 1
Resultados físicos del tanque 1 de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, durante la época lluviosa.

Fecha de Muestreo	pH	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Turbidez UT	Sólidos Totales mg/L
Septiembre 2005	7.06	153	0.38	120
Octubre 2005	6.65	143	0.60	120
Octubre 2005	6.61	150	0.60	163
Noviembre 2005	6.44	150	0.41	137

$\mu\text{S/cm}$ microsims por centimetro UT: unidades de turbidez
mg/L CaCO_3 : miligramos por litro

Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

En la tabla 2 se muestran los resultados físicos obtenidos del tanque 1 durante la época seca del año 2006, dichos resultados se encuentran entre los Límites Permisibles según la norma COGUANOR del agua potable. Los resultados físicos de los demás tanques de distribución municipal muestreados durante la época seca se encuentran bastante similares a éstos (Anexo 7).

Tabla 2
Resultados físicos del tanque 1 de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, durante la época seca.

Fecha de Muestreo	pH	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Turbidez UT	Sólidos totales mg/L
Enero 2006	6.50	284	0.45	89
Enero 2006	7.83	240	1.58	109
Febrero 2006	7.17	270	0.37	119.0
Febrero 2006	7.80	311	0.38	145

$\mu\text{S/cm}$ microsims por centimetro UT: unidades de turbidez
mg/L miligramos por litro

Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

En la tabla 3 se muestran los resultados químicos obtenidos del tanque 1 durante la época lluviosa del año 2005, dichos resultados se encuentran entre los Límites Permisibles según la norma COGUANOR del agua potable. Los resultados químicos de los demás tanques de distribución municipal muestreados durante la época lluviosa se encuentran bastante similares a éstos (Anexo 8).

Tabla 3

Resultados químicos del tanque 1 de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, durante la época lluviosa.

Fecha de Muestreo	Alcalinidad Total mg/L CaCO₃	Dureza Total mg/L CaCO₃	Sulfatos mg/L SO₄	Cloruros mg/L Cl⁻
Septiembre 2005	71.2	64.67	3.41	ND
Octubre 2005	71.2	52.23	2.72	ND
Octubre 2005	53.4	59.69	2.04	ND
Noviembre 2005	71.2	59.69	3.03	ND

mg/L SO₄ miligramos por litro de sulfato mg/L miligramos por litro de ion cloruro
mg/L CaCO₃ miligramos por litro de carbonato de calcio. ND no detectable

Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

En la tabla 4 se muestran los resultados químicos obtenidos del tanque 1 durante la época seca del año 2006, dichos resultados se encuentran entre los Límites Permisibles según la norma COGUANOR del agua potable. Los resultados químicos de los demás tanques de distribución municipal muestreados durante la época seca se encuentran bastante similares a éstos (Anexo 9).

Tabla 4

Resultados químicos del tanque 1 de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, durante la época seca

Fecha de Muestreo	Alcalinidad Total mg/L CaCO ₃	Dureza Total mg/L CaCO ₃	Sulfatos mg/L SO ₄	Cloruros mg/L Cl ⁻
Enero 2006	53.4	59.69	3.77	ND
Enero 2006	53.4	49.74	1.87	ND
Febrero 2006	53.4	59.69	4.32	ND
Febrero 2006	71.2	62.18	2.38	ND

mg/L SO₄ miligramos por litro de sulfato mg/L miligramos por litro de ion cloruro
mg/L CaCO₃: miligramos por litro de carbonato de calcio. ND no detectable

Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

En la tabla 5 se encuentran los resultados bacteriológicos para coliformes totales de los tres tanques de distribución municipal durante la época lluviosa del año 2005, en dichos resultados se puede observar que ninguno cumple con la norma COGUANOR para agua potable, ya que sobrepasa el parámetro de < 2 NMP/100 mL permitido (Gráfica 1).

Tabla 5

Resultados obtenidos del análisis bacteriológicos para Coliformes totales de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, durante la época lluviosa

Fecha de Muestreo	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
Septiembre 2005	900	1600	1600
Octubre 2005	9	1600	1600
Octubre 2005	1600	170	30
Noviembre 2005	1600	280	20

Recuento de coliformes totales en NMP/100 mL

NMP: Número más probable.

Fuente: Datos experimentales.

En la tabla 6 se encuentran los resultados bacteriológicos para coliformes fecales de los tres tanques de distribución municipal durante la época lluviosa del año 2005, en

dichos resultados se puede observar que únicamente el primer muestreo del tanque 1 cumple con la norma COGUANOR para agua potable, ya que los demás sobrepasan el parámetro permitido de < 2 NMP/100 mL (Gráfica 2).

Tabla 6
Análisis bacteriológicos para Coliformes fecales de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, durante la época lluviosa

Fecha de Muestreo	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
Septiembre 2005	< 2	1600	280
Octubre 2005	2	30	900
Octubre 2005	2	130	20
Noviembre 2005	4	280	20

Recuento de coliformes totales en NMP/100 mL

NMP: Número más probable.

Fuente: Datos experimentales.

En la tabla 7 se encuentran los resultados bacteriológicos para *E. coli* de los tres tanques de distribución municipal durante la época lluviosa del año 2005, en dichos resultados se puede observar que únicamente en el primer muestreo del tanque 1 se encuentra dentro de los parámetros permisibles para *E. coli*.

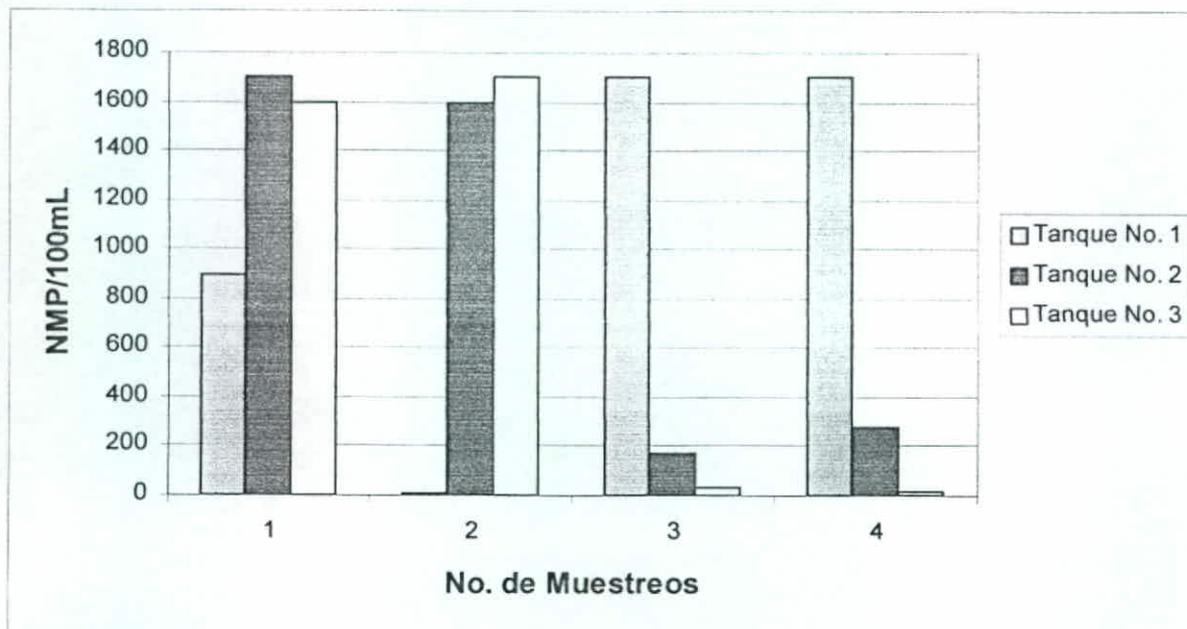
Tabla 7
Resultados bacteriológicos para *E. coli* de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, durante la época lluviosa

Fecha de Muestreo	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
Septiembre 2005	Negativo	Positivo	Positivo
Octubre 2005	Positivo	Positivo	Positivo
Octubre 2005	Positivo	Positivo	Positivo
Noviembre 2005	Positivo	Positivo	Positivo

Fuente: Datos experimentales.

Gráfica 1

Estimado de Coliformes totales en época lluviosa del año 2005



En la gráfica 1 se muestran los resultados obtenidos del análisis bacteriológico del grupo coliformes totales de la época lluviosa del año 2005 de los 3 tanques de agua de distribución municipal de Guzacapán, Santa Rosa, en el cual podemos observar que el tanque 2 y 3 presentan un mayor aumento, en el primer y segundo muestreo, mientras que el tanque 1 mostró un aumento en el tercer y cuarto muestreo.

Gráfica 2
Estimado de Coliformes fecales en época lluviosa del año 2005



En la gráfica 2 se muestran los resultados obtenidos del análisis bacteriológico del grupo coliformes fecales de la época lluviosa del año 2005 de los 3 tanques de agua de distribución municipal de Guazacapán, Santa Rosa, en el cual podemos observar que el tanque 1 tuvo un mayor aumento durante el primer muestreo, mientras que en el segundo muestreo fue el tanque 3 el que tuvo la mayor concentración.

En la tabla 8 se encuentran los resultados bacteriológicos para coliformes totales de los tres tanques de distribución municipal durante la época seca del año 2006, en dichos resultados se puede observar que ninguno cumple con la norma COGUANOR para agua potable, ya que sobrepasa el parámetro de < 2 NMP/100 mL permitido (Gráfica 3).

Tabla 8
Resultados obtenidos del análisis bacteriológicos para Coliformes totales de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, durante la época seca

Fecha de Muestreo	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
Enero 2006	1600	≥ 2400	≥ 2400
Enero 2006	≥ 2400	≥ 2400	≥ 2400
Febrero 2006	350	920	≥ 2400
Febrero 2006	70	920	≥ 2400

Recuento de coliformes totales en NMP/100 mL

NMP: Número más probable

Fuente: Datos experimentales

En la tabla 9 se encuentran los resultados bacteriológicos para coliformes fecales de los tres tanques de distribución municipal durante la época seca del año 2006, en dichos resultados se puede observar que únicamente el cuarto muestreo del tanque 1 cumple con la norma COGUANOR para agua potable, ya que los demás sobrepasan el parámetro permitido de < 2 NMP/100 mL (Gráfica 4).

Tabla 9
Resultados obtenidos del análisis bacteriológicos para Coliformes fecales de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, durante la época seca

Fecha de Muestreo	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
Enero 2006	8	80	20
Enero 2006	30	5	110
Febrero 2006	7	50	110
Febrero 2006	< 2	20	110

Recuento de coliformes totales en NMP/100 mL

NMP: Número más probable.

Fuente: Datos experimentales.

En la tabla 10 se encuentran los resultados bacteriológicos para *E. coli* de los tres tanques de distribución municipal durante la época seca del año 2006, en dichos resultados se puede observar que ninguno cumple con la norma COGUANOR para agua potable, ya que se encuentra presente en todas las muestras.

Tabla 10
Análisis bacteriológicos para *E. coli* de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, durante la época seca

Fecha de Muestreo	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3
Enero 2006	Positivo	Positivo	Positivo
Enero 2006	Positivo	Positivo	Positivo
Febrero 2006	Positivo	Positivo	Positivo
Febrero 2006	Positivo	Positivo	Positivo

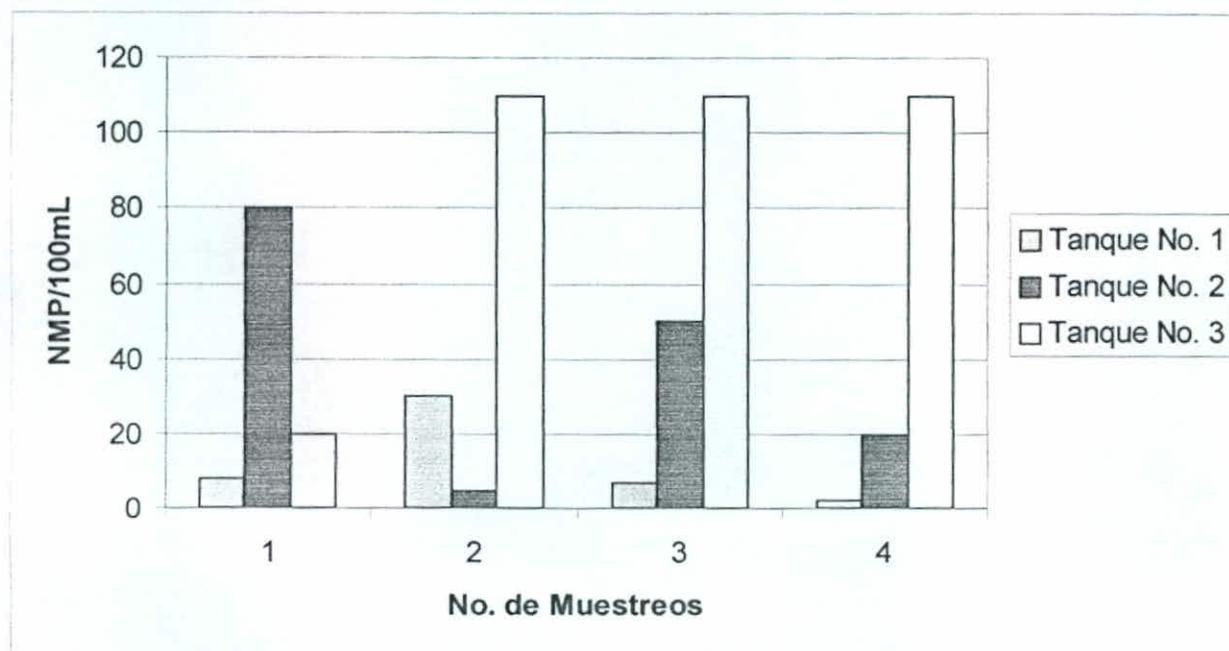
Fuente: Datos experimentales.

Gráfica 3
Coliformes Totales en la época seca del año 2006



En la gráfica 3 se muestran los resultados obtenidos del análisis bacteriológico del grupo coliformes totales de la época seca del año 2006 de los 3 tanques de agua de distribución municipal de Guazacapán, Santa Rosa, en el cual podemos observar que el tanque 3 es el que presenta un mayor aumento, mientras que el tanque 1 mostró una disminución de este grupo en el tercer y cuarto muestreo.

Gráfica 4
Coliformes fecales en la época seca del año 2006



En la gráfica 4 se muestran los resultados obtenidos del análisis bacteriológico del grupo coliformes fecales de la época seca del año 2006 de los 3 tanques de agua de distribución municipal de Guazacapán, Santa Rosa, en el cual podemos observar que el tanque 3 es el que presenta un mayor aumento, seguido del tanque 2, mientras que el tanque 1 mostró una disminución de este grupo.

IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente estudio fueron evaluados los parámetros microbiológicos y físico-químicos del agua para consumo humano del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa. Se colectaron un total de 24 muestras de agua procedentes de tres tanques de distribución municipal (12 muestras en época lluviosa, que corresponde a los meses de septiembre a noviembre del 2005; y 12 en época seca, durante los meses de enero y febrero del 2006). El agua que llega a los tanques muestreados proviene de nacimientos localizados en las faldas del Volcán Tecuamburro, donde además existen fincas ganaderas y cafetaleras.

En las Tablas 1 y 2 y los Anexos 6 y 7 se presentan los resultados de los parámetros físicos analizados (pH, conductividad, turbidez y sólidos totales), los cuales se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, según lo establecido en la Norma COGUANOR NGO 29001 (Anexo 1). Tanto en la época seca, como en la lluviosa los parámetros físicos analizados no presentaron una variación significativa y tampoco sobrepasaron los rangos permisibles. El rango de pH encontrado en las muestras analizadas oscila entre 6.52 y 7.83, los cuales son valores encontrados en ecosistemas acuáticos naturales (pH de 5.0 a 9.0). Este pH es el permitido en las aguas de consumo humano, sin embargo también favorece el desarrollo de ciertos microorganismos como el grupo coliforme (39).

Los resultados de los parámetros químicos analizados (alcalinidad total, dureza total, sulfatos y cloruros) se presentan en las Tablas 3 y 4 y los Anexos 8 y 9. Los

resultados obtenidos en la época lluviosa y seca muestran pequeñas variaciones, sin embargo no se consideran significativas. Todos los parámetros químicos analizados (a excepción de la concentración de cloruros) se encuentran dentro de los límites permisibles de la Norma COGUANOR NGO 29001 (Anexo 5). La concentración de cloruros fue indetectable en las 24 muestras analizadas, lo que indica que el agua contiene una concentración de cloro insuficiente o no está siendo clorada por las autoridades competentes en dicha fecha. Por lo anterior, el agua de consumo humano del municipio de Guazacapán no cumple con lo establecido para los parámetros químicos de la Norma.

Los resultados obtenidos de los parámetros microbiológicos (coliformes totales, fecales y *E. coli*) se describen en las Tablas 5 a la 7 y en las Gráficas 1 a la 4. Al analizar los resultados las muestras no cumplen con los parámetros permisibles por la Norma COGUANOR NGO 29001.

La contaminación bacteriana por coliformes totales, fecales y *E. coli* es alta en ambas épocas del año, esto debido a que los tanques que abastecen a la población del municipio de Guazacapán Santa Rosa, no son lavados periódicamente, y esto hace que se acumule una gran cantidad de sedimento en el fondo del tanque y además en las paredes de dichos tanques se acumula suciedad, y esto ayuda a la proliferación de las bacterias.

Según los resultados encontrados para coliformes totales y fecales, tanto en la época seca como la época lluviosa presentan menor contaminación en el tanque No. 1 (gráficas de 1 a la 4). Esto es debido a que el agua de dicho tanque procede de un

nacimiento de agua, mientras que los otros dos son abastecidos por una de las cuencas del río Uzarín. Por lo general los ríos llevan agua con un mayor grado de contaminación que los nacimientos.

Además la alta contaminación bacteriana encontrada en los tanques No. 2 y 3 (gráficas de la 1 a la 4) puede deberse a que estos tanques se encuentran localizados dentro del poblado de Guazacapán, donde existe la posibilidad que los drenajes de las casas produzcan una filtración de aguas negras hacia los tanques. Otra causa podría ser que estos tanques algunas veces se encuentran destapados y son utilizados por algunas personas para bañarse en el lugar o llevarla a su casa.

El estudio demostró que la calidad del agua en los tres tanques de distribución municipal sobrepasó los límites permitidos para el grupo coliformes, establecidos por la norma COGUANOR para agua potable, que indica que tanto el estimado de coliformes totales como fecales deben ser < 2 NMP por 100mL de agua y *E. coli* debe de estar ausente.

Los resultados obtenidos para el análisis físico, químico y microbiológico fueron comparados con la Norma COGUANOR 29001, ya que es la norma vigente para agua potable en Guatemala.

CONCLUSIONES

1. El agua distribuida en el municipio de Guazacapán, Santa Rosa, que proviene de los tres tanques de la red de distribución municipal cumplen con los parámetros físicos establecidos por la norma COGUANOR NGO 29001 para el consumo humano.
2. El único parámetro químico que no cumple con la norma COGUANOR 29001 para agua potable es la concentración de cloruros.
3. Debido a la presencia de Coliformes totales, fecales y *E. coli*, el agua distribuida a los domicilios del Municipio de Guazacapán no es apta para el consumo humano y pone en riesgo la salud de sus habitantes.
4. Se pudo determinar que el agua se encuentra contaminadas en ambas épocas del año.

X. RECOMENDACIONES

1. Los análisis bacteriológicos realizados al agua que se suministra por la municipalidad de Guazacapán, Santa Rosa, muestran que no es bacteriológicamente potable, por lo que se recomienda se implemente un sistema de desinfección y decontaminación en la red de distribución para no poner en riesgo la salud del consumidor. Por lo que se debe clorar el agua, y realizarle pruebas, con el objetivo de mantener la concentración de cloro residual de acuerdo a las normas establecidas en Guatemala para el agua potable.
2. Para asegurar la calidad sanitaria del agua distribuida, se recomienda que se instituya un programa de control y monitoreo por parte de la Municipalidad de Guazacapán periódicamente, así como la limpieza adecuada de los tanques.
3. Establecer un programa de divulgación de tratamiento del agua para consumo humano, promoviendo la cloración ó el hervirla para evitar enfermedades diarreicas en la población más susceptible por parte de la Municipalidad y Centro de Salud de Guazacapán.
4. Gestionar por parte de las autoridades competentes la implementación de plantas de tratamiento de agua potable y agua residual para la población del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa.

XII. REFERENCIAS

1. Las condiciones de la Salud en las Américas. 2. ed. Vols, 2, vols.2, 1994, 150p. (75-77).
2. Organización Panamericana de la Salud. Guía para la Calidad de Agua potable. 2 ed. Ginebra, Suiza: Vols, 3, vol. 3, 1987, 20p. (p. 8-10).
3. Ayres GH. Análisis Químico Cuantitativo. 4. ed. México: Harla, 1998. 740p. (p. 240).
4. Informe del XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación del Instituto Nacional de Estadística. Guatemala: 2004.
5. Organización Panamericana de la Salud. Guías para la Calidad de Agua Potable. 2 ed. Ginebra, Suiza: Vols, 3, vols. 2, 1995, 88p. (p. 10-15).
6. Sneath PHA, *et al.* Manual of Systematic Bacteriology. Vols, 2, vols. 1, 1986, 1180 p. (p. 1125, 1169).
7. Wentzel JG, *et al.* Evaluation of Coliphage Detection as a Rapid Indicator of Water Quality. *Appl. Environ. Microbiology.* 1982, 430p. (135).

8. Greenberg A, *et al.* Standard Methodos for Examination of Water and Wastewater. 18.ed. Washington D.C: 1992, 160p. (p. 9,10).
9. Olson D, *et al.* Total Coliformes Detection in Drinking Water. Comparison of membrane filtration with colilert and coliquik. Appl. Environ. Microbiology. 1991, 2000p, (p. 57, 1535, 1539).
10. MacFaddin JF, *et al.* Media for Isolation Maintenance of Medical Bacteria. Baltimore, Estados Unidos: 1985, 1456p. (1250-1260).
11. Federal Register. National Primary Drinking Eater Regulations; Total Coliform Proposed rule. 1989p. 3200p. (2544, 2567).
12. Las condiciones de la Salud en las Américas. 2 ed. Vols, 2, vols.2, 1994, 150p. (75-77).
13. Avendaño NH. Taller de Métodos para el Examen Bacteriológico de Agua para Consumo Humano (Tratamiento y desinfección del agua). Guatemala: Instituto Microbiológico de Fomento Municipal (IMFOM), Doc. Tec. 1997, 55p. (15-20).
14. Martínez MDC. Control de calidad de agua potable de la Ciudad de Mazatenango, Departamento de Suchitepequez. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 2000. 40p.

15. Lennete EH, *et al.* Manual of Clinical Microbiology. 5. ed. Washington D.C.: 1991, 1900p. (p. 1132, 1483).
16. Manual de Medios de Cultivo. Merck. Darmstadt, Alemania: Doc. Tec. 2000.
17. Zanotti P. Determinación de la Calidad física, química y bacteriológica del agua para consumo humano que se suministra a la población del municipio de Palín, Escuintla. Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 2005. 140p.
18. Standard Methods for the Examination of Water and wastewater. Disponible en: www.epa.gov/ogwag/methods/indmicro.html. Consultada en: Agosto 2005.
19. Determinación de pH. Disponible en: <http://members.tripod.com/Arturobola/ph>
Consultada en: Noviembre 2005.
20. Cano F. Técnicas Básicas para el Examen Bacteriológico de Agua para Consumo Humano Guatemala: Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Doc. Tec. 1997, 80p. (20-22).
21. Manual Difco. Doc. Téc. 1985, 10. ed. Detroit Michigan U.S.A: 1166p. (p. 308, 713).

22. Ortiz BR. Desarrollo de una metodología sencilla para establecer la presencia de coliformes en agua de consumo humano y su correlación con el método de fermentación de tubos múltiples (MNP). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 2000. 40p.
23. Power DA, *et al.* Manual of BBL Products and Laboratory Procedures. 6. ed. U.S.A.: 1988, 850p. (p 30).
24. Departamento de Regulación de los Programas de Salud y Ambiente. Norma guatemalteca obligatoria de Agua potable (COGUANOR). Guatemala: 2003. 20p.
25. Vargas C. Curso sobre Métodos Bacteriológicos para Análisis de Agua potable. OPS/CEPIS. Perú: 2000.
26. Aplicaciones de Recuentos. Indicadores. Disponible en: <http://bilbo.edu.vy/microbio/aplica.html>. Consultada en: Agosto 2005.
27. Contaminación del Agua. 2001. Disponible en: [www.cyberwayswaterways .com](http://www.cyberwayswaterways.com). Consultada en: Agosto 2005.
28. Miyares MR. Determinación de Coliformes y Helmintos en aguas afluentes y efluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales, Nimajuyú zona 21.

- Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; (Tesis de graduación Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 2003. 76p.
29. Las condiciones de la Salud en las Américas. Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. 2da. Ed. Vol. 2. 1994.
30. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala. Disponible en: <http://www.mspas.gob.gt> Consultada en: Junio 2005.
31. Torres M. Manual Práctico de Bacteriología Médica. Editorial Serviprensa. Guatemala: 1996
32. Bravatti EJA. Evaluación de la Calidad del Agua para consumo humano en la Ciudad de San Pedro Carchá, Departamento de Alta Verapaz, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala; (Tesis de graduación Facultad de Ingeniería) 1982. 37p.
33. Guía para la Calidad del Agua Potable. 2. ed. Vols, 2, vols.2, 1999, 40p. (27).
34. INSIVUMEH. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Calidad del Agua de los Ríos de la Cuenca del Río María Linda y otras Cuencas, Periodo de Febrero 2001 a Septiembre 2001. Boletín 4: Laboratorio de Hidroquímica, Guatemala 2001. 162 p.

35. Lee JL. Calidad del agua para consumo humano que suministra la empresa Municipal de agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA): Determinaciones, Análisis e Índices de Calidad. Guatemala: Universidad de San Carlos, (tesis de graduación, Facultad de Ingeniería) 1999. 90p.
36. Food and Drug Administration BAM. Bacteriological Analytical Manual 8th ed. Arlington. Association of Official Analytical Chemists, 1995.
37. Gil P. Monitoreo y Cuantificación de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y *Escherichia coli*, en siete micocuencas del lago de Amatitlán: Chanquin, El Frutal, Guadrón, Pinula, San Lucas, Zacatal y Zanjón Palín. Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 2001. 57p.
38. Cervantes SM. Evaluación de la Calidad del Agua Potable de Guastatoya Cabecera Departamental, El Progreso. Universidad de San Carlos de Guatemala, (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia). 2004. 65p.
39. Roldán G. Fundamentos de Limnología Neotropical. Colombia: Universidad de Antioquia, 1992. 467-479p.

40. American Water Works Association. Agua su Calidad y Tratamiento. Trad. Colin M. México: UTHEA. 1988 390p.

XIII. ANEXOS

ANEXO 1

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS ANÁLISIS FÍSICOS SEGÚN LA NORMA COGUANOR NGO 29 001

	pH	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Turbidez UT	Sólidos Totales mg/L
LMP	6.5-9.2	50-1.500	25	1,500

LMP: límite máximo permisible $\mu\text{S/cm}$: microsims por centímetro
UT: Unidades de Turbidez

Fuente: Normas COGUANOR NGO 29 001 de agua potable (24).

ANEXO 2

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS ANÁLISIS QUÍMICOS SEGÚN LA NORMA COGUANOR NGO 29 001

	Alcalinidad Total mg/L CaCO ₃	Dureza Total mg/L CaCO ₃	Sulfatos mg/L SO ₄	Cloruros mg/L Cl ⁻
LMP	-----	500	400	250

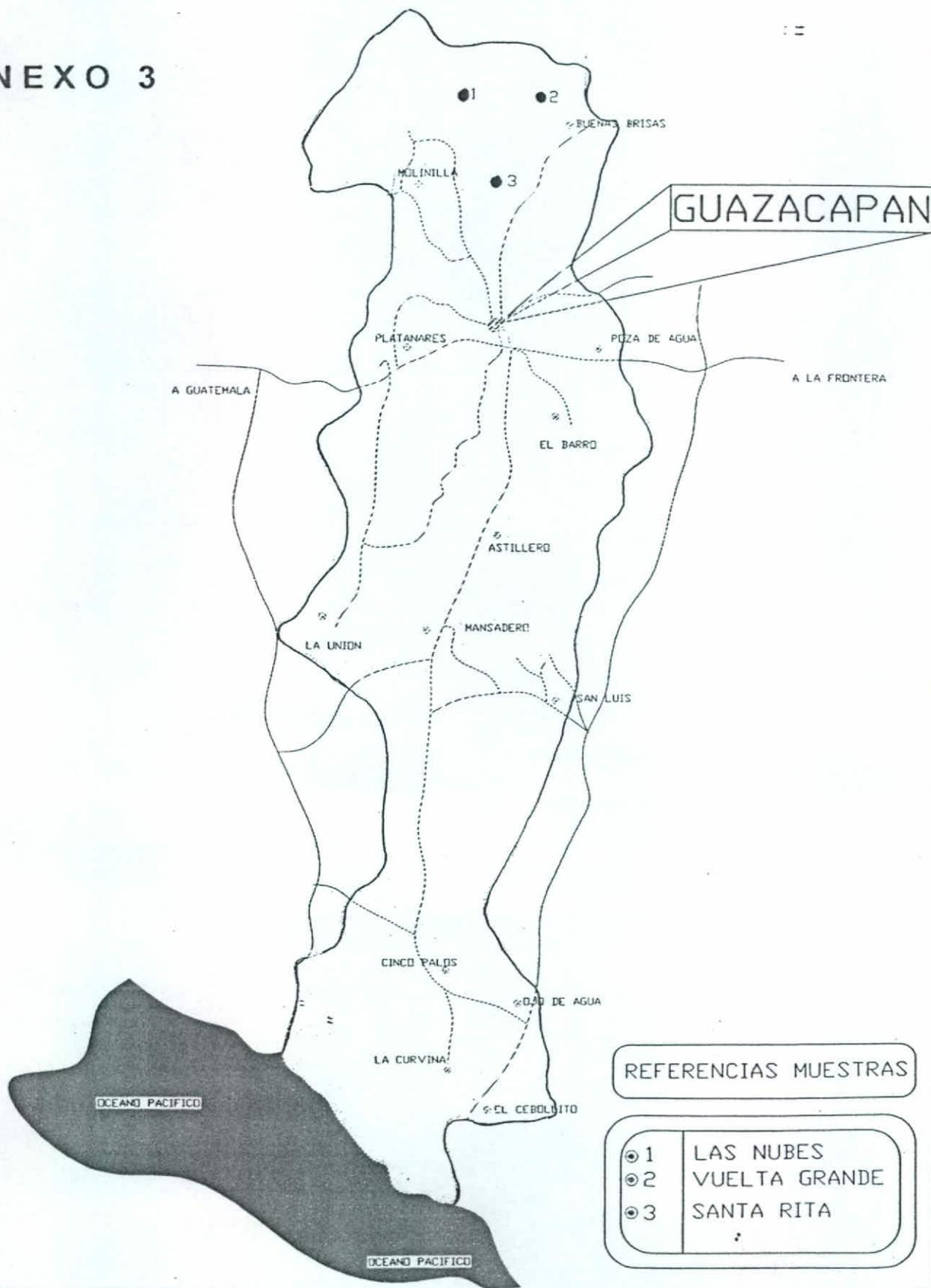
LMP: límite máximo permisible mg/L SO₄ miligramos por litro de sulfato
mg/L CaCO₃: miligramos por litro de carbonato de calcio. mg/L miligramos por litro de ion cloruro

Fuente: Normas COGUANOR NGO 29 001 de agua potable (24).

CROQUIS MUNICIPIO DE GUAZACAPAN

50

ANEXO 3



ANEXO 4

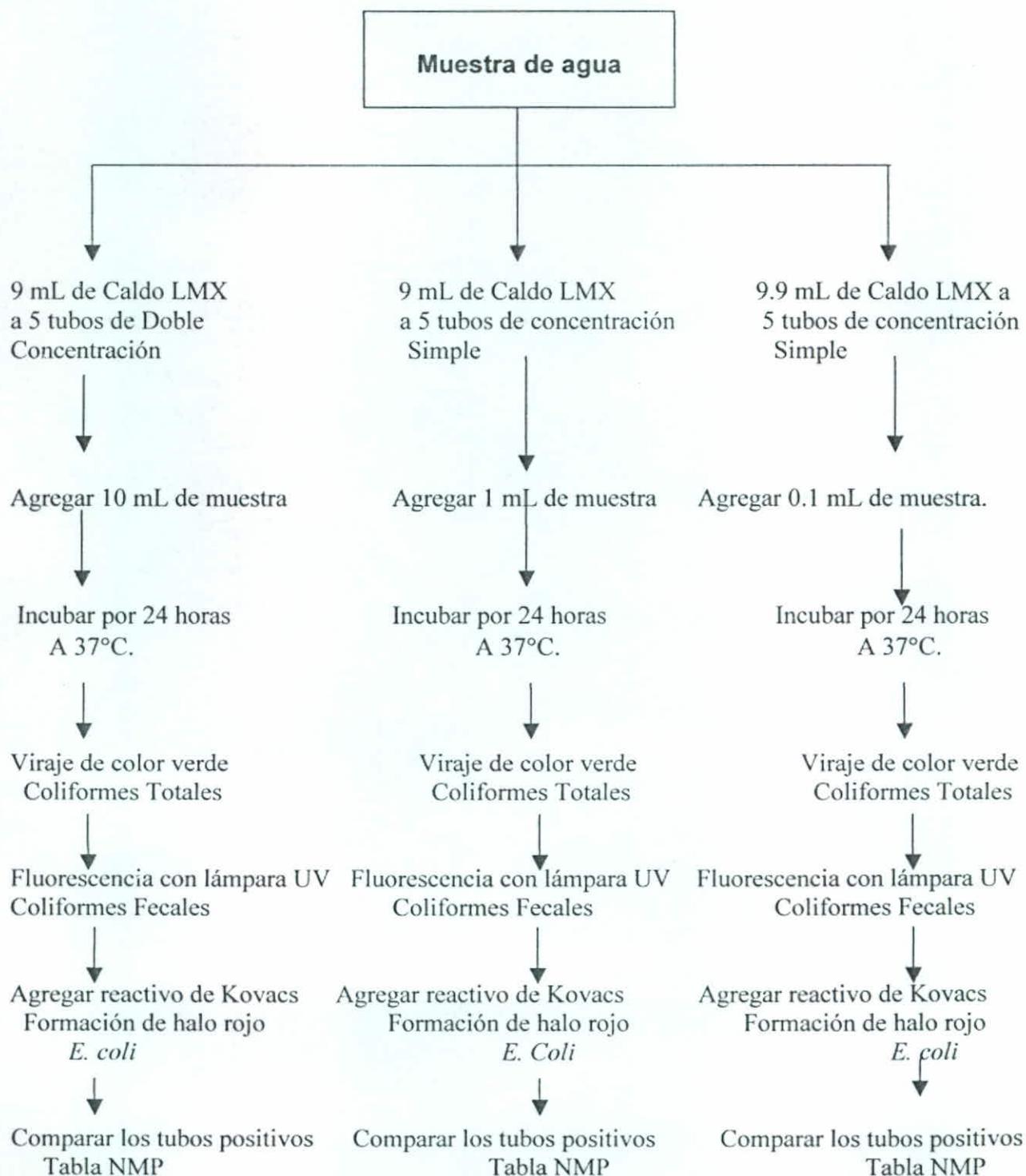
FRECUENCIA MINIMA DE LA TOMA DE MUESTRA DEL AGUA DE BEBIDA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

POBLACIÓN ABASTECIDA**DE MUESTRAS MENSUALES**

Menos de 5,000
5000 a 10,000
Más de 1000,0001 Muestra
1 Muestra por 5,000 usuarios
1 Muestra por 1000,000 usuarios
Más de 10 muestras adicionales

Fuente: Guías para la Calidad de Agua Potable Vol. 2. pp. 27 (33).

ANEXO 5
PROCEDIMIENTO DE TUBOS DE FERMENTACIÓN MÚLTIPLE PARA
COLIFORMES EN AGUA.
(Prueba de 15 tubos)



ANEXO 6

Tabla 1

Resultados obtenidos del análisis físicos del tanque 2 de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, en la época lluviosa.

Fecha de Muestreo	pH	Conductividad	Turbidez	Sólidos totales
		$\mu\text{S/cm}$	UT	mg/L
Septiembre 2005	7.11	133	4.80	128
Octubre 2005	6.87	126	4.25	116
Octubre 2005	6.78	126	2.82	155
Noviembre 2005	6.93	133	1.60	175

$\mu\text{S/cm}$ microsims por centímetro UT: unidades de turbidez
mg/L miligramos por litro

Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

Tabla 2

Resultados obtenidos del análisis físicos del tanque 3 de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, en la época lluviosa.

Fecha de Muestreo	pH	Conductividad	Turbidez	Sólidos totales
		$\mu\text{S/cm}$	UT	mg/L
Septiembre 2005	7.20	154	0.60	133
Octubre 2005	6.89	155	1.85	158
Octubre 2005	7.36	151	0.75	177
Noviembre 2005	7.17	148	1.28	177

$\mu\text{S/cm}$ microsims por centímetro UT: unidades de turbidez
mg/L miligramos por litro.

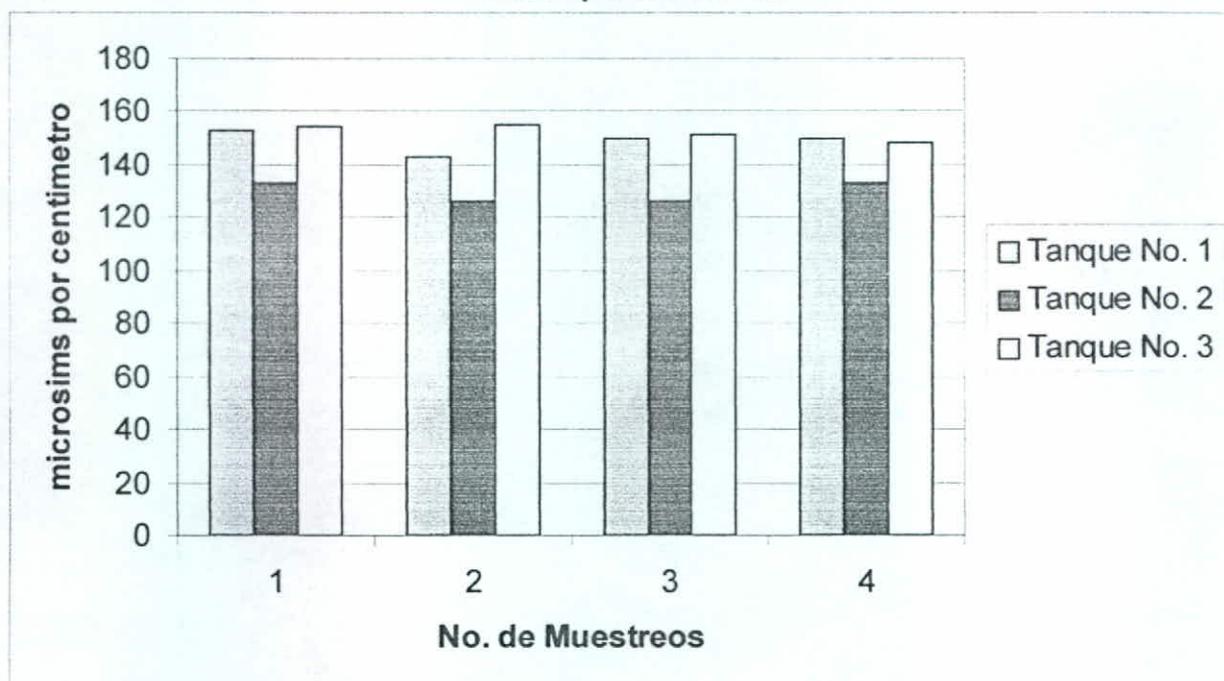
Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

Gráfica 1
Resultados del pH
durante la época lluviosa



En la gráfica 1 se muestran los resultados del pH de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán Santa Rosa en la época lluviosa del año 2005, en la cual podemos observar que el tanque 3 tiene el pH más alto durante los cuatro muestreos, y el tanque 1 el menor pH durante los cuatro muestreos.

Gráfica 2
Resultados de la Conductividad
en la época lluviosa



En la gráfica 2 se muestran los resultados de la conductividad del agua de los 3 tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán Santa Rosa en la época lluviosa del año 2005, en el cual podemos observar que los tanques 1 y 2 poseen la conductividad más alta y el tanque 2 la más baja.

Gráfica 3
Resultados de la Turbidez
En la época lluviosa



En la gráfica 3 se muestran los resultados de la turbidez del agua de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán Santa Rosa en la época lluviosa del año 2005, en la cual se observa que el tanque 2 posee la turbidez máx. alta en los cuatro muestreos.

Gráfica 4
Resultados de la concentración de Sólidos Totales
en época lluviosa .



En la gráfica 4 se muestran los resultados de sólidos totales del agua de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán Santa Rosa en la época lluviosa del año 2005, en la cual se observa que el tanque 3 posee la mayor concentración en los cuatro muestreos.

ANEXO 7

Tabla 3
Resultados obtenidos del análisis físicos del tanque 2 de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, en la época seca.

Fecha de Muestreo	pH	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Turbidez UT	Sólidos totales mg/L
Enero 2006	6.52	277	0.70	107
Enero 2006	7.67	266	0.28	154.0
Febrero 2006	7.21	249	0.79	125.0
Febrero 2006	6.51	293	0.56	136

$\mu\text{S/cm}$ microsims por centímetro UT: unidades de turbidez
 mg/L: miligramos por litro

Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

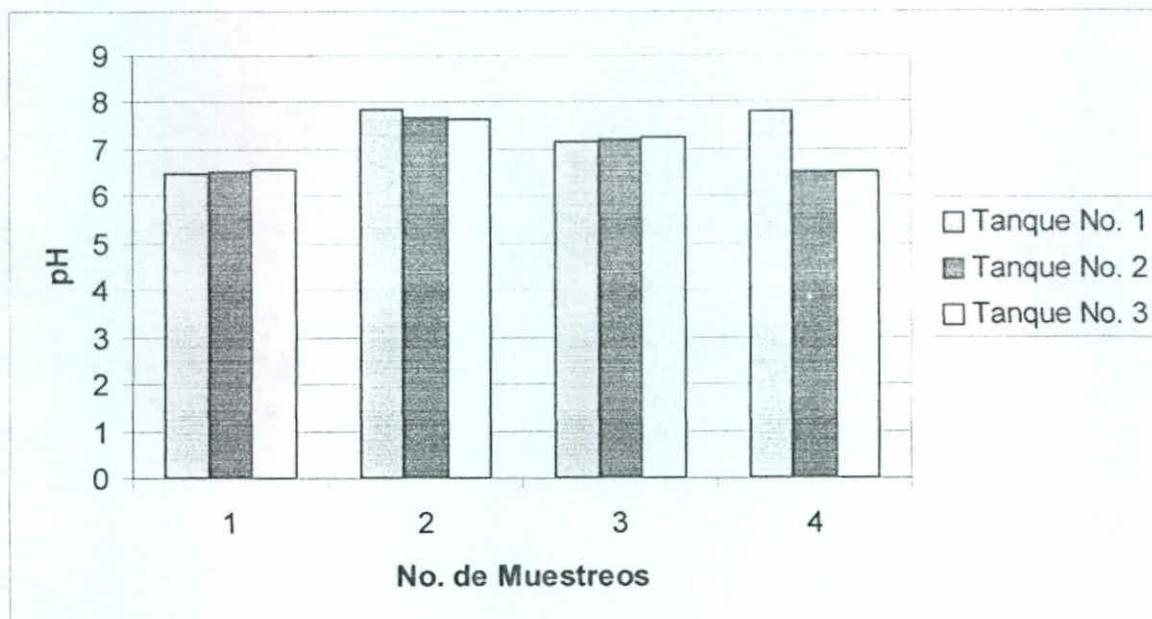
Tabla 4
Resultados obtenidos del análisis físicos del tanque 3 de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, en la época seca.

Fecha de Muestreo	pH	Conductividad $\mu\text{S/cm}$	Turbidez UT	Sólidos totales mg/L
Enero 2006	6.59	274	0.36	111
Enero 2006	7.65	265	0.12	190
Febrero 2006	7.25	262	0.83	126.0
Febrero 2006	6.52	302	0.65	152

$\mu\text{S/cm}$ microsims por centímetro UT: unidades de turbidez
 mg/L: miligramos por litro

Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

Gráfica 5
Resultados del pH en la época seca



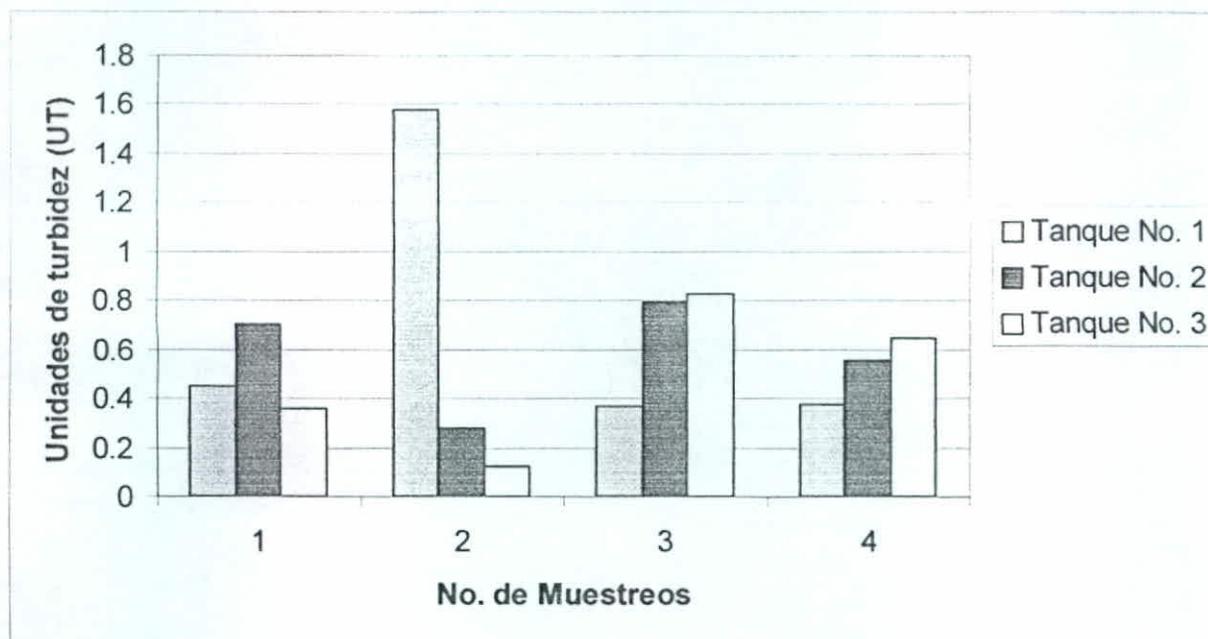
En la gráfica 5 se muestran los resultados del pH de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán Santa Rosa en la época seca del año 2006, en el cual se observa que el tanque 1 posee el pH más alto, mientras los tanques 2 y 3 permanecieron con un pH bastante similar.

Gráfica 6
Resultados de la Conductividad
en la época seca



En la gráfica 6 se muestran los resultados de la conductividad de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán Santa Rosa en la época seca del año 2006, donde se observa que en el cuarto muestreo hubo un incremento de la conductividad en los tres tanques.

Gráfica 7
Resultados de la Turbidez en la
época seca



En la gráfica 7 se muestran los resultados de la turbidez de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán Santa Rosa en la época seca del año 2006, donde se observa que el tanque 1 obtuvo la mayor concentración en el segundo muestreo.

Gráfica 8
Resultados de Sólidos Totales en la
época seca



En la gráfica 8 se muestran los resultados de los sólidos totales de los tres tanques de distribución municipal del municipio de Guazacapán Santa Rosa en la época seca del año 2006, donde se observa que el tanque 3 tubo la mayor concentración durante el segundo muestreo.

ANEXO 8

Tabla 5

Resultados obtenidos del análisis químico del tanque 2 de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, en la época lluviosa.

Fecha de Muestreo	Alcalinidad Total mg/L CaCO ₃	Dureza Total mg/L CaCO ₃	Sulfatos mg/L SO ₄	Cloruros mg/L Cl ⁻
Septiembre 2005	53.4	62.18	6.77	ND
Octubre 2005	53.4	52.23	6.91	ND
Octubre 2005	53.4	44.77	4.19	ND
Noviembre 2005	53.4	52.23	3.85	ND

mg/L SO₄ miligramos por litro de sulfato

mg/L miligramos por litro de ión cloruro

mg/L CaCO₃ miligramos por litro de carbonato de calcio. ND no detectable

Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

Tabla 6

Resultados obtenidos del análisis químico del tanque 3 de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa, en la época lluviosa.

Fecha de Muestreo	Alcalinidad Total mg/L CaCO ₃	Dureza Total mg/L CaCO ₃	Sulfatos mg/L SO ₄	Cloruros mg/L Cl ⁻
Septiembre 2005	71.2	57.21	4.04	ND
Octubre 2005	71.2	62.18	4.95	ND
Octubre 2005	71.2	54.72	1.89	ND
Noviembre 2005	71.2	57.21	2.46	ND

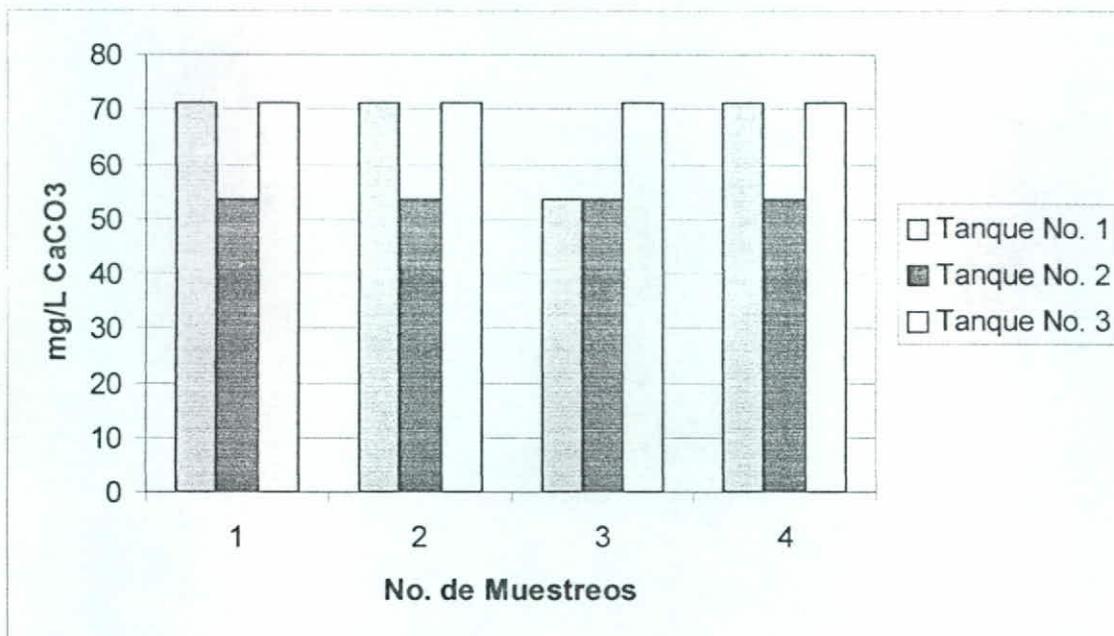
mg/L SO₄ miligramos por litro de sulfato

mg/L miligramos por litro de ión cloruro

mg/L CaCO₃ miligramos por litro de carbonato de calcio. ND no detectable

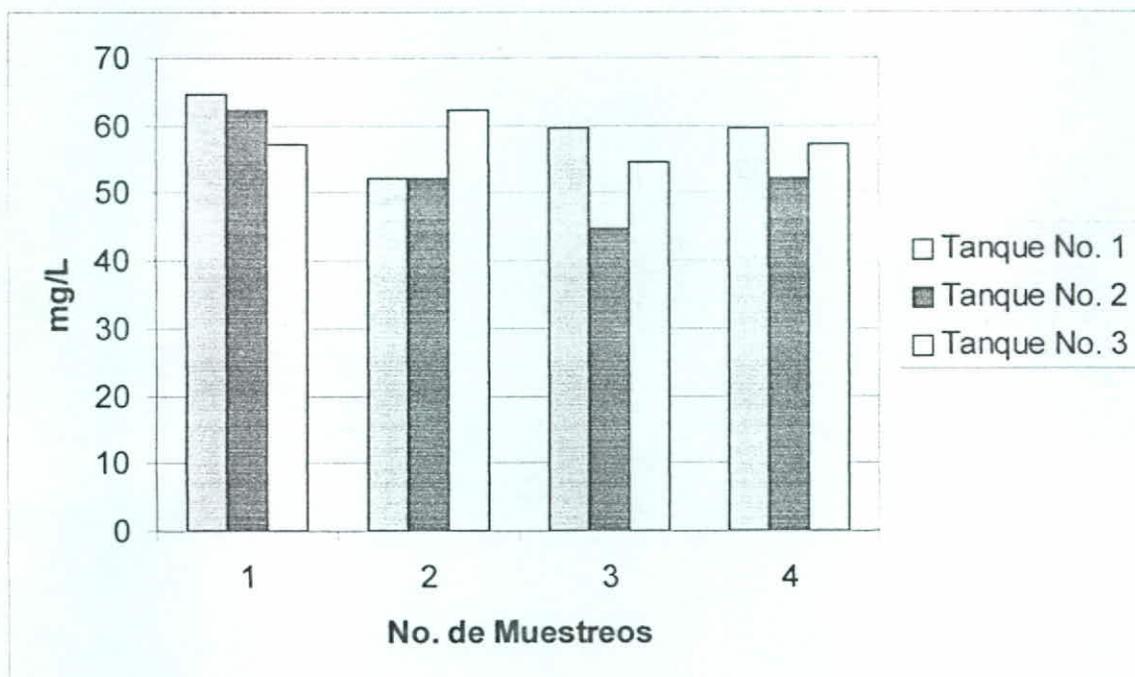
Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

Gráfica 9
Resultados de la Alcalinidad durante la
época lluviosa



En la gráfica 9 se muestran los resultados obtenidos del análisis químico de la alcalinidad de la época lluviosa de los 3 tanques de agua de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Santa Rosa, donde se observa que los tanques 1 y 3 alcanzaron la mayor concentración.

Gráfica 10
Resultados de la Dureza Total durante
la época lluviosa



En la gráfica 10 se muestran los resultados obtenidos del análisis químico de dureza total de la época lluviosa de los 3 tanques de agua de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Santa Rosa, donde se observa que la concentración más alta se obtuvo en el tanque 1 del primer muestreo.

Gráfica 11
Resultados de Sulfatos durante la
época lluviosa



En la gráfica 11 se muestran los resultados obtenidos del análisis químico de la concentración de sulfatos de la época lluviosa de los 3 tanques de agua de distribución municipal del municipio de Guazacapán, Santa Rosa, donde se observa que el tanque 2 obtuvo la mayor concentración.

ANEXO 9

Tabla 7
Resultados obtenidos del análisis químico del tanque 2 de distribución municipal
del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa,
en la época seca.

Fecha de Muestreo	Alcalinidad		Sulfatos mg/L SO ₄	Cloruros mg/L Cl ⁻
	Total mg/L CaCO ₃	Dureza total mg/L CaCO ₃		
Enero 2006	71.2	54.72	5.65	ND
Enero 2006	53.4	54.72	11.68	ND
Febrero 2006	71.2	54.72	4.36	ND
Febrero 2006	53.4	52.23	4.23	ND

mg/L SO₄ miligramos por litro de sulfato mg/L miligramos por litro de ion cloruro
 mg/L CaCO₃ miligramos por litro de carbonato de calcio. ND No detectable

Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

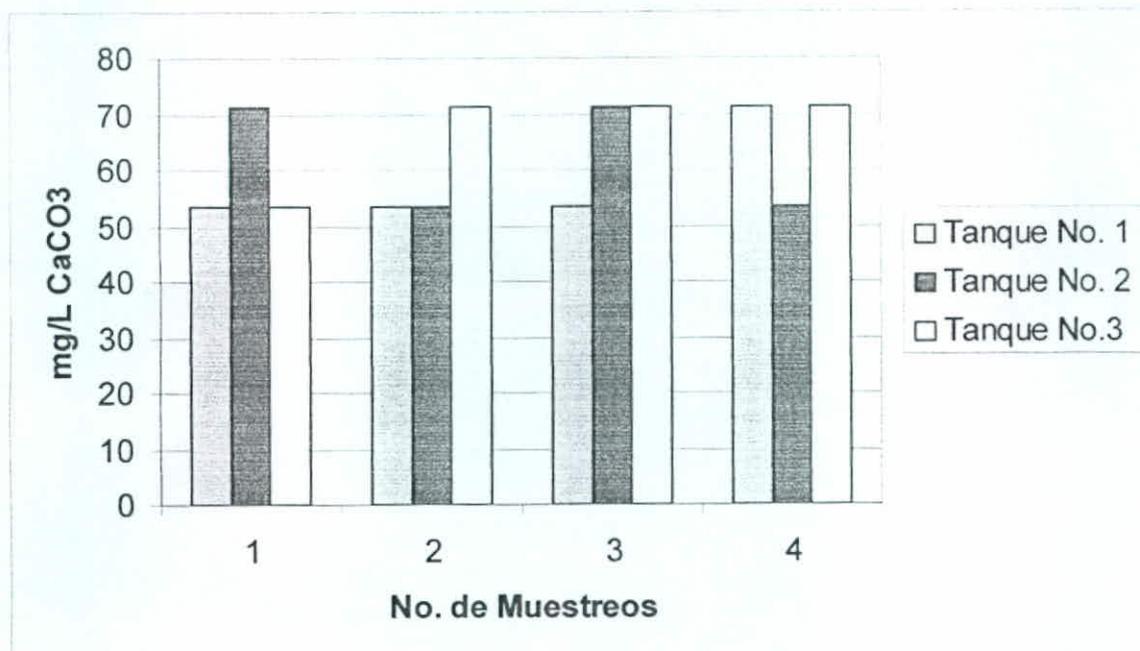
Tabla 8
Resultados obtenidos del análisis químico del tanque 3 de distribución municipal
del municipio de Guazacapán, Departamento de Santa Rosa,
en la época seca.

Fecha de Muestreo	Alcalinidad	Dureza	Sulfatos mg/L SO ₄	Cloruros mg/L Cl ⁻
	Total mg/L CaCO ₃	Total mg/L CaCO ₃		
Enero 2006	53.4	49.74	2.55	ND
Enero 2006	71.2	54.72	2.46	ND
Febrero 2006	71.2	54.72	2.69	ND
Febrero 2006	71.2	54.72	2.38	ND

mg/L SO₄ miligramos por litro de sulfato mg/L miligramos por litro de ion cloruro
 mg/L CaCO₃ miligramos por litro de carbonato de calcio. ND No detectable

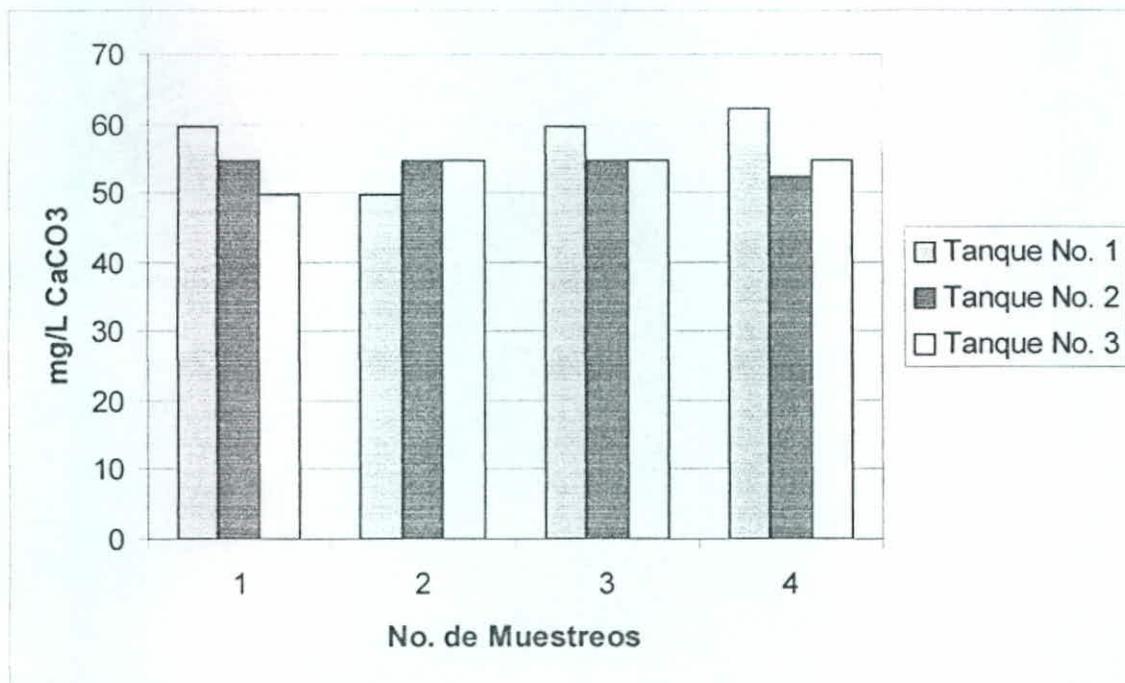
Fuente: Datos obtenidos por la UAI.

Gráfica 12
Resultados obtenidos de la Alcalinidad Total durante la
época seca



En la gráfica 12 se muestran los resultados de alcalinidad total, expresados en miligramos por litro de carbonato de calcio, de los 3 tanques de distribución municipal de Guazacapán, Santa Rosa en la época seca del año 2006, se puede observar que el tanque 3 obtuvo la mayor concentración.

Gráfica 13
Resultados obtenidos de la Dureza Total
durante la época seca



En la gráfica 13 se muestran los resultados de dureza total, expresados en miligramos por litro de carbonato de calcio, de los 3 tanques de distribución municipal de Guazacapán, Santa Rosa en la época seca del año 2006, donde se observa que el tanque 1 obtuvo la mayor concentración, mientras el tanque 2 y 3 permanecieron bastante similares.

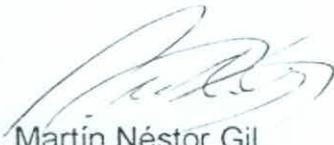
Gráfica 14
Resultados de Sulfatos durante
la época seca



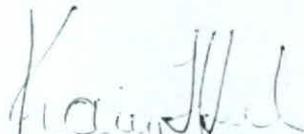
En la gráfica 14 se muestran los resultados de sulfatos, expresados en miligramos por litro de sulfatos, de los 3 tanques de distribución municipal de Guazacapán, Santa Rosa en la época seca del año 2006, se observa que el tanque 2 obtuvo la mayor concentración.



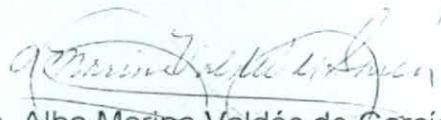
Aleida Marissella Roldán Estrada
Autora



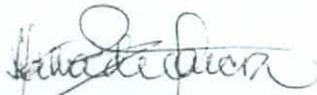
Lic. Martín Néstor Gil
Asesor



MSc. Karin Larissa Herrera Aguilar
Revisora



Licda. Alba Marina Valdés de García
Revisora



MSc. Vivian Matta de García
Directora de Escuela



Oscar Manuel Cobar Pirto, Ph.D.
Decano