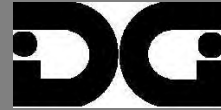


2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN



IMPORTANCIA DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE NUEVA SANTA ROSA.

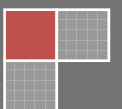


10/09/2008 09:56 AM



Ing. Agr. JORGE ALBERTO DONIS MEJCANOS

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008



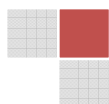
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN**

INFORME FINAL PROYECTO

**“IMPORTANCIA DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE
NUEVA SANTA ROSA”**

INVESTIGADOR DEL PROYECTO ING. AGR. JORGE A. DONIS M.

PERIODO DE EJECUCIÓN: SEPTIEMBRE A NOVIEMBRE DE 2008.



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación**



4.4 Condiciones climáticas	23
4.5 Zonas de vida	23
4.6 Fisiografía y relieve	24
4.7 Recursos naturales	24
4.8 Hidrografía	24
4.9 Flora y vegetación	26
4.10 Suelos	27
4.11 Demografía	29
4.12 Salubridad pública	29
5. METODOLOGÍA	30
5.1 Diseño y frecuencia de muestreo	30
5.2 Puntos de muestreo	30
5.3 Procedimiento utilizado para el muestreo del agua para análisis fisicoquímico	32
5.4 Procedimiento utilizado para el muestreo del agua para análisis microbiológico	34
5.5 Selección de los parámetros	34
5.6 Análisis de la información	35
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
6.1 Características microbiológicas	36
6.1.1 Coliformes totales	36
6.1.2 Coliformes fecales	38
6.2 Características fisicoquímicas	40
6.2.1 Potencial de hidrogeno (pH)	40
6.2.2 Conductividad eléctrica	42
6.2.3 Turbidez	44
6.2.4 Alcalinidad total	46
6.2.5 Sólidos totales	48
6.2.6 Dureza total	50
6.2.7 Sulfatos totales	52
7. CONCLUSIONES	54
8. RECOMENDACIONES	55
9. BIBLIOGRAFÍA	56
10. ANEXOS	58

ÍNDICE DE FIGURAS

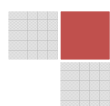


FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Nueva Santa Rosa	22
Figura 2. Puntos de captación de las muestras	32
Figura 3. Lavado de recipientes para la toma de muestras	32
Figura 4. Procedimientos para evitar derrames durante la toma de muestras	33
Figura 5. Volumen de la muestra y espacio libre requerido para agitación	33
Figura 6. Comportamiento de la presencia del grupo Coliforme total en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo	36
Figura 7. Comportamiento de la presencia del grupo Coliforme total en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo	37
Figura 8. Comportamiento de la presencia del grupo Coliforme fecal en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo	38
Figura 9. Comportamiento de la presencia del grupo Coliforme fecal en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo	39
Figura 10. Comportamiento del potencial de hidrogeno (pH) del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según al primer muestreo	40
Figura 11. Comportamiento del potencial de hidrogeno (pH) del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo	41
Figura 12. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica del agua potable en los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo	42
Figura 13. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo	43
Figura 14. Comportamiento de la Turbidez del agua potable en los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo	44
Figura 15. Comportamiento de la Turbidez del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo	45
Figura 16. Comportamiento de la Alcalinidad Total del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo	46

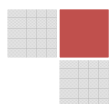
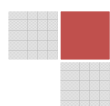


Figura 17. Comportamiento de la Alcalinidad Total del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo	47
Figura 18. Comportamiento de la presencia de Sólidos Totales en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo	48
Figura 19. Comportamiento de la presencia de Sólidos Totales en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, según segundo muestreo	49
Figura 20. Comportamiento de la Dureza Total del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo	50
Figura 21. Comportamiento de la Dureza Total del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo	51
Figura 22. Comportamiento de la presencia de Sulfatos en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo	52
Figura 23. Comportamiento de la presencia de Sulfatos en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo	53
Figura 24. Mapa de Serie de Suelos del Departamento de Santa Rosa	64

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO

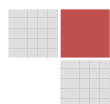
PÁGINA

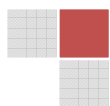


Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



Cuadro 1. Características físicas sensoriales. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP) que debe tener el agua potable	20
Cuadro 2. Sustancia químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles	20
Cuadro 3. Rangos de pendientes del municipio de Nueva Santa Rosa	24
Cuadro 4. Afluentes que conforman las diferentes cuencas del municipio de Nueva Santa Rosa	25
Cuadro 5. Principales especies arbóreas del municipio de Nueva Santa Rosa	26
Cuadro 6. Resultados del censo poblacional 2003-2005 del Instituto Nacional de Estadística -INE- para el municipio de Nueva Santa Rosa	29
Cuadro 7. Frecuencias mínimas de la toma de muestras y análisis del agua para consumo humano en sistemas de distribución	30
Cuadro 8. Características y ubicación de los puntos de muestreo	31
Cuadro 9. Localización geodésica y altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm) de los puntos de muestreo	31
Cuadro 10. Parámetros fisicoquímicos de potabilidad evaluados	35
Cuadro 11. Parámetros microbiológicos de potabilidad evaluados	35
Cuadro 12A. Número más probable para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan cinco porciones de 10 ml, cinco porciones de 1 ml y cinco porciones de 0.1 ml	59
Cuadro 13A. Número más probable (NMP) para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan tres porciones de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml	59
Cuadro 14A. Estadísticas sobre las 10 causas de mortalidad general proporcionadas por el Centro de Salud del municipio de Nueva Santa Rosa, departamento de Santa Rosa	60
Cuadro 15A. Consolidado de los resultados del análisis microbiológico, para determinación de Coliformes Totales presentes en el agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa	61
Cuadro 16A. Consolidado de los resultados del análisis microbiológico, para determinación de Coliformes Fecales presentes en el agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa	61
Cuadro 17A. Resultados del análisis fisicoquímico del agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, correspondiente al primer muestreo	62
Cuadro 18A. Resultados del análisis fisicoquímico del agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, correspondiente al	





RESUMEN

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía.

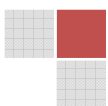
La evaluación de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

Guatemala tiene uno de los índices más altos del istmo centroamericano en padecimientos de enfermedades hidrotansmisibles en niños. Las enfermedades diarreicas agudas (EDAs) son una de las principales causas de muerte de menores de edad y neonatos en el país. La calidad sanitaria del agua para el consumo humano ha tomado relevancia en los últimos años, siendo este el factor fundamental para determinar la calidad de vida de la población.

Los pobladores del municipio de Nueva Santa Rosa del departamento de Santa Rosa, utilizan para el consumo humano agua subterránea procedente de pozos mecánicos y nacimientos naturales, la cual se distribuye a través de 9 tanques de captación con redes hidrológicas. Para conocer los componentes generales, mayoritarios y no deseables se evaluó la calidad fisicoquímica y bacteriológica de estas aguas.

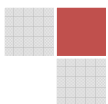
Para la toma de las muestras, se establecieron 9 puntos de muestreo correspondientes a igual número de tanques y se siguió cada uno de los procedimientos contemplados dentro de los marcos metodológicos para el Muestreo de Agua con fines de análisis fisicoquímicos y microbiológicos, proporcionados por La Unidad de Análisis Instrumental y el Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR- de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-. De acuerdo a las cuales, se tomaron 1.5 litros de agua en cada primer grifo o chorro ubicado al inicio de la red de distribución de cada uno de los tanques, volúmenes que se destinaron para el análisis fisicoquímico; tomándose otros restantes 0.50 litros en cada punto de muestreo, destinados para el análisis microbiológico, haciendo un volumen total de muestra de 2.0 litros por punto de muestreo. En total se realizaron 2 muestreos en cada uno de los 9 tanques, colectándose 2 muestras correspondientes a los análisis fisicoquímico y microbiológico respectivamente, haciendo un total de 36 muestras analizadas.

Se emplearon las técnicas analíticas convencionales así como métodos gráficos. Los resultados reflejaron la presencia de elementos no deseables, indicadores de contaminación, que sobrepasan los índices establecidos para el consumo humano como agua potable. Los resultados del análisis bacteriológico evidenciaron la presencia de bacilos de colis y colifecales, siendo fundamentalmente su composición fecal lo que determina su estado sanitario. Se concluye que las aguas de los tanques de abastecimiento estudiados no responden a los requisitos microbiológicos establecidos en



las normas para consumo humano (COGUANOR NGO 29 001:99). Así mismos, se determinó que si cumplen con los parámetros fisicoquímicos de Conductividad Eléctrica, Alcalinidad Total, Sólidos Totales, Dureza Total y Sulfatos Totales, establecidos en la Norma COGUANOR 29 001:99.

Una de las recomendaciones es de que se debe aplicar algún proceso de desinfección ya que los riesgos a la salud por la exposición a cloro residual y compuestos derivados de la cloración son menores y a largo plazo, comparados con las enfermedades de corto plazo propagadas a través del agua sin desinfectar.



1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación responde a la importancia que ha cobrado, el tema de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable en Guatemala a partir de 1,985 año en que fue publicada en el Diario Oficial la norma COGUANOR NGO 29 001, en respuesta a la implicación de casos de enfermedades transmitidas a través del agua.

Uno de los problemas ambientales más importantes del municipio de Nueva Santa Rosa, es el deterioro del recurso hídrico principalmente por aguas servidas domesticas, vertimiento de afluentes y residuos líquidos industriales, actividad agrícola entre otros que genera contaminación de las aguas superficiales y muchas veces de aguas subterráneas con elementos químicos y microorganismos patógenos como los coliformes fecales y E. Cooli. Éstas últimas son bacterias cuya presencia indica que el agua podría estar contaminada con heces fecales humanas o de animales. Los microbios que provocan enfermedades (patógenas) y están presentes en las heces, causan diarreas, cólicos, náuseas, cefaleas u otros síntomas, representando un riesgo para la salud de bebés, niños pequeños y personas adultas con sistema inmunológico comprometido.

Debido a la diversidad de usos del agua y a la cantidad y variedad de sus contaminantes, los criterios de calidad actuales necesitan un número muy alto de parámetros analíticos. Teniendo en cuenta el impacto social que está teniendo la creciente escasez de agua y la discutible calidad de esta en muchos casos, se hace necesario el estudio físico químico y bacteriológico de las aguas destinadas al consumo humano en el municipio de Nueva Santa Rosa.

El objetivo de este estudio fue determinar la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de los tanques de distribución ubicados en el casco urbano y aldeas circunvecinas del municipio de Nueva Santa Rosa, con la finalidad de conocer si son aptas para el consumo humano.

A través de esta evolución se pudo determinar que el agua suministrada por los tanques de distribución en el municipio de Nueva Santa Rosa, departamento de Santa Rosa, no es bacteriológicamente potable, debido a la elevada presencia del grupo Coliforme Total y Fecal, por lo que basados en la Norma COGUANOR 29 001:99, no es apta para el consumo humano y pone en riesgo la salud de los habitantes.

Otra de las conclusiones fue que el agua distribuida en el municipio de Nueva Santa Rosa, cumple con los parámetros fisicoquímicos de Conductividad Eléctrica, Alcalinidad Total, Sólidos Totales, Dureza Total y Sulfatos Totales, establecidos en la Norma COGUANOR 29 001:99

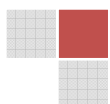
2. OBJETIVOS

2.1 General

- Contribuir al saneamiento de los habitantes del municipio de Nueva Santa Rosa, mediante la evaluación de la calidad del agua potable.

2.2 Específicos

- Determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa.
- Establecer índices de calidad del agua para el municipio y recomendar acciones de saneamiento ambiental.
- Realizar propuestas de mejora, orientadas a saneamiento ambiental y a la salud de los pobladores del municipio de Nueva Santa Rosa, que puedan ser empleados como modelo en otros municipios del país.



3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Marco conceptual

3.1.1 Importancia de la calidad del agua

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía (12).

El agua es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida (8).

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente (3).

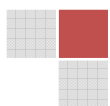
La evaluación de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda (12).

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están: agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor (12).

La contaminación del agua es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas durante períodos previsible de tiempo (13).

Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le iba a dar, en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición. En líneas generales, el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas (14).

Para evitar las consecuencias del uso del agua contaminada se han ideado mecanismos de control temprano de la contaminación. Existen normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, que buscan asegurar que el agua que se utiliza no sea dañina. Cada país debe tener una institución que se encargue de dicho control. Guatemala existen parámetros mencionados en la norma COGUANOR 29 001:99 que norman en relación a las especificaciones de todo tipo en el agua potable, en el área microbiológica se toman en cuenta niveles de alerta y niveles de acción (5).



A pesar del control y prevención que se persigue en muchos países, se reportan aguas contaminadas con coliformes lo que hace que la calidad del agua no sea la deseada, si bien muchos países tienen agua en grandes cantidades, el aumento poblacional, la contaminación de las industrias, el uso excesivo de agroquímicos, la falta de tratamiento de aguas negras y la erosión de suelos por la deforestación hacen que ese recurso sea escaso. En Guatemala cada año se producen 380 millones de metros cúbicos de aguas negras y de ellos, sólo 19 millones son tratados. El resto llega con toda su carga contaminante a los ríos y lagos (7).

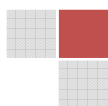
La provisión de agua dulce está disminuyendo a nivel mundial, 1200 millones de habitantes no tienen acceso a una fuente de agua potable segura. Las enfermedades por aguas contaminadas matan más de 4 millones de niños al año y 20% de todas las especies acuáticas de agua fresca están extintas o en peligro de desaparecer (7).

La evaluación de la calidad del agua es importante porque permite determinar las condiciones iniciales de los cuerpos de agua antes del desarrollo de un proyecto (3).

La calidad del agua superficial a través de Guatemala representa una preocupación que va en aumento. El agua superficial se considera dulce, excepto a lo largo de la costa, donde la calidad gradualmente cambia a salobre y finalmente a salina. Problemas de sedimentación que resultan de la deforestación ocurren a lo largo del país. La contaminación biológica y química ocurre en intensidades variadas a lo largo del país. Los sistemas de aguas negras en los centros principales de población son inadecuados o no existen, las descargas crudas van directamente a los arroyos locales. Durante la época lluviosa, las enfermedades como el cólera aumentan debido a que las bacterias se esparcen a través de estas fuentes de agua superficial contaminadas (1)).

Con excepción del agua subterránea salobre o salina que se encuentra cerca de las costas del Pacífico y del Caribe, el agua subterránea es adecuada para la mayoría de los usos. La contaminación química y biológica ocurre en acuíferos no confinados y poco profundos cercanos a centros poblacionales (7).

La contaminación química proveniente de la agricultura es también una fuente mayor de contaminación de agua superficial y subterránea y causa la degradación de los ríos y arroyos. La planicie costera del Pacífico y el valle del Río Motagua son las áreas agrícolas que poseen la mayor concentración de contaminación agrícola. En estas áreas, los recursos de agua superficial y los acuíferos de agua subterránea están contaminados (7).



3.1.2 Definición, composición y propiedades del agua

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido que está formado por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, y su fórmula química es H₂O. En la naturaleza se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso (16).

A la presión atmosférica normal (760 mm de mercurio), el punto de congelación del agua es a los 0 °C y su punto de ebullición, a los 100 °C. El agua alcanza su densidad máxima a una temperatura de 4 °C y se expande al congelarse. Sus propiedades físicas se utilizan como patrones para definir, por ejemplo, escalas de temperatura. El agua es uno de los agentes ionizantes más conocidos (16).

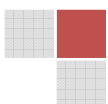
Puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en agua, se le conoce frecuentemente como el disolvente universal. El agua se combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de los metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas importantes (16).

3.1.3 Causas de contaminación del agua

Las fuertes concentraciones de población contribuyen a la rápida contaminación del agua y otros tipos de contaminación. Agua contaminada es el agua a la que se le incorporaron materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales o de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos (13).

Los principales contaminantes del agua son (13):

- Agentes patógenos: bacterias, virus, protozoarios y parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos.
- Desechos que requieren oxígeno: los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas.
- Sustancias químicas inorgánicas: ácidos, compuestos de metales tóxicos (mercurio, plomo) que envenenan el agua.
- Los nutrientes vegetales que pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las especies marinas (zona muerta).



- Sustancias químicas orgánicas: petróleo, plásticos, plaguicidas y detergentes que amenazan la vida.
- Sedimentos o materia suspendida: partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación.
- Sustancias radiactivas que pueden causar defectos congénitos y cáncer.
- Calor: ingresos de agua caliente disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables.

3.1.4 Enfermedades producidas por la contaminación del agua

De las 37 enfermedades más comunes entre la población de América Latina, 21 están relacionadas con la falta de agua y con agua contaminada. En todo el mundo estas enfermedades representan 25 millones de muertes anuales (17).

Las enfermedades transmitidas por medio del agua contaminada pueden originarse por agua estancada con criadero de insectos, contacto directo con el agua, consumir agua contaminada microbiológica o químicamente y usos inadecuados del agua. Las enfermedades transmitidas por medio de aguas contaminadas, insectos y bacterias son: cólera, tifoidea y paratifoidea, disentería bacilar y amebiana, diarrea, hepatitis infecciosa, parasitismo, filariasis, malaria, tripanosomiasis, oncocercosis, schistosomiasis, tracoma, conjuntivitis y ascariasis; entre otras. El agua de piscina también puede transmitir enfermedades como pie de atleta, garganta séptica, infecciones del oído y ojos (17).

La enfermedad transmitida, los síntomas y su tratamiento dependen del tipo de microorganismo presente en el agua y de su concentración (17).

Las bacterias más comunes seguidas por la enfermedad/infección causada y los síntomas son (17):

Aeromonas sp.

Enteritis

Diarrea muy líquida, con sangre y moco.

Campylobacter jejuni

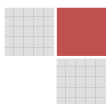
Campilobacteriosis

Gripe, diarreas, dolor de cabeza y estómago, fiebre, calambres y náuseas.

Escherichia coli

Infecciones del tracto urinario, meningitis neonatal, enfermedades intestinales

Diarrea acuosa, dolores de cabeza, fiebre, uremia, daños hepáticos.



Plesiomonas shigelloides

Plesiomonas-infección

Náuseas, dolores de estómago y diarrea acuosa, a veces fiebre, dolores de cabeza y vómitos.

Salmonella typhi

Fiebre tifoidea

Fiebre.

Salmonella sp.

Salmonelosis

Mareos, calambres intestinales, vómitos, diarrea y a veces fiebre leve.

Streptococcus sp.

Enfermedad (gastro) intestinal

Dolores de estómago, diarrea y fiebre, a veces vómitos.

Vibrio El Tor (agua dulce)

Cólera (forma leve)

Fuerte diarrea.

Los protozoos más comunes seguidos por la enfermedad causada y los síntomas son:

Amoeba

Disentería ameboide

Fuerte diarrea, dolor de cabeza, dolor abdominal, escalofríos, fiebre; si no se trata puede causar abscesos en el hígado, perforación intestinal y muerte.

Cryptosporidium parvum

Criptosporidiosis

Sensación de mareo, diarrea acuosa, vómitos, falta de apetito.

Giardia lamblia

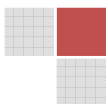
Giardiasis

Diarrea, calambres abdominales, flatulencia, eructos, fatiga.

Toxoplasma gondii

Toxoplasmosis

Gripe, inflamación de las glándulas linfáticas; en mujeres embarazadas, aborto e infecciones cerebrales.



3.1.5 Usos Actuales de los Recursos de Agua

3.1.5.A Suministro de Agua

La escasez de agua es un problema muy serio, aunque el país tenga un promedio anual de lluvia de 2,000 milímetros. La distribución desigual de la población y de la lluvia, sumada al manejo ineficiente de los recursos de agua disponibles, son las causas principales de los problemas de suministro de agua (1).

No existe una autoridad nacional para el suministro de agua en el país. Cada municipalidad es responsable por su propio suministro de agua y por mantener la calidad del agua. Si el agua no cumple con las normas de calidad, la municipalidad está obligada a corregir el problema. La División de Saneamiento del Medio del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (DSMMSP y AS) contacta a los alcaldes de las municipalidades para que corrijan el problema (1).

Algunas veces el problema no se trata debido a falta de cumplimiento. Solamente un 10% de las municipalidades usan cloro, sin embargo, todas están obligadas a usarlo. La falta de una comisión nacional para el suministro de agua potable y sanitación es la causa principal de la ausencia de condiciones mínimas de salud en el país. No existen estrategias claras, ni políticas o programas de inversión (1).

Los servicios de suministro de agua potable y sanitación son administrados por muchas agencias y organizaciones, Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA), Instituto de Fomento Municipal (INFOM), las 329 municipalidades, corporaciones privadas, organizaciones no-gubernamentales, organizaciones internacionales y de caridad (7).

3.1.5.B Usos Domésticos y Necesidades

La mayor parte del agua superficial está contaminada y generalmente no es usada para el suministro de agua. Sin embargo, en las tierras altas, los ríos que se originan en las montañas volcánicas generalmente no están contaminados y se usan para el suministro de agua con muy poco tratamiento o con ninguno. En las áreas urbanas, el agua subterránea proporciona la mayor parte del suministro para uso doméstico, y se confiará mucho en ella para suplir necesidades futuras. El agua subterránea proveniente de pozos más profundos se considera fresca y potable. Sin embargo, muchos acuíferos poco profundos están contaminados (3).

Con la excepción de la ciudad de Guatemala, las oficinas municipales proporcionan servicios de agua, sin embargo, un registro se lleva a cabo solamente en 12 de las 329 municipalidades. Las pérdidas de agua son altas (más del 50%) y la calidad del agua es

pobre. La cobertura proporcionada de agua potable y servicios de sanitación es extremadamente baja. Se estima que la cobertura de servicios de agua potable es del 55% en áreas rurales y del 90% en áreas metropolitanas y urbanas. La demanda de agua potable en 1995 se estimaba en 12.78 metros cúbicos por segundo. Para el año 2010 se estima que sea más de 26 metros cúbicos por segundo. En 1994 se estimó que la cobertura de servicios de sanitación era del 49% (3).

3.1.5.C Áreas Urbanas

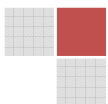
Las 329 municipalidades del país están en las áreas urbanas, cada municipalidad tiene la responsabilidad de su propio suministro de agua y sanitación. La agencia del gobierno INFOM apoya el desarrollo socioeconómico de las 329 municipalidades, incluyendo agua potable y sanitación. INFOM proporciona asistencia financiera y técnica. Ellos desean centralizar toda la ayuda y apoyo de todas las agencias y todas las actividades para el agua potable y sanitación para las áreas rurales. Aunque todas las municipalidades están obligadas a poner cloro al agua, muy pocas lo hacen. La cobertura de los servicios de agua potable se estima que es del 90% en áreas urbanas. Las fuentes de agua superficial suministran aproximadamente el 70% del suministro de agua para las áreas urbanas (7).

En el futuro se confiará más en las fuentes de agua subterránea para suministrar el agua. La cobertura de servicios de sanitación en 1994 en áreas urbanas se estimó que era del 70% (7).

3.1.5.D Áreas Rurales

Cada comunidad es responsable por su propio suministro de agua. Las fuentes de agua superficial suministran 90 por ciento del agua para las áreas rurales. La cobertura de servicios de agua potable se estima que es del 55 por ciento en áreas rurales, lo cual significa que por lo menos 3 millones de personas en las áreas rurales no tienen acceso a servicios de agua potable. En 1994 la cobertura de servicios de sanitación se estimó que era del 35 por ciento. La mayor parte de las áreas rurales tienen solamente letrinas y no poseen sistema convencional de saneamiento (7).

Numerosas agencias de ayuda trabajan para suministrar agua en las áreas rurales. Estas organizaciones varían desde agencias internacionales de donación tales como la Cooperativa Americana para la Ayuda a Todos Los Lugares (CARE); el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas y Servicios Católicos de Ayuda, hasta numerosas organizaciones pequeñas tales como Agua del Pueblo. Los tipos de proyectos que construyen estas organizaciones incluyen construcciones de sistemas de irrigación pequeños, la captación de agua desde pequeños arroyos en las tierras altas de los volcanes con distribución directa hacia las comunidades y a menor escala, la perforación de pozos, la captación de fuentes en las áreas rurales (7).



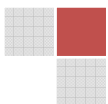
3.1.6 Agua potable

El agua es esencial para la vida y todos deben disponer de un abastecimiento satisfactorio (suficiente, salubre y accesible). La mejora del acceso a agua salubre puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la salubridad del agua potable, sea la mayor posible. Se denomina agua potable al agua "bebible", en el sentido que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades. El término se aplica al agua fresca natural, o bien que ha sido tratada para su consumo humano según estándares de calidad determinados por las autoridades locales e internacionales. Realizando el máximo esfuerzo para lograr que la salubridad del agua de bebida sea la mayor posible, siendo esto la contribución de la investigación científica. El agua de bebida salubre (agua potable) no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud, teniendo en cuenta las diferentes sensibilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es la adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal, lavado de utensilios y hasta su ingesta. El agua para uso domestico proviene de dos fuentes; De la superficie, como lagos o ríos, o agua subterránea como la de los pozos. El origen del agua de una u otra de estas fuentes es el mismo, la precipitación pluvial. Al caer el líquido de la atmosfera, el agua pluvial arrastra los microorganismos transportados por el aire y puede acarrear los del suelo cuando se escurre por medios geológicos (19).

3.1.6.A Contaminación del agua potable

El término contaminación de agua potable se refiere a los factores contaminantes presentes en el agua que sirve para consumo humano directo. Debido a la amplia variedad de fuentes de donde las personas obtienen el agua de beber (fuentes superficiales o subterráneas), se necesita una red segura de acueductos para asegurar la calidad y la salud colectiva de la población. Esta es una gestión municipal. A pesar de que la problemática de la contaminación del agua potable está estrechamente relacionada con muchas otras, la misma puede considerarse como una área separada ya que existen soluciones específicas para la misma, como son la instalación u optimización de redes y sistemas, cloración del agua, y programas de concientización a la población. El origen de la contaminación del agua puede tener causas muy diversas, que a través de la investigación sistemática pueden resolverse (13).

Los sistemas para el tratamiento y abastecimiento de agua potable pueden ser fuentes de contaminación en sí mismos, como sucede con los productos derivados de los desinfectantes, o la contaminación que se infiltra en los sistemas de distribución de agua y la presencia de metales en las tuberías de distribución. Típicamente, la contaminación del agua está asociada con la presencia de patógenos, metales, tóxicos orgánicos, plaguicidas, salinidad, sólidos suspendidos y productos residuales de desinfección. Los

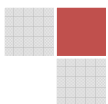


problemas de salud más obvios son las enfermedades del tracto gastrointestinal causadas por la ingestión de agua contaminada (disentería, tifoidea, cólera, etc.), típicos del mundo subdesarrollado. Sin embargo, los problemas de salud a largo plazo pueden ser causados por la presencia de algunos de los contaminantes químicos. El agua de tomar contaminada puede resultar una severa carga para la economía familiar, y la de una nación en términos de su tratamiento, adquisición de fuentes alternas de abastecimiento. Y hasta puede generar una reducción en importantes sectores económicos, tales como en el caso del turismo. Nadie querrá viajar a un sitio que se sabe de aguas contaminadas. El mal sabor y mal olor asociados con el agua de tomar, también pueden tener un efecto negativo en la calidad de vida aunque no afecten directamente a la salud. Estudios indican que, alrededor de 2.7 millones de habitantes si tienen conexión domiciliar de agua potable y unos 300 mil tienen acceso fácil al agua aún sin contar con dicha conexión. De acuerdo a estas fuentes, un 84% de población a nivel urbano tiene acceso al agua potable y un 51% a nivel rural. El INE señala que la población sin conexión toma su agua de pozos, ríos y lagos. Se considera que la potabilidad del agua es adecuada en la Ciudad Capital. Según datos del INFOM, sólo un 24% tiene agua potable de calidad en el interior del país (20).

3.1.6.B Calidad microbiológica del agua potable

La garantía de la salubridad microbiológica del abastecimiento de agua de bebida, se basa en el uso de barreras múltiple aplicadas desde la cuenca de captación, hasta su llegada al consumidor. Para evitar la contaminación del agua de bebida o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud es necesario monitorearla cuidadosamente. La salubridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de de la áreas de recarga hídrica. La selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento y la gestión de los sistemas de distribución (de redes de tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada, es una tarea de las instituciones públicas. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los acueductos y reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos (3).

En términos generales, los mayores riesgos microbiológicos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de microorganismos patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas sanitarias relativas a la salubridad microbiológica. La calidad microbiológica del agua es muy variable y con frecuencia puede variar en poco tiempo. Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y pueden desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Además, pueden exponerse a la enfermedad numerosas personas antes de que se detecte la contaminación



microbiológica. Por estos motivos, para garantizar la salubridad microbiológica del agua de bebida no puede confiarse únicamente en análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia (15).

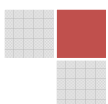
Para garantizar la salubridad del agua de forma continua, y proteger la salud pública, debe prestarse atención especial a la aplicación de un marco para la salubridad del agua y de Planes de Salubridad del Agua (PSA). Para gestionar la salubridad microbiológica del agua de bebida es preciso realizar una evaluación de todo el sistema, y para determinar los posibles peligros a los que puede estar expuesto. Hay que determinar las medidas de control necesarias para reducir o eliminar los peligros y realizar un seguimiento de la eficacia de dichas medidas (vigilancia operativa) para garantizar el funcionamiento eficiente de las barreras del sistema, y elaborar planes de gestión que describan las medidas que deben adoptarse en circunstancias normales y si se producen incidentes. Estos son los tres componentes de un PSA. Si no se garantiza la salubridad del agua, puede exponerse a la comunidad al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. Es particularmente importante evitar los brotes de enfermedades transmitidas por el agua de bebida, dada su capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas y, posiblemente, a una gran proporción de la comunidad. Las formas infecciosas de muchos helmintos, como los nematodos y platelmintos parásitos, pueden transmitirse a las personas por medio del agua de bebida. El agua de bebida no debe contener larvas maduras ni huevos fertilizados, ya que un único ejemplar puede ocasionar una infección severa en el humano (FAO) (15).

Las características bacteriológicas son aquellas características relativas a la presencia de bacterias, que determinan su calidad (10).

3.2 Marco Legislativo

De acuerdo con la constitución, el agua del país le pertenece a la gente. Sin embargo, no existe una política con respecto al agua que maneje y regule en forma adecuada el uso de los recursos de agua y el suministro de la misma. Varias agencias comparten responsabilidades en la supervisión de los recursos de agua y tienen muy poca coordinación entre ellas; de esta forma se duplican los esfuerzos de trabajo y el uso de los recursos es ineficiente. El hecho de que no exista una ley para el tratamiento de las aguas negras ha creado el abuso incontrolable de los ríos, causando contaminación de agua a lo largo del país (3).

Existe una ley de deforestación, pero su puesta en marcha es extremadamente difícil. Una ley nacional para el uso del agua se ha estado negociando durante los últimos 10 años, pero todavía no ha sido pasada. Se espera que sea pasada con el nuevo gobierno en el año 2000. Esta ley propone el establecimiento de una comisión de recursos de agua y a la vez establecimiento de políticas que enfoquen las áreas críticas de deforestación, manejo de las cuencas, tratamiento de aguas negras, suministro de agua y sanitación (5).



La Secretaria de Recursos Hidráulicos de la Presidencia de la República fue establecida en 1992 debido a las sequías resultantes del fenómeno del Niño. Los deseos de la agencia fueron el establecimiento de una política coherente para los recursos de agua, formulación y desarrollo de un plan hidráulico nacional, coordinación, planificación y construcción de instalaciones hidráulicas para uso público y la evaluación y aprobación de planos, programas, y proyectos relativos al uso de los recursos nacionales. La agencia también representaba al estado para las organizaciones internacionales que se especializaban en los recursos nacionales para la coordinación de estudios, estrategias o proyectos de beneficio social. Esta agencia se reportaba directamente al Presidente pero fue abolida en 1998. (5)

3.2.1 Norma COGUANOR 29 001:99

La Norma COGUANOR 29 001:99, es de cumplimiento Nacional y es el estándar de comparación para los parámetros de calidad de agua (5).

Esta norma constituye la primera revisión de la norma COGUANOR NGO 29 001 AGUA POTABLE. Especificaciones, publicada en el Diario Oficial del 18 de octubre de 1,985, a la cual sustituye (5).

Esta norma tiene por objeto fijar los valores de las características que definen la calidad del agua (5).

3.2.1.A Definiciones contempladas dentro de la norma COGUANOR 29 001:99

Agua potable: Es aquella que por sus características de calidad especificadas en esta norma, es adecuada para el consumo humano (5).

Cloro: Es el elemento número 17 de la tabla periódica de los elementos. En condiciones normales de temperatura y presión es un gas verde, poderoso oxidante, dos y media veces más pesado que el aire. El cloro es, sin duda alguna, el desinfectante más importante que existe, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, además de ser de fácil utilización y menos costoso que la mayoría de los otros productos o agentes desinfectantes disponibles (5).

Características físicas: Son aquellas características relativas a su comportamiento físico, que determinan su calidad (5).

Características químicas: Son aquellas características relativas a sustancias contenidas en ella, que determinan su calidad (5).

Características bacteriológicas: Son aquellas características relativas a la presencia de bacterias, que determinan su calidad (5).

3.2.1.B Características Bacteriológicas

El grupo coliforme total está constituido por 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 un período de 24 horas - 48 horas, características que se obtienen cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. Para el caso de la determinación del grupo coliforme total empleando el método de membrana de filtración, se definirá como todos los microorganismos que desarrollen una colonia rojiza con brillo metálico dorado en un medio tipo endo (u otro medio de cultivo reconocido internacionalmente) después de una incubación de 24 horas a 35°C (5).

Las bacterias del grupo coliforme fecal forman parte del grupo coliforme total, que fermentan la lactosa con producción de gas a $44^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ en un período de 24 horas \pm 2 horas cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. En el método de filtración en membrana se utiliza un medio de lactosa enriquecido y una temperatura de incubación de $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ en un período de 24 horas \pm 2 horas. Al grupo coliforme fecal también se le designa como termotolerante o termorresistente (5).

Escherichia coli son las bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44°C ó 44.5°C , con producción de gas, y que también producen indol a partir de triptófano. La presencia de Escherichia coli se logra mediante el resultado positivo en la prueba con el indicador rojo de metilo, la comprobación de la ausencia de síntesis de acetilmetilcarbinol y de que no se utiliza el citrato como única fuente de carbón. La Escherichia coli es el indicador más preciso de contaminación fecal (5).

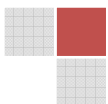
Las características para agua potable estipulan el número permisible de microorganismos coliformes, fecales en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina, con esta finalidad se establecen las alternativas siguientes (5).

3.2.1.B.a Método de los tubos múltiples de fermentación

Para nuevas introducciones de agua, en la evaluación de las plantas de tratamiento y evaluaciones anuales, se debe proceder como se indica en las pruebas siguientes (5).

3.2.1.B.a.i Prueba de 15 tubos

Se examinan 5 tubos con porciones de 10 ml, 5 tubos con porciones de 1 ml y 5 tubos con porciones de 0.1 ml, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más



probable menor de 2.0 coliformes en 100 ml de agua, lo que se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano (véase Cuadro 12A) (5).

3.2.1.B.a.ii Prueba de 9 tubos

Se examinan 3 tubos con porciones de 10 ml, 3 tubos con porciones de 1 ml y 3 tubos con porciones de 0.1 ml, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 3.0 coliformes en 100 ml, lo cual se interpreta como un indicador de que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para consumo humano (véase Cuadro 13A). En el caso de análisis rutinarios y cuando se analizan cantidades grandes de muestras, se podrá emplear el método de los 9 tubos, pero en casos de discrepancia o inconformidad con los resultados obtenidos, deberá emplearse la prueba de los 15 tubos como método de referencia (5).

Para casos en los cuales ya se tiene un historial, se permiten las alternativas siguientes (5):

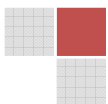
- a) 5 tubos con porciones de muestra de 10 ml. La ausencia de gas en todos los tubos, se expresa como número más probable menor de 2.2 coliformes en 100 ml de agua.
- b) 10 tubos con porciones de muestra de 10 ml cada una, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 1.1 coliformes en 100 ml de agua, lo que se interpreta como que esa muestra es adecuada para el consumo humano.

3.2.1.B.b Método por la membrana de filtración

El volumen de muestra de agua a utilizar con la membrana de filtración es de 100 ml. Se acepta como límite una colonia de coliformes totales y ausencia de *Escherichia coli* en 100 ml de agua. La ausencia de coliformes se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano (5).

3.2.2 Características y especificaciones físicas y químicas del agua potable

La evaluación de la idoneidad de la calidad fisicoquímica del agua de bebida, se basa en la comparación de los resultados de los análisis de la calidad del agua con los valores de referencia. En el caso de los aditivos, es decir, productos químicos procedentes en su mayoría de materiales y productos químicos utilizados en la producción y distribución del agua de bebida, la atención se centra en el control directo de la calidad de estos productos. Los procedimientos de análisis, cuyo objeto es controlar la presencia de aditivos en el agua de bebida, suelen evaluar sus concentraciones en el agua y tener en cuenta las variaciones que experimenta en el tiempo. Esto se hace para determinar un valor que puede compararse con el valor de referencia (5).



La mayoría de los productos químicos sólo constituyen un peligro si se produce una exposición prolongada, sin embargo, ciertos productos químicos que pueden estar presentes en el agua de bebida resultan peligrosos debido a los efectos que ocasionan diversas exposiciones en un periodo corto. Si la concentración del producto químico en cuestión sufre grandes fluctuaciones, es posible que incluso una serie de resultados analíticos no permita determinar ni describir completamente el riesgo que supone para la salud pública. Para controlar estos peligros, es preciso conocer los factores causantes como el uso de fertilizantes en la agricultura, desechos humanos o animales, etc. y la evolución de las concentraciones detectadas, puesto que pueden indicar la posibilidad de que surja un problema importante en el futuro. Otros peligros pueden surgir de forma intermitente, generalmente asociados a las actividades o circunstancias estacionales “Lluviosa o seca” (5).

3.2.2.A Valor de referencia

Es la concentración de un componente que no supera el riesgo tolerable para la salud del consumidor durante el consumo vitalicio de agua. Los valores de referencia de algunos contaminantes químicos (por ejemplo, el plomo y el nitrato) se fijan de modo que protejan a los grupos de población vulnerables. Estos valores protegen también a la población general que consume el agua durante toda la vida (20).

3.2.2.B Límite máximo aceptable (LMA)

Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores. Esto puede ser desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor (5).

3.2.2.C Límite máximo permisible (LMP)

Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para consumo humano (5).

3.2.3 Características físicas

Son aquellas características relativas a su comportamiento físico y a sustancias contenidas en ella, que determinan su calidad (5).

Cuadro 1. Características físicas sensoriales. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP) que debe tener el agua potable (5).

Característica	LMA	LMP
Color	5.0u	35.0U(1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT(2)
(1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto.		
(2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.		

Fuente: Norma COGUANOR 29 001:99

3.2.3.A Conductividad eléctrica

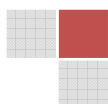
El agua potable deberá tener una conductividad de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C (5).

Características químicas del agua potable: Son aquellas características que afectan la potabilidad del agua y que se indican en la tabla siguiente (5).

Cuadro 2. Sustancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles (5).

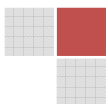
Características	LMA	LMP
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl ⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad	---	< de 1 500 S/cm
Dureza Total (CaCO ₃)	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Potencial de hidrógeno (3)	7.0-7.5	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	500.0 mg/L	1 000.0 mg/L
Sulfato (SO ₄ ⁻⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0°C-25.0°C	34.0°C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L
(1) El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de Escherichia coli y ciertos virus.		
(2) En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.0 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.		
(3) En unidades de pH.		

Fuente: Norma COGUANOR 29 001:99



3.2.4 Agua clorada

La cloración de los abastecimientos públicos de agua representa el proceso más importante usado en la obtención de agua potable de calidad sanitaria segura. La desinfección por cloro y sus derivados significa una disminución de bacterias y virus hasta una concentración inocua, por lo que en la tabla 2, se hace referencia a los límites adecuados de concentración de cloro libre residual. Esta concentración, es aquella porción del cloro residual total que esté "libre" y que sirva como medida de capacidad para oxidar la materia orgánica que pueda encontrarse en el interior de las tuberías o que por ruptura de las mismas, pueda producir cierta contaminación microbiológica (5).



4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Ubicación y localización geográfica

El proyecto de investigación abarca el municipio de Nueva Santa Rosa, cuya ubicación geodésica está a $14^{\circ} 22'$ latitud norte y a $90^{\circ} 17'$ longitud oeste. Nueva Santa Rosa se localiza en el extremo norte del departamento de Santa Rosa, la distancia del municipio a la cabecera departamental es de 28.5 kilómetros y de la ciudad capital es de 73.5 kilómetros. A continuación se presenta el mapa de Guatemala y del departamento de Santa Rosa en la cual se aprecia la localización en forma gráfica del municipio de Nueva Santa Rosa (9).

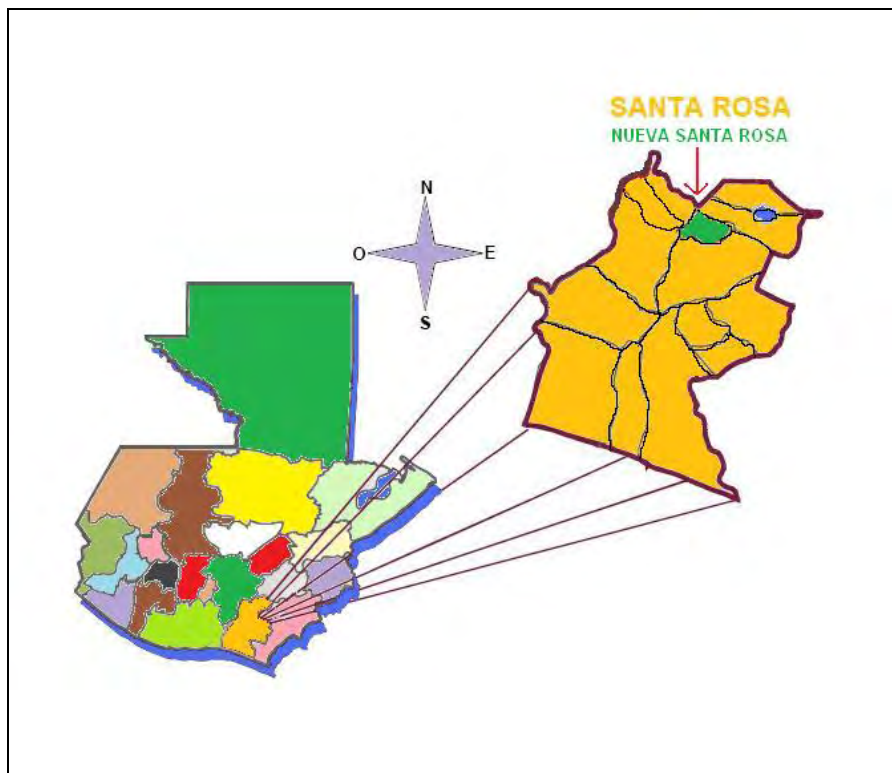
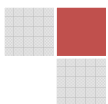


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Nueva Santa Rosa.

El Municipio colinda al norte con Mataquescuintla del departamento de Jalapa, al sur con Cuilapa y Barberena, al este con Casillas y al oeste con Santa Rosa de Lima y Santa Cruz Naranjo (9).



4.2 Extensión territorial

La extensión territorial del municipio de Nueva Santa Rosa es 67 Km², lo que equivale a una superficie de 6,700 hectáreas o 9,581 manzanas; esta extensión territorial representa el 2% del total de todo el departamento (9).

4.3 Vías de acceso

Una de las grandes ventajas que presenta el municipio y en sí, la ubicación del proyecto, es que posee una vía de acceso por el municipio de Barberena, a la altura del kilómetro 53.70 sobre la ruta nacional 2 ó carretera Interamericana CA-1, principia la carretera hacia Nueva Santa Rosa conocida como RD-3. Esta ruta también se intercomunica con el departamento de Jalapa. Otro punto de acceso, lo constituye la ruta conocida con el nombre de “El Tecolote” por la cual se accede a la Ciudad Capital vía Lo De Diéguez. Ambas carreteras se encuentran asfaltadas (9).

4.4 Condiciones climáticas

La temperatura mínima promedio anual es de 18°C y máxima de 28°C. Según el INSIVUMEH existe una precipitación pluvial que va desde los 750 a 1600 milímetros por año, la cual es mayor en los meses de mayo a septiembre. La humedad relativa de esta región es de 72.5 % y es mayor en los meses de junio a diciembre (11).

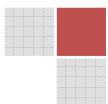
El clima va de templado a cálido, debido a la deforestación y expansión de la frontera agrícola. De acuerdo al INSIVUMEH estos fenómenos han generado varios efectos en el clima del municipio tales como (11):

- ✚ Incremento en la temperatura ambiente diurna, principalmente durante el medio día.
- ✚ Decremento en la temperatura ambiente nocturna, principalmente en horas de la madrugada.
- ✚ Disminución de los caudales de los ríos, manantiales y de los pozos.
- ✚ Las aguas subterráneas son cada vez más escasas, entre otros.

Las épocas secas y lluviosas se presentan bien definidas, la época seca, da inicio en la segunda quincena de octubre y finaliza a mediados de mayo del siguiente año y la época de invierno o lluviosa se inicia en la tercera semana de mayo y termina en octubre de cada año (11).

4.5 Zonas de vida

La zona de vida predominante en el municipio es de tipo bosque húmedo subtropical templado, con siglas (bmh-St) (11).



4.6 Fisiografía y relieve

Nueva Santa Rosa se encuentra a una altitud de 1,000 metros sobre el nivel del mar (msnm) (11).

La topografía del municipio es variada, con relieve de plano a fuertemente inclinado, con declive dominante de 16 – 32% (9).

Cuadro 3. Rangos de pendiente del municipio de Nueva Santa Rosa.

Departamento	Municipios	Pendiente	Rango	Clase	Total
Santa Rosa	Nueva Santa Rosa	1	< 4%	Plano	20.78
		2	4 a 8%	Suavemente Inclinado	10.47
		3	8 a 16%	Moderadamente Inclinado	24.59
		4	16 a 32%	Inclinado	45.13
		5	> 32%	Fuertemente Inclinado	30.83

Fuente: Instituto Nacional de Estadística -INE-

4.7 Recursos naturales

Anteriormente el municipio poseía áreas muy ricas en flora y fauna silvestre, pues contaba con una diversidad de especies arbóreas en sus bosques y una gran cantidad de especies animales componían la fauna silvestre (9).

4.8 Hidrografía

El recurso hídrico con que cuenta el municipio de Nueva Santa Rosa, está compuesto por varias corrientes de agua, la más importante es la del río Los Esclavos, que rodea la parte este y sur del municipio abarcando un área de aproximadamente 131.84 Km² (en el Cuadro 2 se presenta la base de datos sobre las cuencas que conforman el departamento de Santa Rosa), este río también sirve de límite con el municipio de Santa Rosa de Lima; se estima que el caudal de este río ha disminuido en un 30% en los últimos años, lo que significa que el caudal actual, según información proporcionada por la sección de hidrología del Instituto Nacional de Electrificación -INDE, es de diez metros cúbicos por segundo en la época de lluvia y de siete metros cúbicos en el verano. Esta reducción del caudal se debe a la tala inmoderada que han hecho en los bosques de la región (9).

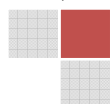
Cuadro 4. Afluentes que conforman las diferentes cuencas del Departamento de Santa Rosa.

Departamento	Nombre Cuencas	Municipio	Área (Km ²)
Santa Rosa	Río Los Esclavos	Barberena	49.33
		Casillas	194.20
		Chiquimulilla	443.44
		Cuilapa	213.19
		Nueva Santa Rosa	131.84
		Oratorio	268.07
		Pueblo Nuevo Viñas	35.05
		San Juan Tecuaco	33.60
		San Rafael Las Flores	85.03
		Santa Cruz Naranjo	41.35
		Santa María ixhucatán	164.52
		Santa Rosa de Lima	133.89
	Río Los Esclavos Total		1,793.51
	Río María Linda	Barberena	174.71
		Cuilapa	0.25
		Pueblo Nuevo Viñas	183.32
		Santa Cruz Naranjo	17.13
		Taxisco	153.49
	Río María Linda Total		528.91
	Río Ostúa Güija	Casillas	4.45
Río Ostúa Güija Total		4.45	
Río Paso Hondo	Chiquimulilla	92.05	
	Guazacapán	109.38	
	Pueblo Nuevo Viñas	31.73	
	Taxisco	485.58	
Río Paso Hondo Total		718.75	
Río Paz	Casillas	5.57	
	Chiquimulilla	64.07	
	Oratorio	41.87	
Río Paz Total		111.51	
Santa Rosa Total		3,157.13	

Fuente: Instituto Nacional de Estadística -INE-

El caudal de este río es aprovechado para la generación de energía eléctrica en la aldea Los Esclavos donde está instalada la hidroeléctrica del mismo nombre (9).

La fauna acuática de este sistema hidrobiológico se ha disminuido en forma gradual debido a la contaminación que provocan los beneficios de café de la localidad al verter las aguas miel del proceso del beneficiado sobre todos los afluentes naturales. En todos los ríos, riachuelos, quebradas y nacimientos se observa una reducción del caudal como



consecuencia de la deforestación y el avance de la frontera agrícola; además, existen riachuelos, manantiales y nacimientos de agua distribuidos en todas las zonas de recarga hídrica de los acuíferos. Gran cantidad de ellos son utilizados para abastecimiento de agua potable e irrigación de cultivos agrícolas (9).

4.9 Flora y vegetación

El municipio de Nueva Santa Rosa, se encuentra dentro de la zona de vida bosque húmedo subtropical templado, por lo que se presentan condiciones climáticas variables que influyen gradualmente en la composición florística y en la fisonomía de la vegetación. La vegetación predominante en esta región se presenta en el cuadro siguiente, en el cual además se menciona el nombramiento científico de cada especie, así como su uso productivo más común.

Cuadro 5. Principales especies arbóreas del municipio de Nueva Santa Rosa.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	USO PRODUCTIVO
Encino	<i>Quercus polymorpha</i>	Leña
Pino	<i>Pinus spp.</i>	Forestal
Ciprés común	<i>Cupressus lusitánica</i>	Forestal
Bambú	<i>Bambusa spp.</i>	Tutores para cultivos
Matiliguat	<i>Tabebuia rosea</i>	Sombra, madera aserrada
Cedro	<i>Cedrela spp.</i>	Sombra, madera aserrada
Hormigo	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	Sombra, postes
Roble	<i>Quercus spp.</i>	Sombra, madera aserrada
Palo blanco	<i>Calycophyllum biflorum</i>	Sombra
Conacaste	<i>Enterolobium spp.</i>	Sombra
Limoncillo	<i>Trichilia spp.</i>	Cerco vivo
Ceibillo	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Sombra
Madre cacao	<i>Gliricida guatemalensis</i>	Sombra
Palo de zope	<i>Piscidia grandiflora</i>	Sombra, leña
Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>	Sombra, leña
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Sombra, leña
Taxiscobo	<i>Eugenia axillaris</i>	Sombra, leña
Matasano	<i>Ajachel edulis</i>	Sombra, leña
Chaperno	<i>Lonchocarpus spp.</i>	Sombra, leña
Almendro	<i>Terminalia catappa</i>	Sombra
Guachipilín	<i>Diphyssa robinoides</i>	Sombra, leña
Palo jote	<i>Bursera simaruba</i>	Sombra, leña
Sauce	<i>Salix alba</i>	Sombra, leña
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Sombra, leña
Cuje	<i>Inga fissioli</i>	Sombra para café, leña

Cushin	<i>Inga laurina</i>	Sombra para café, leña
Gandul	<i>Cajanus cajan</i>	Sombra para café, leña
Grabileo	<i>Gravillea robusta</i>	Sombra para café, leña
Izote	<i>Yucca elephantipes</i>	Cerca viva
Trueno	<i>Ligustrum japonicum</i>	Cerca viva, cortinas
Palo de pito	<i>Erithryna berteroana</i>	Cerca viva
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Frutal
Níspero	<i>Eryobotria japonica</i>	Frutal
Aguacate	<i>Persea americana</i>	Frutal
Jocote	<i>Spondia purpúrea</i>	Frutal
Anona	<i>Annona spp.</i>	Frutal
Granadilla	<i>Passiflora quadrangularis</i>	Frutal
Paterna	<i>Inga spp.</i>	Frutal
Mango	<i>Manguifera indica</i>	Frutal
Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	Frutal
Mandarina	<i>Citrus spp.</i>	Frutal
Limón	<i>Citrus limon</i>	Frutal

Fuente: Autor

Con el establecimiento de plantaciones de café, en el Municipio cambió la flora, pues, con este cultivo se introdujeron árboles como; Paterna, cushin, caspirol y cuje, luego existió la introducción de árboles frutales no nativos como los cítricos, mango, marañón, manzana rosa y guayaba.

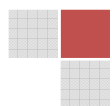
4.10 Suelos

El Municipio se ubica en el grupo de suelos de la Altiplanicie Central , el cual se divide en cinco subgrupos, basándose en la profundidad del suelo, la clase de material madre y el drenaje, la clasificación que le corresponde a Nueva Santa Rosa es: I-A, I-B y I-E (9).

Subgrupo I-A: suelos profundos sobre materiales volcánicos de color claro, en pendientes moderadas tienen las siguientes series: Alzatate y Morán (9).

Suelo serie Alzatate (Símbolo Al): material madre toba o ceniza volcánica pomácea, cementada, relieve muy ondulado a escarpado, drenaje interno bueno, con suelo superficial color café oscuro, textura y consistencia franca; friable y espesor aproximado de 25 a 35 cm. y subsuelo color café rojizo consistencia friable, plástica cuando está húmeda, textura arcillosa y espesor aproximado de 50 a 60 cm (9).

Suelo serie Morán (Mr): material madre ceniza volcánica pomácea, relieve muy ondulado a inclinado, drenaje interno bueno, con suelo superficial color café oscuro, textura y consistencia franco arcillosa; friable y espesor aproximado de 40 a 50 cm. Y subsuelo color café rojizo consistencia friable, textura arcillosa y espesor aproximado de 50 a 60 cm.



Subgrupo I-B: suelos poco profundos sobre materiales volcánicos de color claro en pendientes inclinadas tienen las siguientes clases: Ayarza, Fraijanes, Jalapa, Pínula y Salamá (9).

Suelo serie Ayarza (Símbolo Ay): material madre ceniza volcánica de color claro, relieve escarpado, drenaje interno bueno, con suelo superficial color café muy oscuro, textura y consistencia franco limosa; friable y espesor aproximado de 20 a 25 cm. y subsuelo color café oscuro consistencia friable, textura franco arcillo arenosa y espesor aproximado de 50 a 60 cm (9).

Suelo serie Fraijanes (Símbolo Fr): material madre toba volcánica de color claro, relieve escarpado, drenaje interno bueno, con suelo superficial color café muy oscuro, textura y consistencia arcillosa o franco arcillosa; friable y espesor aproximado de 20 a 30 cm. y subsuelo color café a café amarillento, consistencia friable, textura franco arcillo y espesor aproximado de 40 a 50 cm (9).

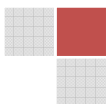
Suelo serie Jalapa (Símbolo JI): material madre ceniza volcánica cementada de color claro, relieve escarpado, drenaje interno bueno, con suelo superficial color gris oscuro, textura y consistencia franco arenoso fina; suelta a firme y espesor aproximado de 10 a 15 cm. y subsuelo color amarillo grisáceo, consistencia friable, textura franco arcillo arenoso fina y espesor aproximado de 20 cm (9).

Suelo serie Pínula (Símbolo PI): material madre toba o brescia de color claro, relieve escarpado, drenaje interno bueno, con suelo superficial color café oscuro, textura y consistencia franco limosa, gravosa; friable y espesor aproximado de 20 a 30 cm. y subsuelo color café, consistencia friable, textura franco arcillo arenosa o arcillosa y espesor aproximado de 60 a 80 cm (9).

Suelo serie Salamá (Símbolo SI): material madre ceniza volcánica cementada de color claro, relieve casi plano a muy ondulado, drenaje interno bueno, con suelo superficial color café o café grisáceo, textura y consistencia franco arenosa; suelta y espesor aproximado de 15 a 25 cm. y subsuelo color café amarillento, consistencia friable, textura franco arenoso fina y espesor aproximado de 20 a 40 cm (9).

Subgrupo I-E: suelo sobre materiales volcánicos mezclado o de color oscuro en terreno casi plano a moderadamente inclinado tiene las siguientes clases: Comapa y Culma (9).

Suelo Serie Comapa (Símbolo Cc): material madre lava máfica, relieve ondulado, drenaje interno moderado, con suelo superficial color café oscuro, textura y consistencia arcillosa; friable y espesor aproximado de 15 a 25 cm. y subsuelo color café rojizo, consistencia friable, textura arcillosa y espesor aproximado de 100 a 500 cm (9).



Suelo serie Culma (Símbolo Cul): material madre lahar con un contenido alto de materia orgánica, relieve ondulado a muy ondulado, drenaje interno bueno, con suelo superficial color café muy oscuro, textura y consistencia franco arcillosa; pedregosa, friable y espesor aproximado de 25 a 30cm. y subsuelo color café rojizo, consistencia friable, textura arcillosa y espesor aproximado de 40 a 50 cm (9).

Todos los datos anteriores sobre las Series de Suelos que conforman la superficie territorial del Departamento de Santa Rosa y sus municipios, se presentan en la figura 24A.

4.11 Demografía

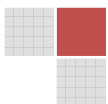
El cuadro 6. Resultados del censo poblacional 2003-2005 del Instituto Nacional de Estadística -INE-, para el municipio de Nueva Santa Rosa (9).

MUNICIPIO		POBLACION	HOMBRES	MUJERES	00 - 06	07 - 14	15 - 64	65 Y MAS
NUEVA SANTA ROSA		28653	13954	14699	5781	6209	15028	1635
INDIGENA	NO INDIGENA	ALFABETA	ANALFABETA	No. ESCUELA	PREPRIMARIA	PRIMARIA	MEDIA	SUPERIOR
3727	24926	16789	6083	6012	113	13951	2555	241

Fuente: Instituto Nacional de Estadística -INE-

4.12 Salubridad Pública

Según datos tabulados por las autoridades sanitarias del centro de salud del municipio de Nueva Santa Rosa, departamento de Santa Rosa; existe una fuerte relación entre las enfermedades, las causas de mortalidad y la calidad del agua, que erróneamente es denominada potable, ya que esta no posee un sustento técnico y científico que transmita confianza a la población a la hora de utilizarla, e incluso seguridad para consumir el agua que llega por el caño a sus hogares. Esta desconfianza colectiva, se debe a la falta de un programa de monitoreo de la calidad del agua para consumo humano y cuantificación estadística de las enfermedades hidrottransmisibles. La mayoría de enfermedades hidrottransmisibles son producidas por microorganismos que penetran al huésped por vía buco-intestinal, siendo la causa el mal manejo de las fuentes de abastecimiento de agua municipales y que pueden llegar a ser la causa de gastos médicos de las familias de escasos recursos de la región bajo estudio. Lo anterior se refleja en los datos del Centro de Salud del municipio de Nueva Santa Rosa, donde el Síndrome Diarreico Aguda es la 2da. causa de mortalidad prioritaria en niños de 1-4 años, con 1,085 casos contabilizados que representan el 24.48% de los casos dentro de este rango de edad; 3ro. en causas de mortalidad general, con el 12.99% de los casos; 3ro. en mortalidad infantil, con 18.38% de casos; y 6to. en mortalidad materna (véase Cuadro 14A) (4).



5. METODOLOGIA

5.1 Diseño y frecuencia de muestreo

Se realizó un muestreo dirigido, dado que el universo de nuestro estudio fueron los 9 tanques de reservorio existentes en el municipio de Nueva Santa Rosa. El número de muestras se determinó, de acuerdo a los lineamientos de la tabla siguiente, establecida por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR 29 001:99) para agua potable.

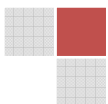
Cuadro 7. Frecuencias mínimas de la toma de muestras y análisis del agua para consumo humano en sistemas de distribución.

Población servida en número de habitantes	Cantidad de muestras al año		
	Análisis E1	Análisis E2	Análisis E3
1 - 500	2	1	(1)
501 - 5 000	4	1	(1)
5 001 - 10 000	12	3	(1)
10 001 - 50 000	60	6	1
50 001 - 100 000	120	12	2
100 001 - 150 000	180	18	3
150 001 - 300 000	360	36	6
300 001 - 500 000	360 (2)	60	10
500 001 - 1 000 000	360 (2)	120 (2)	20 (2)
1 000 001 - 5 000 000	360 (2)	120 (2)	20 (2)

Fuente: Norma COGUANOR 29 001:99.

5.2 Puntos de muestreo

Para realizar la presente Investigación, se realizó una identificación de la red de suministro y distribución de agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, ubicándose un total de 9 tanques de reservorio, los cuales abastecen de agua potable al casco urbano y aldeas que conforman el municipio. El cuadro 8 presenta el listado de los puntos de muestreo, su código, ubicación a nivel municipal, cobertura y características del suministro.



Cuadro 8. Características y ubicación de los puntos de muestreo.

Código	No. de Tanque	Ubicación de los puntos de muestreo	Cobertura de los sistemas de abastecimiento	Características del suministro
001	1	Aldea El Chupadero	Casco urbano de Nueva Santa Rosa	Manantial protegido
002	2	Aldea Espitia Barrera	Aldeas: Espitia Real y Espitia Barrera	Manantial protegido
003	3	Aldea Estanzuelas	Aldeas: Estanzuelas, Portezuelo y Ojo de Agua	Manantial protegido
004	4	Aldea El Chupadero	Aldea El Chupadero	Manantial protegido
005	5	Aldea Chapas	Aldea Chapas	Manantial protegido
006	6	Caserío El Chiltepe	Caserío El Chiltepe	Manantial protegido
007	7	Caserío Santa Isabel	Caseríos: Santa Isabel, El Llanito y San Ignacio	Manantial protegido
008	8	Aldea Jumaytepeque	Aldea Jumaytepeque	Manantial protegido
008A	8A	Aldea Jumaytepeque	Chorro comunitario La Piloná, Aldea Jumaytepeque	Manantial protegido

Fuente: Autor

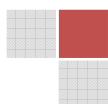
Cuadro 9. Localización geodésica y altitud en metros sobre el nivel del mar (mnsn) de los puntos de muestreo.

Código	No. de Tanque	Coordenadas UTM	Latitud N	Longitud O	Altura (msnm)
001	1	796134 1590977	14°22'30"	90°15'15.1"	1078
002	2	795974 1590973	14°22'30.4"	90°15'20.1"	1087
003	3	792342 1599234	14°27'0.4"	90°17'18.3"	1202
004	4	793754 1598857	14°26'47.4"	90°16'31.4"	1070
005	5	794838 1598053	14°29'20.9"	90°15'55.5"	1222
006	6	793211 1589587	14°21'46.4"	90°16'53.2"	1039
007	7	793133 1584903	14°19'23.6"	90°16'95.9"	1120
008	8	795462 1587470	14°20'61.1"	90°15'64.9"	1598
008A	8A	795345 158630	14°20'3.45"	90°15'4.15"	1598

Fuente: Autor

En el cuadro anterior se muestran las coordenadas UTM, latitud, longitud y altitud de los tanques de distribución del municipio de Nueva Santa Rosa.

Se realizaron 2 campañas de muestreo en un periodo de 8 días entre muestreo. Para la toma de las muestras, se establecieron 9 puntos de muestreo correspondientes a igual número de grifos ubicados al inicio de la red de distribución de los 9 diferentes tanques y se siguió cada uno de los procedimientos contemplados dentro de los marcos metodológicos para el Muestreo de Agua con fines de análisis físicoquímicos y microbiológicos, proporcionados por La Unidad de Análisis Instrumental y el Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR- de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de



la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-; cuyas técnicas se detallan a continuación.

5.3 Procedimiento utilizado para el muestreo de agua para análisis fisicoquímico

Durante las 2 campañas de muestreo y en cada uno de los 9 puntos de muestreo, se siguieron a cabalidad cada uno de los pasos siguientes.

Paso 1. Se utilizaron recipientes de polietileno de 1.5 L de capacidad limpio y seco para captar la muestra.

Paso 2. Se rotuló el recipiente con la fecha, hora de la toma de muestra, punto de toma de muestra. Datos que se anotaron en la hoja de solicitud de captación de muestra.

Paso 3. Los puntos de captación fueron grifos ubicados al inicio de las redes de distribución, por lo cual se dejó correr el agua durante 2 minutos.

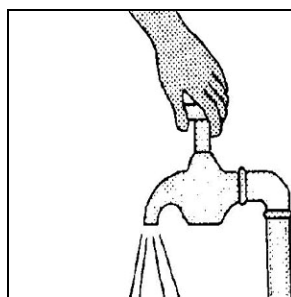
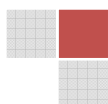


Figura 2. Puntos de captación de las muestras.

Paso 4. Se lavaron y enjuagaron los recipientes 3 veces, con el agua de la cual se tomaron las muestras.



Figura 3. Lavado de recipientes para la toma de muestras.



Paso 5. Se descartó el agua de lavado por aparte.

Paso 6. Se tomó la muestra tratando de evitar la menor cantidad de derrames posible; es decir que toda el agua cayó dentro del recipiente de polietileno.

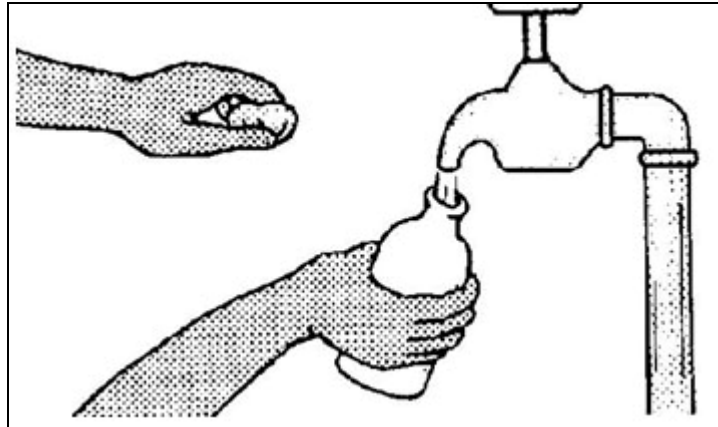


Figura 4. Procedimiento para evitar derrames durante la toma de muestras.

Paso 7. Finalmente se llenó el recipiente dejando espacio suficiente para agitación, es decir, que no se llenó completamente, se dejó el espacio libre requerido para la agitación de la muestra previa al análisis (aproximadamente 10% de volumen del recipiente de polietileno).

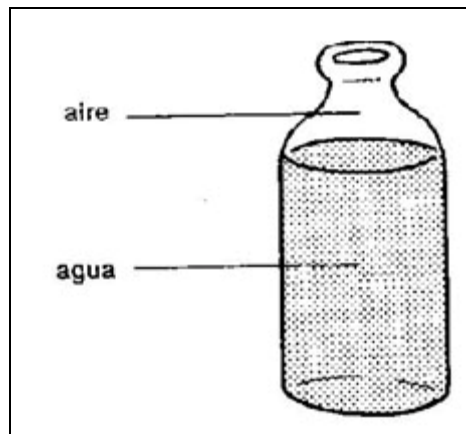
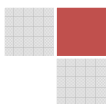


Figura 5. Volumen de la muestra y espacio libre requerido para agitación.



5.4 Procedimiento utilizado para el muestreo de agua para análisis microbiológico

Para el muestreo con fines de análisis microbiológico, se procedió a efectuar cada uno de los pasos que se detallan a continuación.

Paso 1. Inicialmente el técnico de campo se lavó las manos con abundante agua y jabón, con la finalidad de evitar la contaminación de las muestras.

Paso 2. Se abrió la llave del grifo y se dejó correr el agua durante 2 minutos

Paso 3. Se desinfectó la boquilla del grifo con alcohol.

Paso 4. Se flameó la boquilla del grifo durante 30 segundos, utilizando un encendedor.

Paso 5. Se abrió la llave del grifo y se dejó correr el agua de 1-2 minutos mientras que se efectuaban los pasos 6 y 7.

Paso 6. Se rotuló el recipiente de polietileno con los datos de la muestra (fecha, hora y lugar de captación). Se utilizaron recipientes especiales para este tipo de muestreo, los cuales fueron adquiridos en el LAMIR de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Paso 7. Se abrió la tapa del recipiente hasta el instante de la toma de muestra sin tocar la superficie interna del mismo.

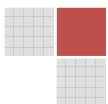
Paso 8. Se reguló la llave del grifo de modo que no salpicara y se tomó la muestra hasta que se aforó a 100 ml.

Paso 9. Se tapó el recipiente rápidamente evitando escurrimientos.

Paso 10. Las muestras se colocaron en una hielera (con hielo) en posición vertical y se transportaron de inmediato al LAMIR. Se verificó que el agua generada por el descongelamiento del hielo no contaminara las muestras. Para la validez de los resultados, las muestras se analizaron antes de cumplirse el tiempo máximo de 24 horas después de la captación.

5.5 Selección de los Parámetros

La selección de los parámetros que formaron parte del programa de análisis cualitativo del agua se limitó al país y a la región. Además, el rango del análisis y frecuencia de las pruebas dependió de los recursos disponibles para el análisis cualitativo del agua. No obstante, existen algunos parámetros básicos que sirvieron para orientar el manejo del



programa de análisis cualitativos del agua, dichos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se presentan en los Cuadro 10 y 11.

Cuadro 10. Parámetros fisicoquímicos de potabilidad evaluados.

Parámetro	Unidades	Abreviatura
Potencial de Hidrogeno	pH	pH
Conductividad eléctrica		μS/cm
Turbidez	Unidades nefelométricas de turbiedad	UT
Alcalinidad Total	Miligramos por litro	mg/L
Sólidos Totales	Miligramos por litro	mg/L
Dureza Total	Miligramos por litro	mg/L
Sulfatos	Miligramos por litro	mg/L

Cuadro 11. Parámetros microbiológicos de potabilidad evaluados.

Parámetro	Unidades	Abreviatura
Estimado de Coliformes totales	Número Más Probable por cien mililitros de agua	NMP/100mL
Estimado de Coliformes fecales	Número Más Probable por cien mililitros de agua	NMP/100mL

5.6 Análisis de la información

Al obtener los resultados de laboratorio fisicoquímico y microbiológico se realizó un análisis comparativo con la norma COGUANOR 29 001.99 para agua potable. Se tabularon los datos y se hizo una representación gráfica de los mismos.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Características microbiológicas

En los cuadros 15A y 16A, se presentan los consolidados de los resultados del análisis microbiológico, para determinación de Coliformes Totales y Fecales presentes en el agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.

6.1.1 Coliformes Totales

Las figuras 6 y 7 representan las variaciones que experimentan los valores estimados de la presencia de Coliformes totales, en cada uno de los puntos de muestreo durante la primera y segunda campaña de muestreo, respectivamente. Se obtuvieron valores superiores a los permisibles, según norma COGUANOR 29 001:99.

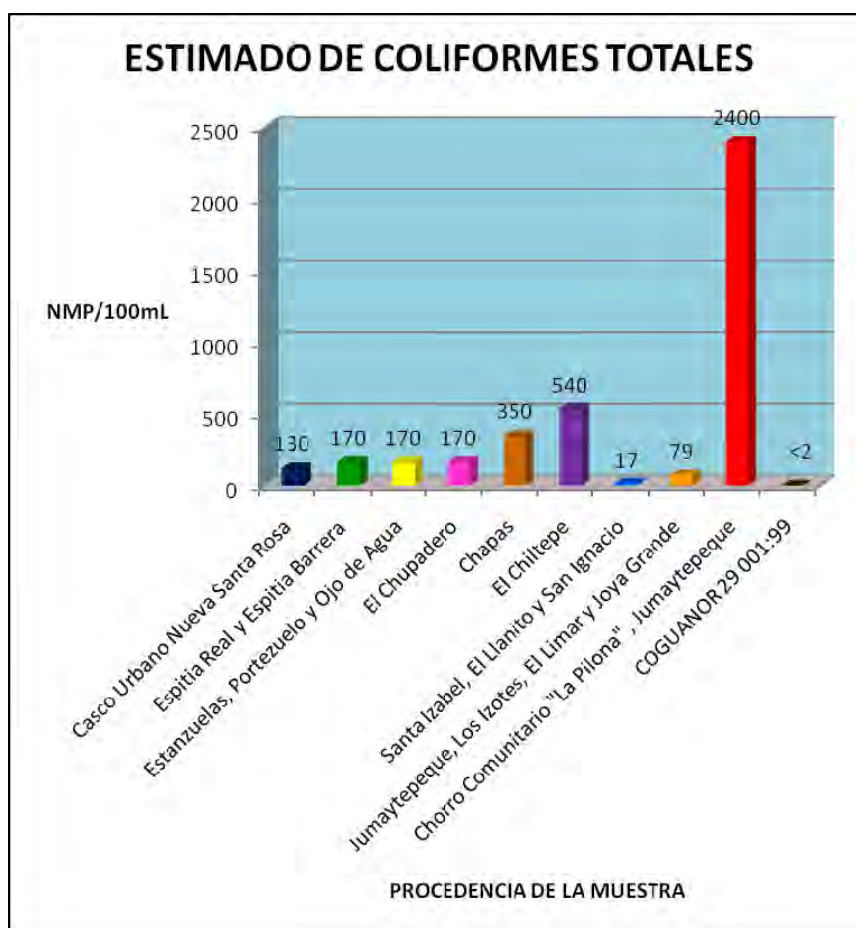


Figura 6. Comportamiento de la presencia del grupo Coliforme total en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo.

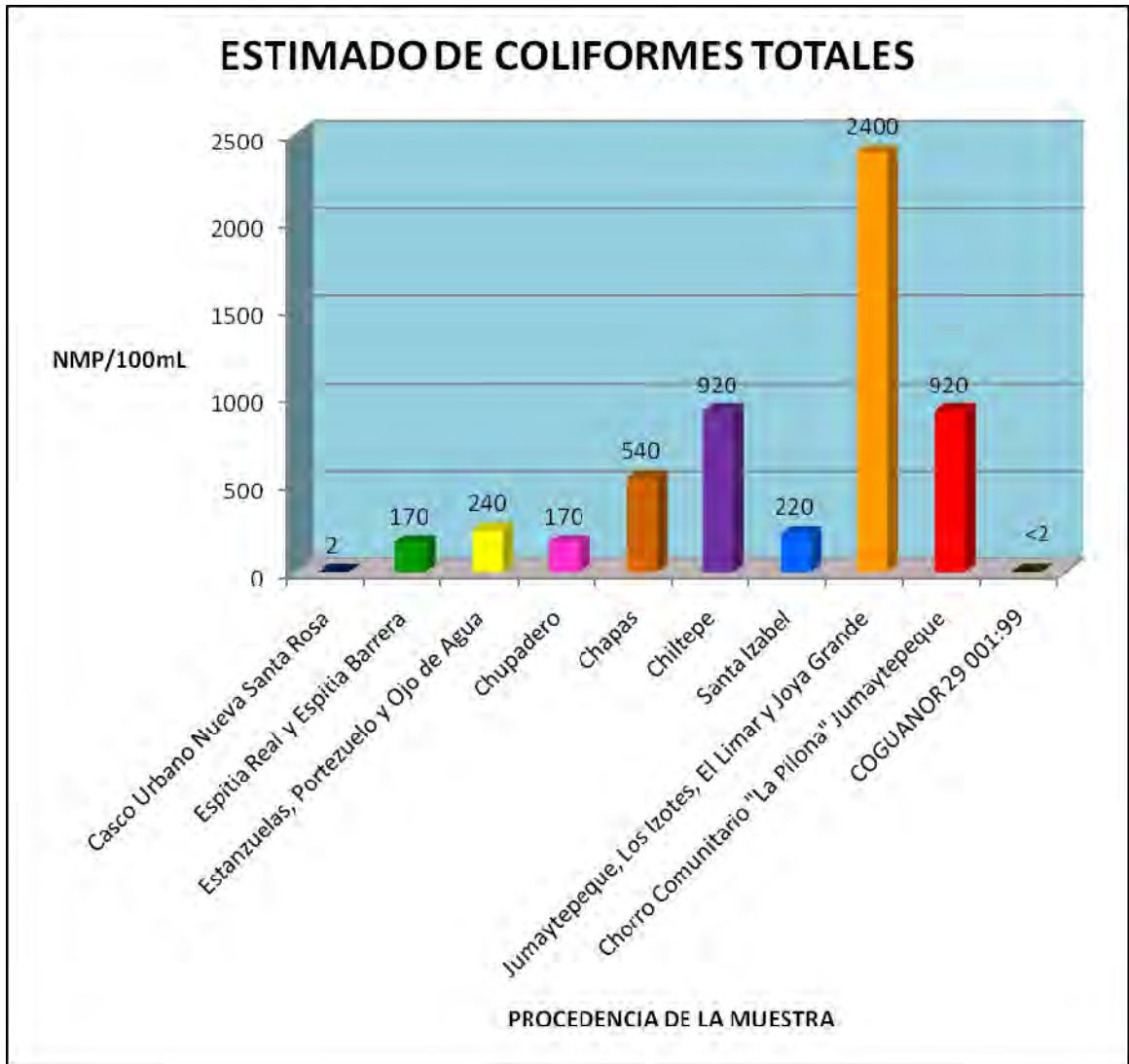
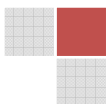


Figura 7. Comportamiento de la presencia del grupo Coliforme total en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo.

Al comparar los resultados de ambos muestreos, se observa que para el caso del casco urbano de Nueva Santa Rosa el estimado de Coliformes totales por cada 100 ml de agua, se redujo a 2 NMP esto debido a que de los cuatro clorinadores instalados en el suministro, solo se encontraban en funcionamiento dos de ellos el día que se tomó la muestra. Así mismo, se observa que las muestras que presentaron la mayor contaminación por presencia de bacterias del grupo Coliforme total, corresponden a las provenientes del chorro comunitario La Pilona, Jumaytepeque, Aldea Jumaytepeque, Caserío El Chiltepe y Aldea Chapas.

6.1.2 Coliformes Fecales



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



Las figuras 8 y 9 indican los niveles de coliformes fecales, presentes en las 18 muestras analizadas, encontrándose que el 100% de los suministros del líquido presentaron contaminación fecal, debido a que los valores sobrepasaron el límite máximo permisible contemplados dentro de la Norma COGUANOR 29 001:99, la cual establece un valor de concentración de Coliformes fecales <2 NMP, arriba del cual, el agua no es adecuada para consumo humano.



Figura 8. Comportamiento de la presencia del grupo Coliforme fecal en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo.



Figura 9. Comportamiento de la presencia del grupo Coliforme fecal en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo.

Es de hacer notar que las muestras provenientes del chorro comunitario denominado "La Pilona" el cual se encuentra en la aldea Jumaytepeque, presento el mayor índice de contaminación por Coliformes fecales, con promedio de 920 NMP/100mL; seguido en orden descendente por las muestras provenientes del Caserío El Chiltepe y la Aldea Chapas, con promedios de 214.5 y 45 NMP/100mL de agua, respectivamente.

Desde el punto de vista bacteriológico, las aguas con una fuerte contaminación por presencia de Coliformes totales y fecales, corresponden a las provenientes del chorro comunitario La Pilona, Aldea Jumaytepeque, Caserío El Chiltepe y Aldea Chapas.

El alto índice de contaminación bacteriológica del 100% de las muestras, se debe a que las fuentes de suministro del agua potable en el municipio de Nueva Santa Rosa, provienen de manantiales naturales, que carecen de algún tipo de legislación sanitaria o programas de monitoreo, protección y mantención para este tipo de suministros, facilitándose el detrimento de calidad del agua por la incorporación de materias extrañas, microorganismos, productos químicos, residuos industriales o de otros tipos, aguas residuales y desechos animales. Otro factor importante es el método y periodicidad de la limpieza de los tanques de distribución, que según personal encargado de mantenimiento, esta operación se realiza cada 3 meses y el único aditivo que utilizan para el lavado de estos tanques, es detergente.

6.2 Características fisicoquímicas

En los cuadros 17A y 18A, se presentan los consolidados de los resultados del análisis fisicoquímico del agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, correspondientes al primero y segundo muestreo.

6.2.1 Potencial de hidrogeno (pH)

Las figuras 10 y 11 expresan la intensidad de la condición ácida o alcalina del agua potable de los 9 suministros evaluados en el presente estudio.

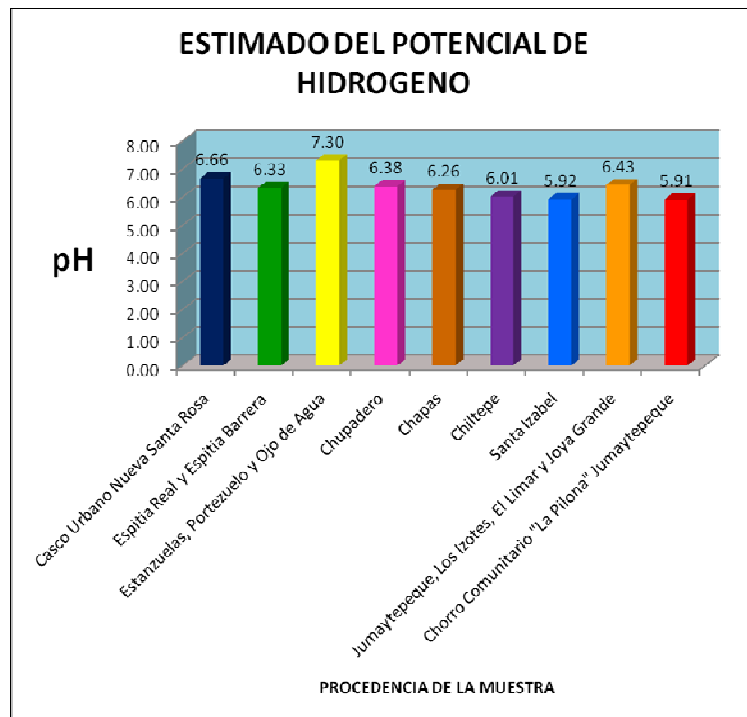
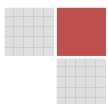


Figura 10. Comportamiento del potencial de hidrogeno (pH) del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según al primer muestreo.



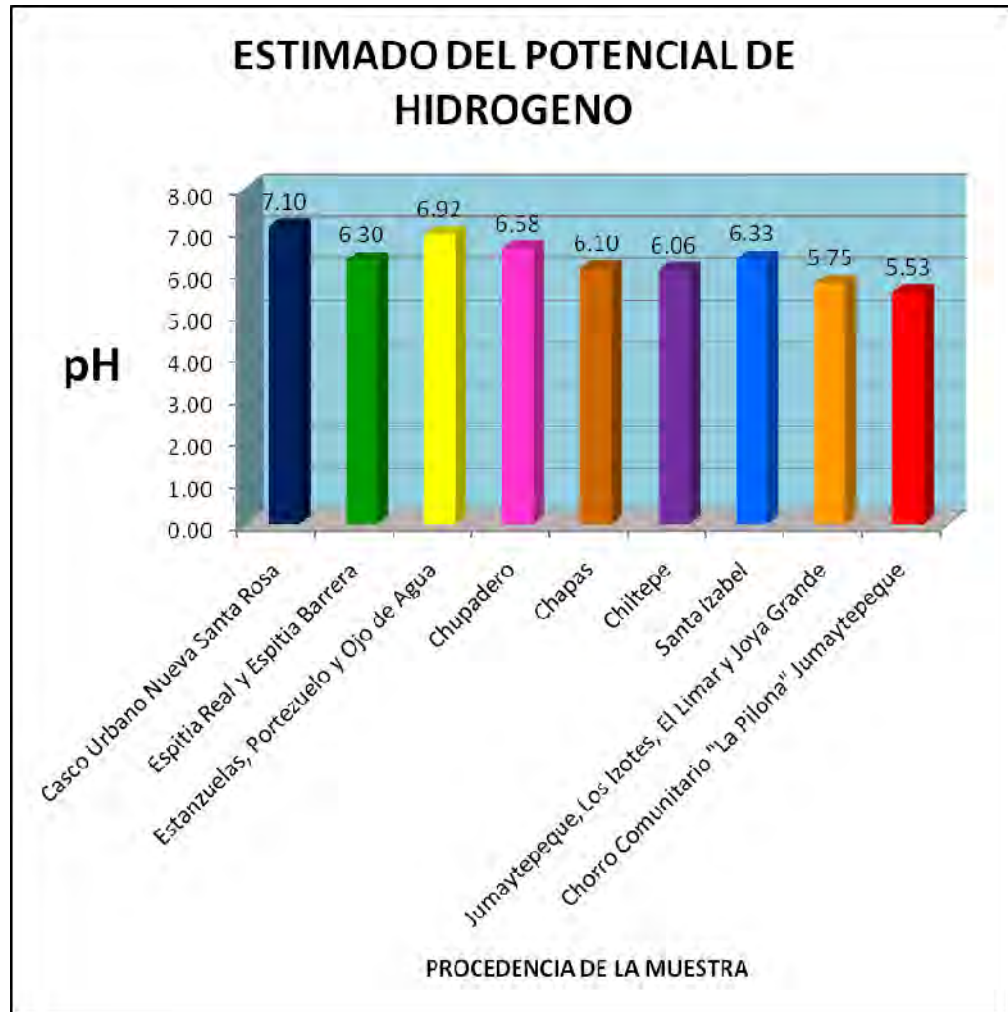
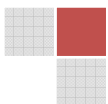


Figura 11. Comportamiento del potencial de hidrogeno (pH) del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo.

El pH del suministro del casco urbano varía entre 6.66 y 7.10, mientras que para las aldeas de Estanzuelas, Portezuelo y Ojo de agua se reportaron valores de 7.30 y 6.92. Estos valores se encuentran dentro del rango establecido por la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR 29 001:99 de agua potable. Para el caso de los suministros de las Aldeas: Espitia Real, Espitia Barrera, El Chupadero, Chapas, Jumaytepeque, Chorro Comunitario "La Pilona" y los Caseríos: El Chiltepe y Santa Isabel; se reportaron valores que fluctúan de entre 0.17 a 0.78 unidades por debajo del límite máximo permisible, establecido entre 6.5 a 8.5 por la norma COGUANOR 29 001:99. Por lo que son aguas levemente acidas, esto se puede deber a la presencia de suelos silíceos.



6.2.2 Conductividad Eléctrica

Las figuras 12 y 13, presentan gráficamente el comportamiento de los valores de la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la presencia de iones provenientes de una base, un ácido o una sal, disociadas en iones.

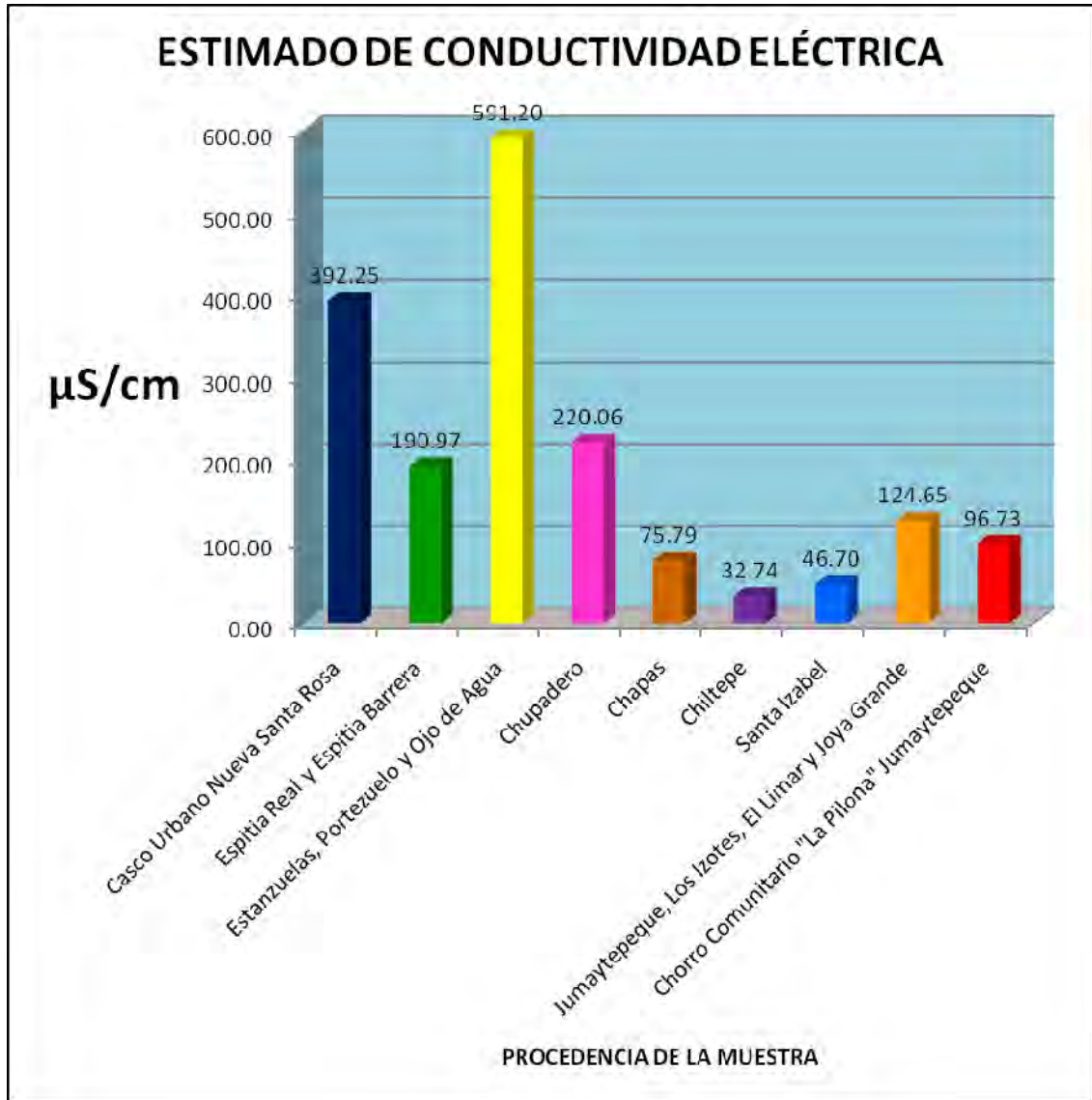


Figura 12. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica del agua potable en los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo.

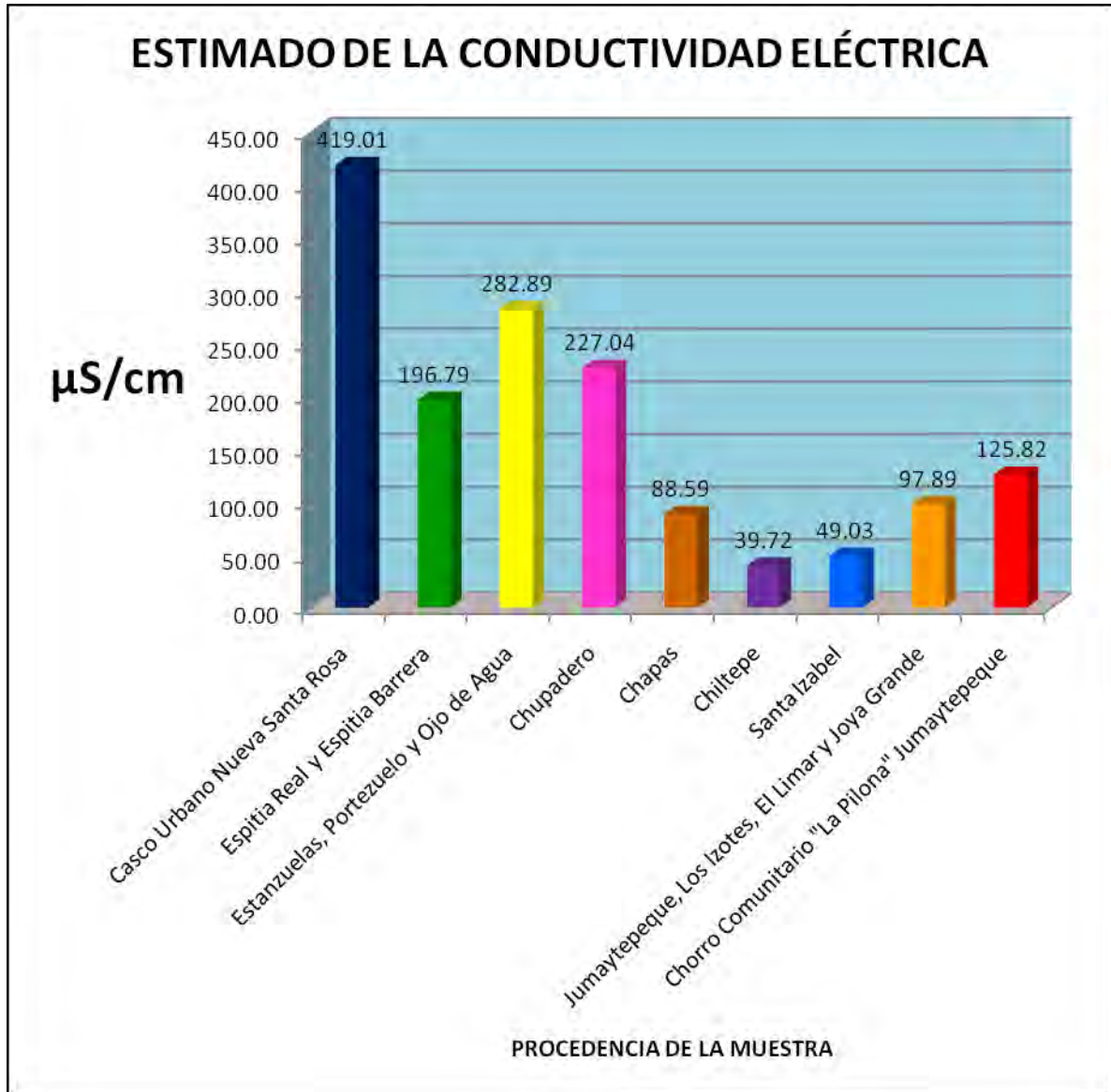
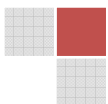


Figura 13. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo.

Respecto a la conductividad eléctrica, los valores reportados para los puntos de muestreo varían entre 32.54 y 591.20 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos valores cumplen con lo exigido por la Comisión Guatemalteca de Normas para agua potable COGUANOR 29 001:99, la cual establece un límite máximo permisible menor de 1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo que pueden considerarse como típicos de los suministros de agua potable del municipio.



6.2.3 Turbidez

Los valores expresados en Unidades Nefelométricas de Turbidez para los resultados del análisis de la turbidez del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, se presenta en las figuras 14 y 15.

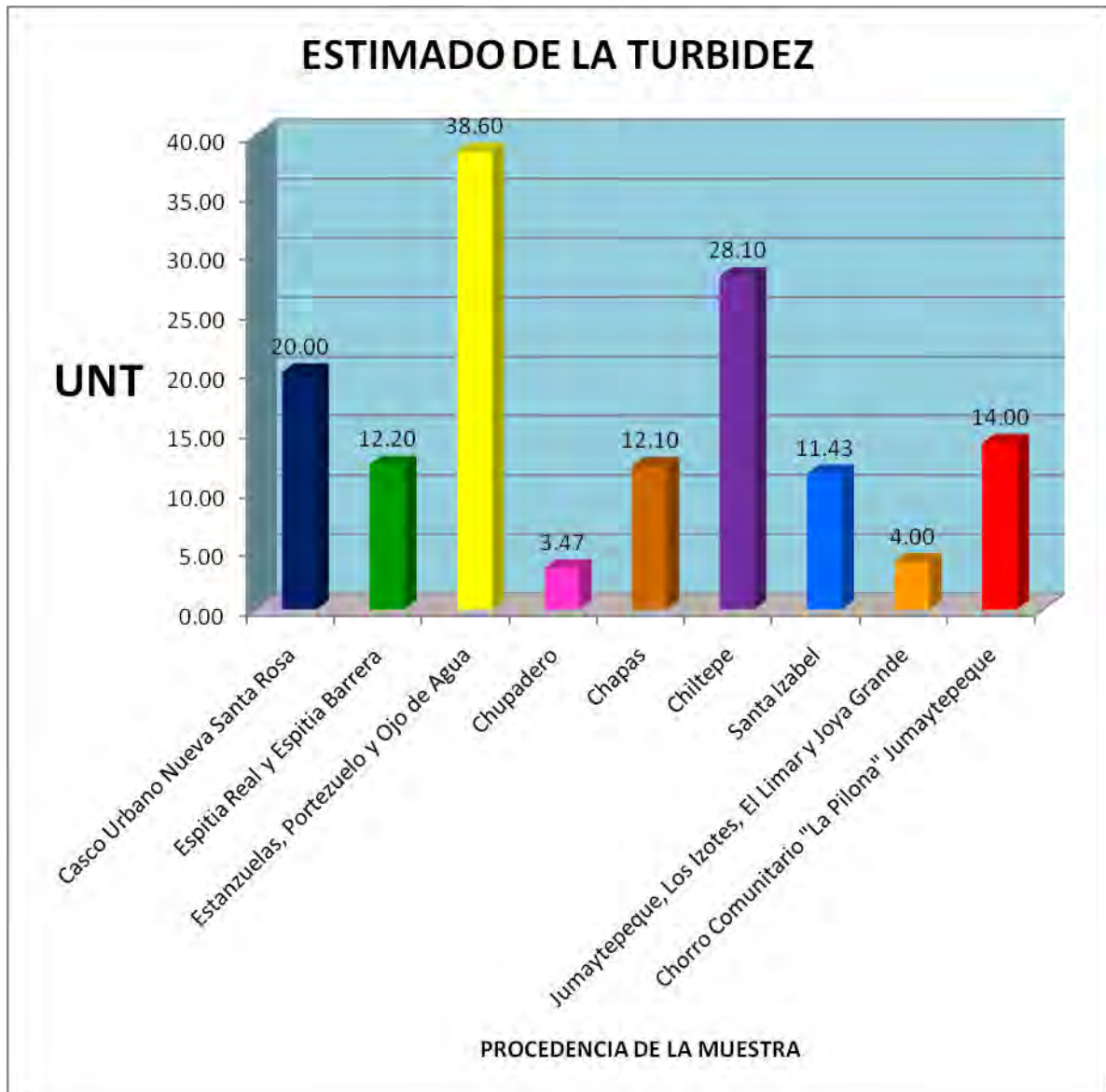


Figura 14. Comportamiento de la Turbidez del agua potable en los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo.

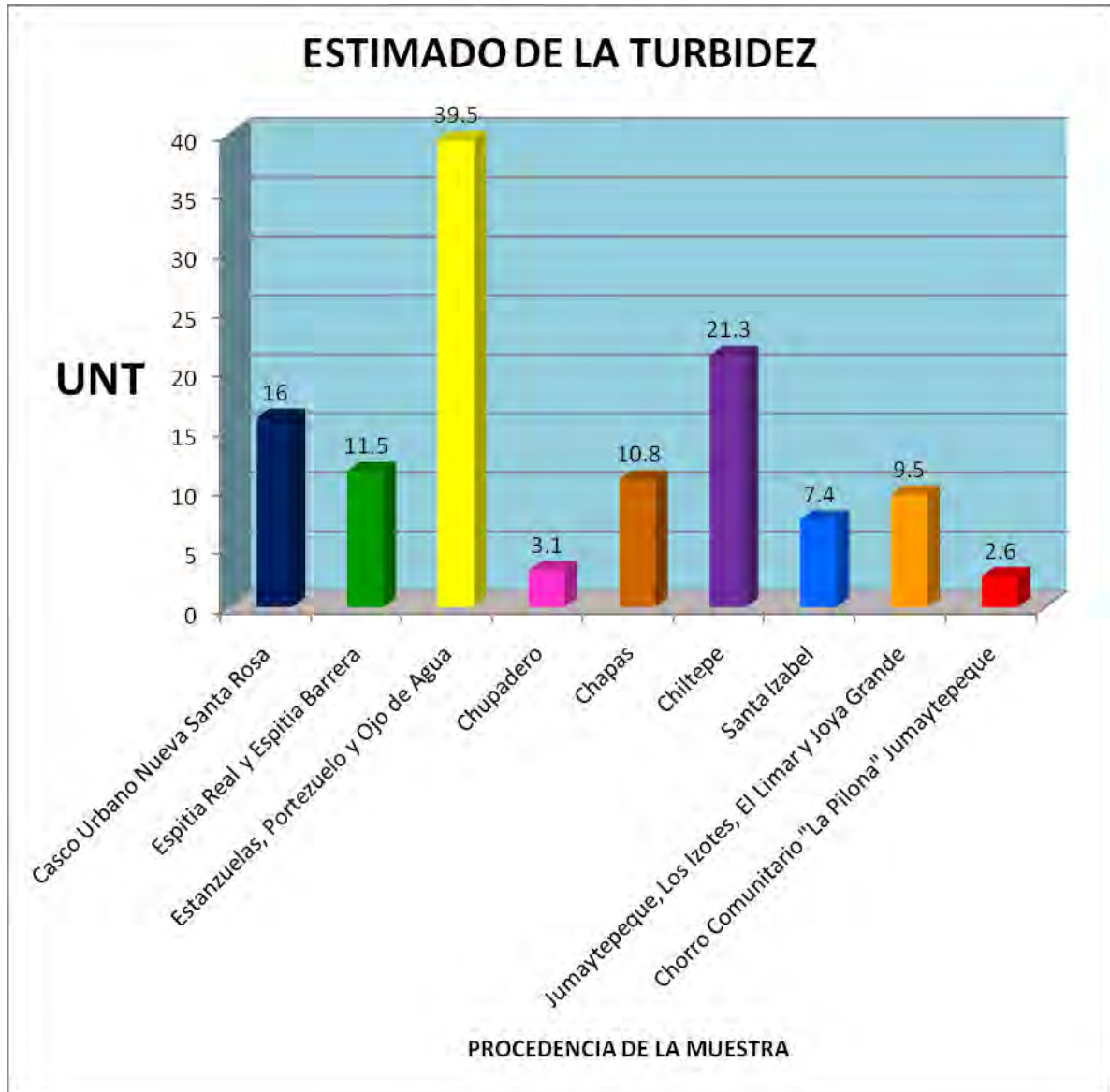
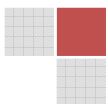


Figura 15. Comportamiento de la Turbidez del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo.

Al comparar los resultados de los dos análisis efectuados, se estableció que los valores de turbidez del agua potable suministrada en el Casco Urbano, en las aldeas: Estanzuelas, Portezuelo y Ojo de Agua, así como en el Caserío El Chiltepe, exceden el límite máximo permisible contemplado dentro de la norma COGUANOR 29 001:99. Esto se debe a que el agua proveniente de estos suministros presenta diversos materiales insolubles en suspensión. Con respecto a las aguas de los suministros del resto del municipio, si cumplen con los requerimientos mínimos de unidades nefelométricas de turbiedad (UT), pues sus valores no sobrepasan los 15 UNT.



6.2.4 Alcalinidad Total

Con respecto a la alcalinidad total en las aguas de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, la cual mide directamente la reserva alcalina, es decir, la suma de aniones procedentes directa o indirectamente (a través de la disolución de la sal correspondiente) de un ácido débil y cuya propiedad normalmente es impartida por la presencia de bicarbonatos y carbonatos, se observo en las graficas 16 y 17 que los rangos de valores obtenidos de todos los suministros, se mantuvo por debajo del límite máximo permisible, reportándose valores mínimos de 35.60 mg/L y máximos de 89.00 mg/L, por cuanto las aguas de estos suministros si cumplen con los requerimientos mínimos de presencia de carbonatos de calcio, según norma COGUANOR 29 001:99.

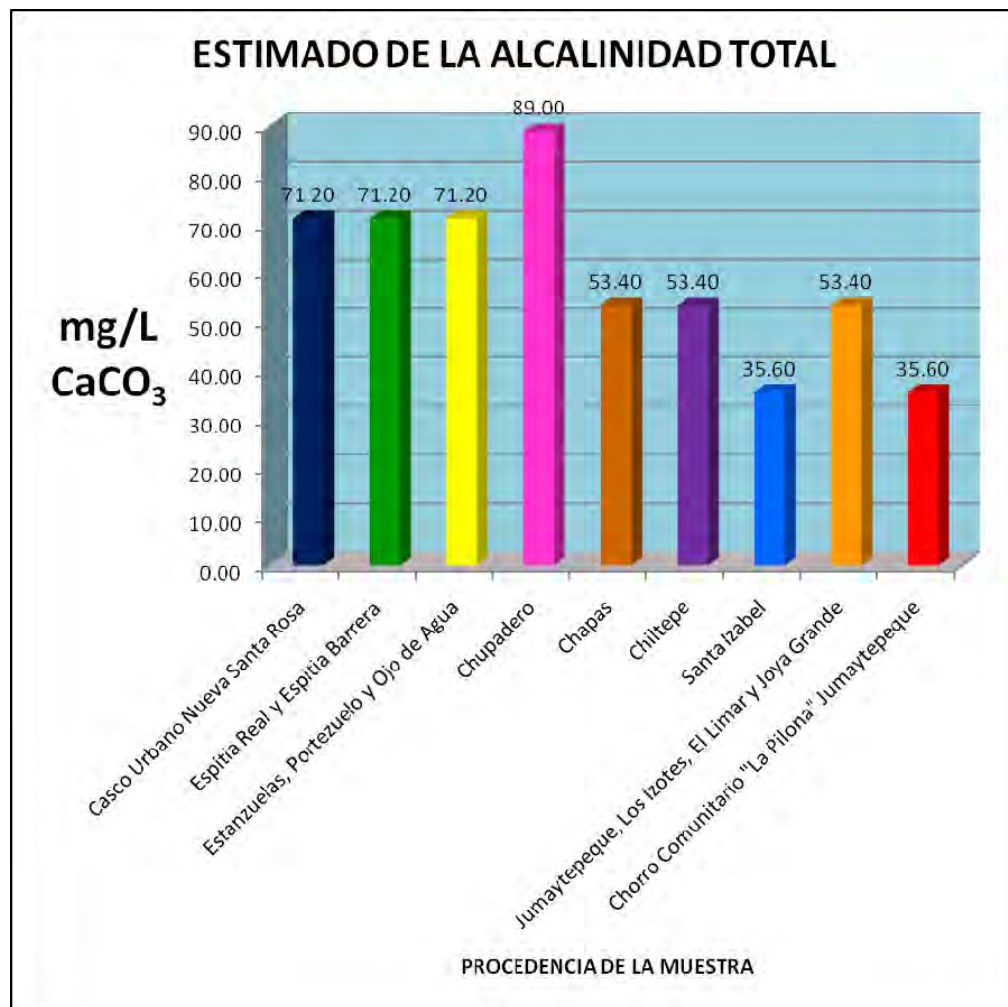
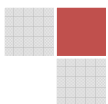


Figura 16. Comportamiento de la Alcalinidad Total del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo.



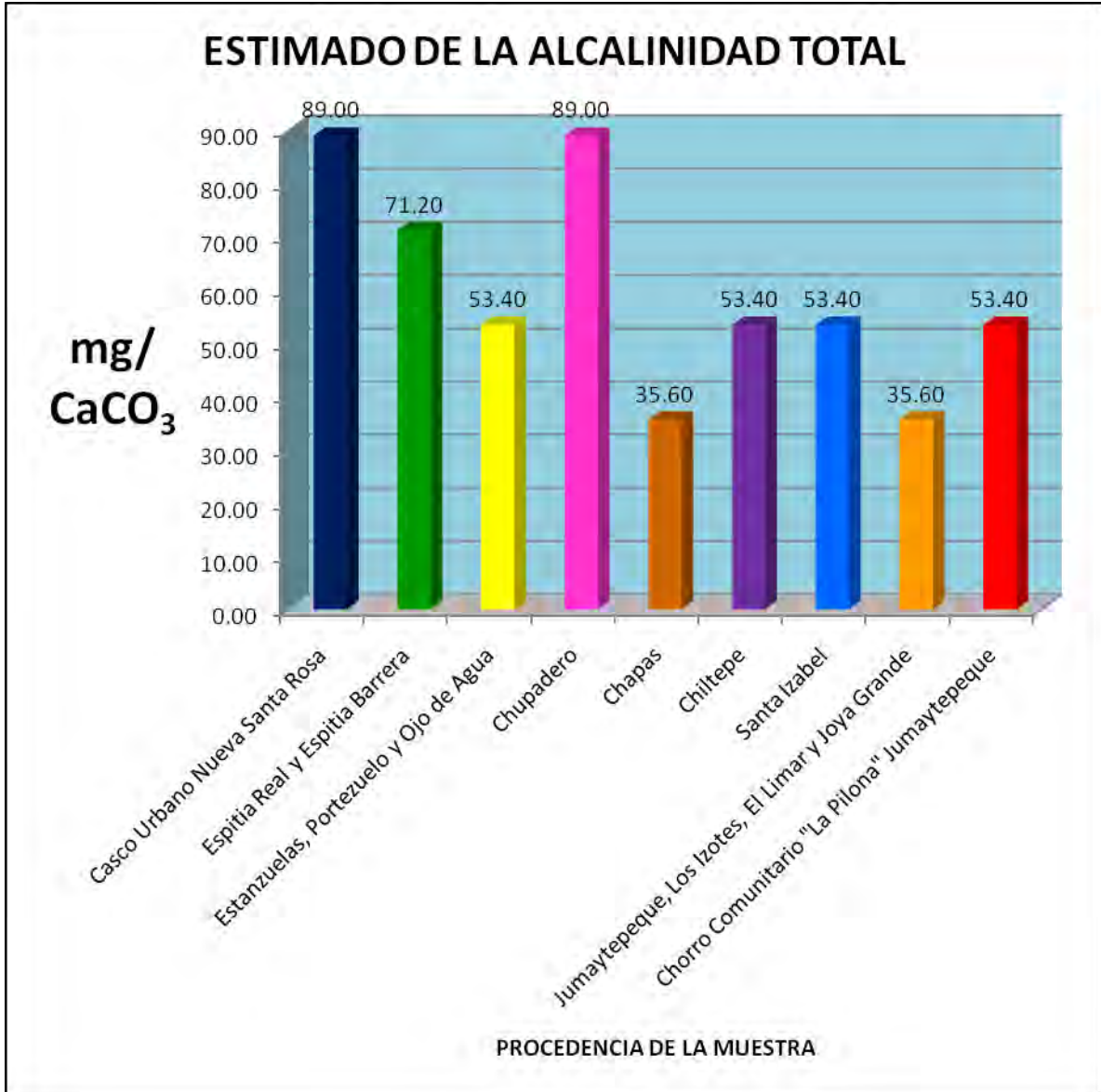
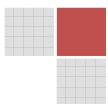


Figura 17. Comportamiento de la Alcalinidad Total del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo.



6.2.5 Sólidos Totales

En las graficas 18 y 19 se presentan los resultados del análisis de sólidos totales, sólidos disueltos y sólidos en suspensión, observándose que todas las muestras de agua analizadas se encuentran dentro del límite máximo permisible (LMP) de la norma COGUANOR 29 001:99. Reportándose un valor mínimo promedio de 81.5 mg/L que corresponde a la muestra proveniente del Caserío El Chiltepe y un valor máximo promedio de 360 mg/L correspondiente a la muestra de la Aldea Estanzuelas, Nueva Santa Rosa.

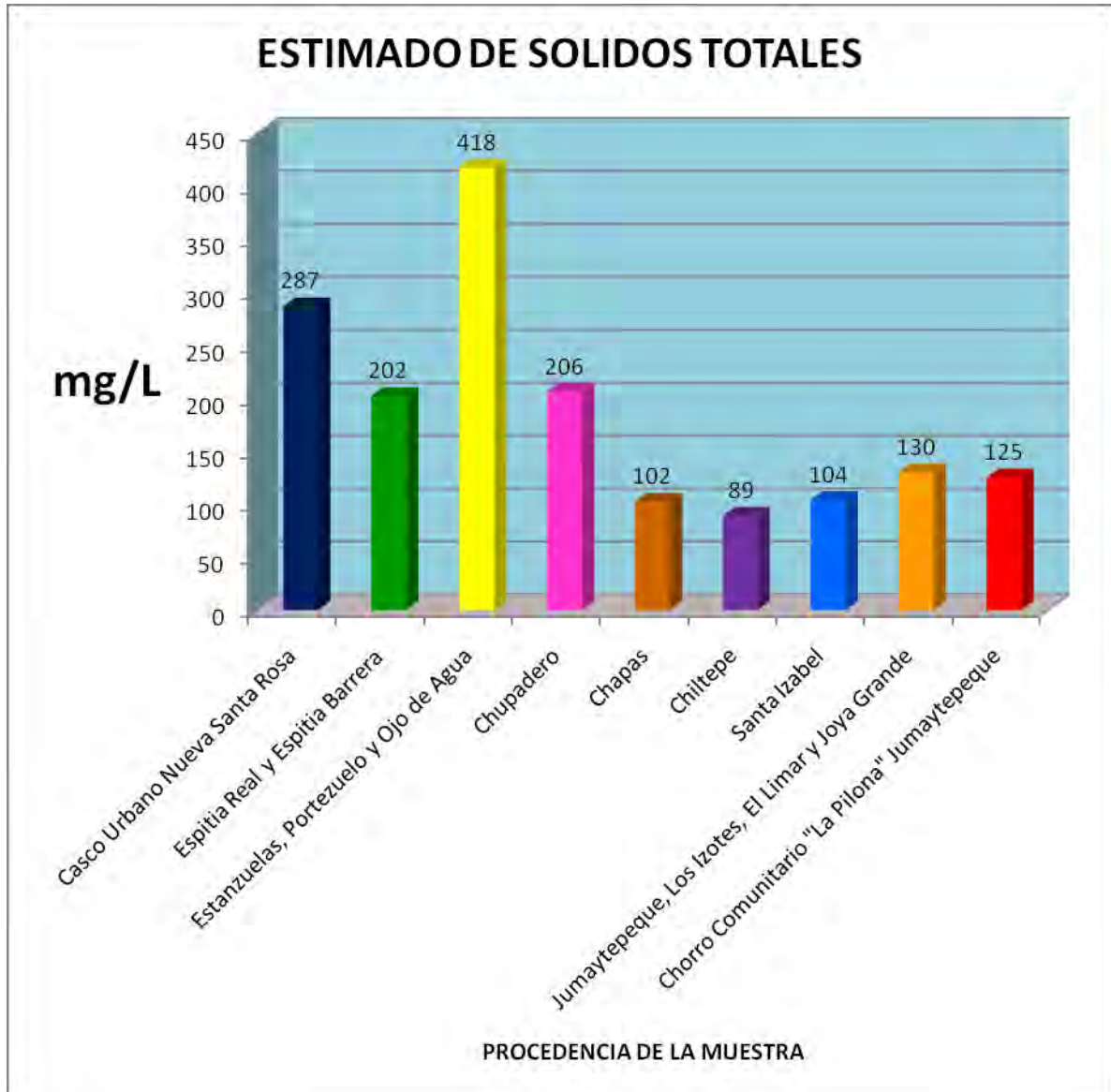


Figura 18. Comportamiento de la presencia de Sólidos Totales en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo.

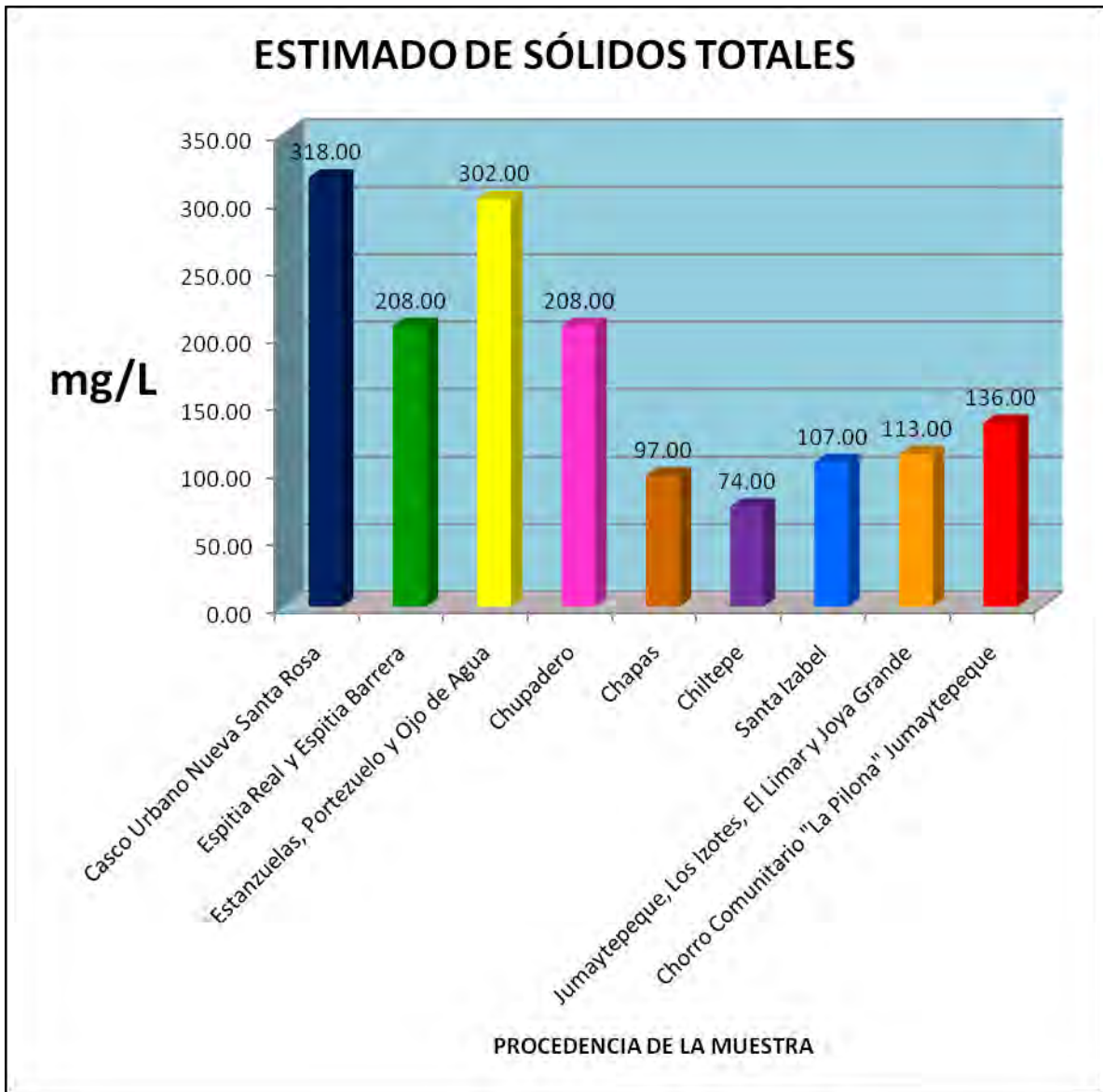
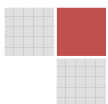


Figura 19. Comportamiento de la presencia de Sólidos Totales en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, según segundo muestreo.



6.2.6 Dureza Total

Para este parámetro fisicoquímico, se consideró la norma guatemalteca COGUANOR 29 001:99 que establece el intervalo de 100 a 500 mg/L de sales de calcio y magnesio. Por lo que los valores observados en las graficas 20 y 21 correspondientes al primer y segundo muestreo, se encuentran dentro de los límites máximos aceptables y permisibles de esta norma. Estos valores indican además que estas aguas son blandas, lo cual significa que presentan bajos niveles de calcio y magnesio.

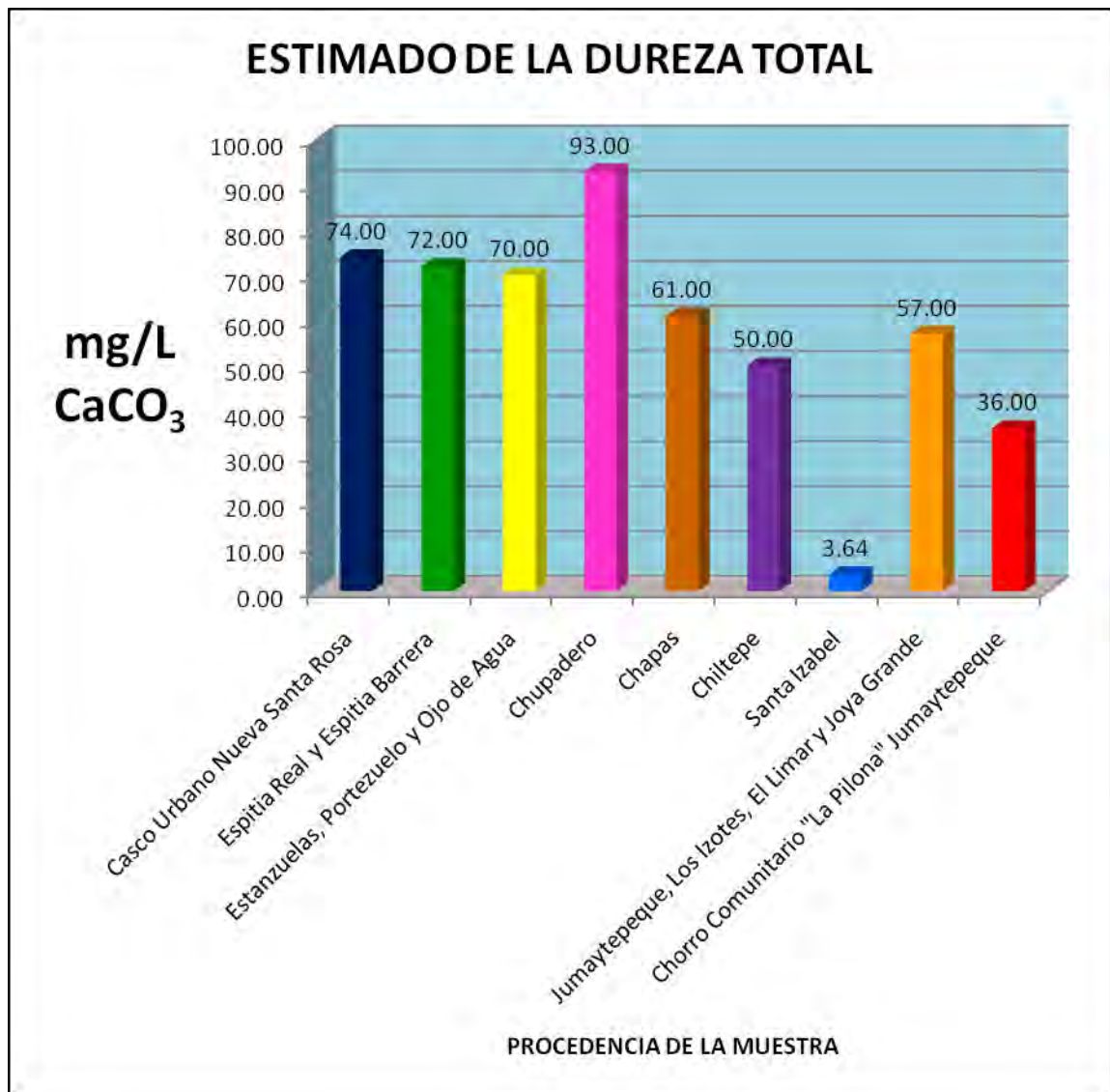


Figura 20. Comportamiento de la Dureza Total del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo.

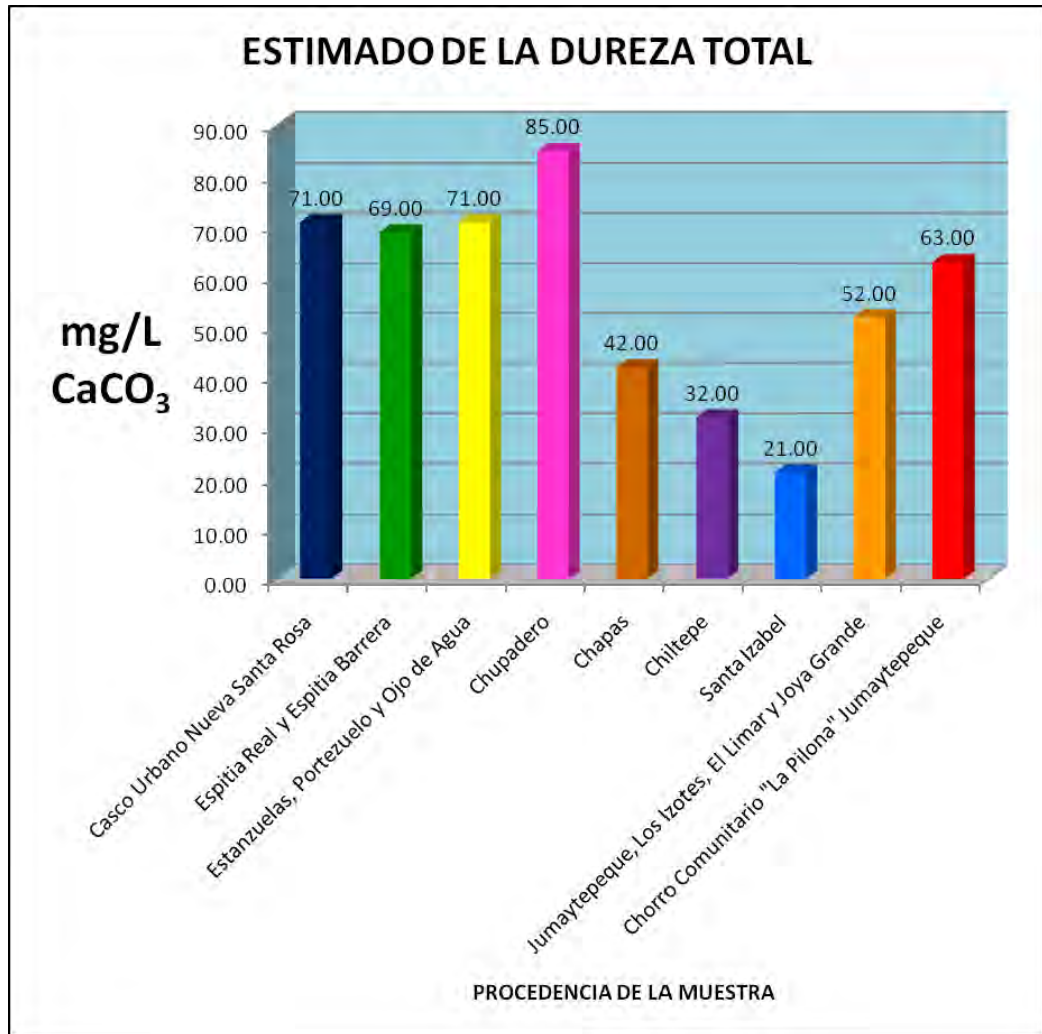
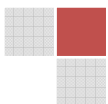


Figura 21. Comportamiento de la Dureza Total del agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo.

Al interpretar las graficas 20 y 21, se estableció, que las aguas provenientes del Caserío Santa Isabel presentaron los valores más bajos de dureza total, con un valor promedio de 12.32 mg/L, así mismo, el valor máximo promedio de 89 mg/L, que corresponde a las aguas provenientes de la Aldea El Chupadero.



6.2.7 Sulfatos Totales

Las graficas 22 y 23 muestran los valores resultantes de las dos campañas de muestreo realizadas en los suministros de agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, departamento de Santa Rosa. Los valores se expresan en miligramos de sulfatos disueltos por litro de agua.

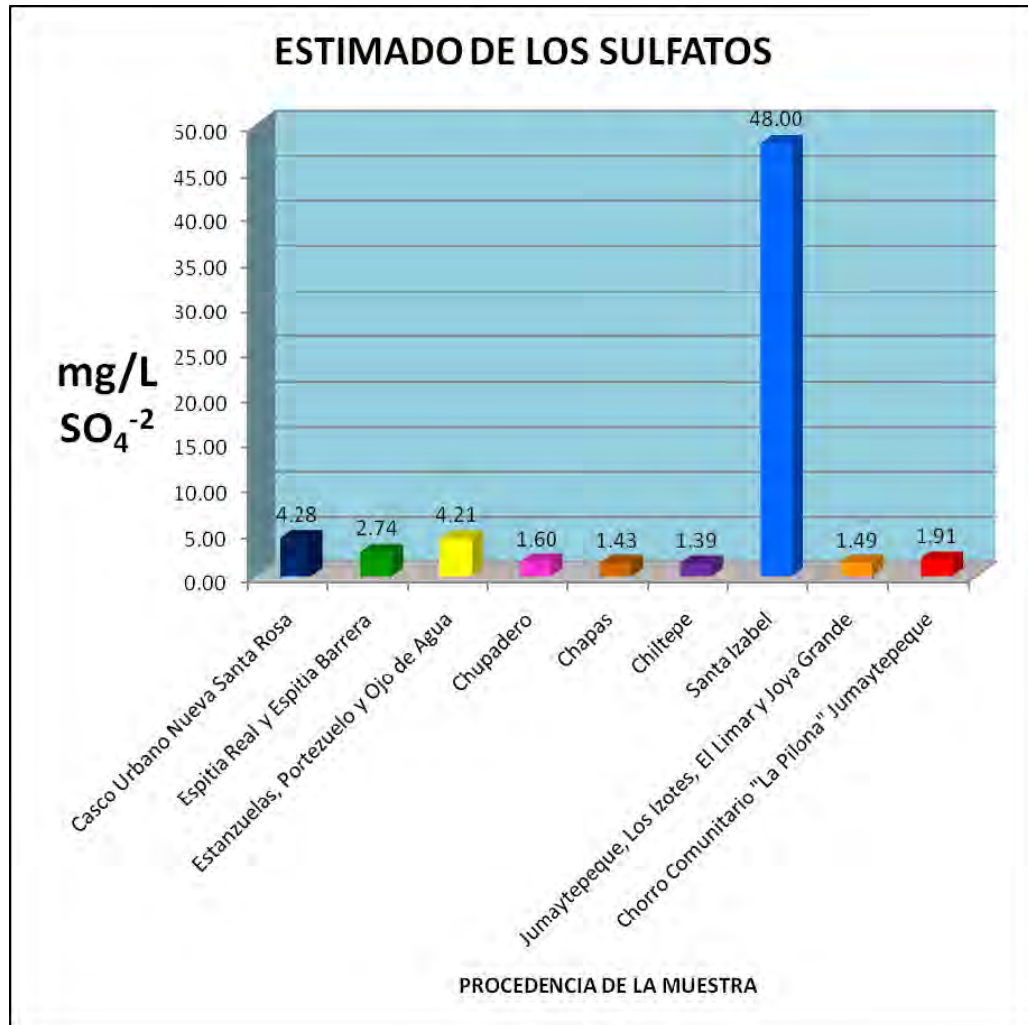
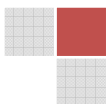


Figura 22. Comportamiento de la presencia de Sulfatos en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según primer muestreo.



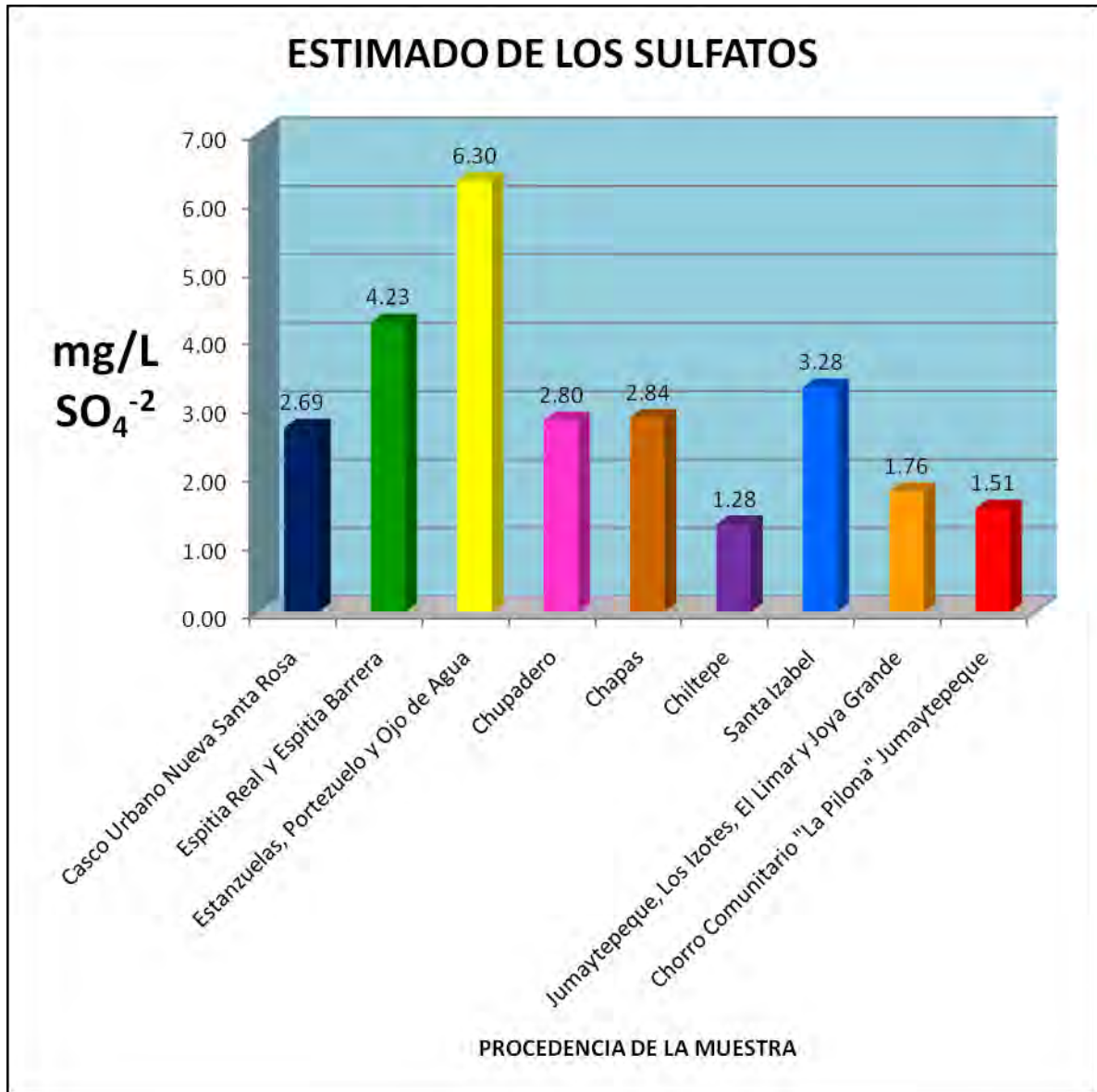
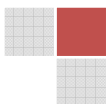


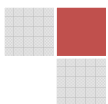
Figura 23. Comportamiento de la presencia de Sulfatos en el agua potable de los suministros del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, según segundo muestreo.

Al comparar los valores establecidos en las graficas anteriores con el límite máximo permisible (250 mg/L) de la norma COGUANOR 29 001:99, se estableció que las muestras de agua del municipio de Nueva Santa Rosa, presentan niveles bajos de sulfatos disueltos, por lo que cumplen con el requerimiento mínimo planteado por esta norma.



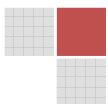
7. CONCLUSIONES

1. El agua suministrada por los tanques de distribución en el municipio de Nueva Santa Rosa, departamento de Santa Rosa, no es bacteriológicamente potable, debido a la elevada presencia del grupo Coliforme Total y Fecal, por lo que basados en la Norma COGUANOR 29 001:99, no es apta para el consumo humano y pone en riesgo la salud de los habitantes.
2. El pH de los suministros de las Aldeas: Espitia Real, Espitia Barrera, El Chupadero, Chapas, Jumaytepeque, Chorro Comunitario “La Pilona” y los Caseríos: El Chiltepe y Santa Isabel, reportaron valores que fluctúan de entre 0.17 a 0.78 unidades por debajo del límite máximo permisible, por lo que no cumple con los requerimientos establecidos por la Norma COGUANOR 29 001:99.
3. El agua distribuida en el municipio de Nueva Santa Rosa, cumple con los parámetros fisicoquímicos de Conductividad Eléctrica, Alcalinidad Total, Sólidos Totales, Dureza Total y Sulfatos Totales, establecidos en la Norma COGUANOR 29 001:99
4. Los valores de Turbidez del agua suministrada por los tanques de abastecimiento del Casco Urbano, de las aldeas: Estanzuelas, Portezuelo y Ojo de Agua, así como del Caserío El Chiltepe, exceden el límite máximo permisible contemplado dentro de la norma COGUANOR 29 001:99.



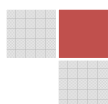
8. RECOMENDACIONES

1. Aplicar algún proceso de desinfección ya que los riesgos a la salud por la exposición a cloro residual y compuestos derivados de la cloración son menores y a largo plazo, comparados con las enfermedades de corto plazo propagadas a través del agua sin desinfectar. Por lo cual se debe dotar de equipo especializado para la dosificación y aplicación de cloro (clorinadores) a los tanques de abastecimiento público del municipio de Nueva Santa Rosa. En el caso en donde ya exista este tipo de equipo, se recomienda ejercer un mejor control y vigilancia de la dosificación.
2. Se sugiere estabilizar el pH de las aguas provenientes de los tanques de abastecimiento de las Aldeas: Espitia Real, Espitia Barrera, El Chupadero, Chapas, Jumaytepeque, Chorro Comunitario “La Pilona” y los Caseríos: El Chiltepe y Santa Isabel, mediante la aplicación de un reactivo químico inocuo para la salud humana.
3. Construir tanques de sedimentación para el tratamiento de la Turbidez mediante la coagulación con sulfato de Aluminio, de las aguas de los abastecimientos públicos del Casco Urbano, de las aldeas: Estanzuelas, Portezuelo y Ojo de Agua, así como del Caserío El Chiltepe.
4. La frecuencia de muestreo, análisis y monitoreo los abastecimientos públicos del municipio de Nueva Santa Rosa, debe realizarse mensualmente, durante los 12 meses de año, a fin de crear una base de datos precisa y confiable de la potabilidad del agua que se distribuye en este municipio.
5. Gestionar la creación de una Unidad de Sanitación, encargada de legislar y promover programas de recuperación, protección, monitoreo y mantención de las principales fuentes de recursos hídricos del municipio, que a su vez, sea la encargada de velar por la inocuidad del agua potable que llega a cada uno de los hogares de esta región, mejorando así, la calidad de vida de toda la población.

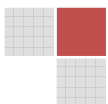


9. BIBLIOGRAFIA

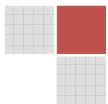
1. Cáceres López, Oscar. Desinfección del agua. OPS/OMS /MINISTERIO DE SALUD, 1990.
2. Cano F, Quán N. Técnicas de análisis microbiológico de alimentos y agua. Guatemala: INCAP, 1995. 40p.
3. Castro, Alejandro. Lineamientos para un Programa de Calidad del Agua Potable por parte del INFOM. Guatemala, OPS/OMS 1976.
4. Centro de Salud, Nueva Santa Rosa. Estadísticas de Morbilidad. Ministerio De Salud Pública y Asistencia Social.2007.
5. COGUANOR, Norma Guatemalteca Obligatoria Agua Potable. Especificación NGO 29001: 99. Primera revisión. Guatemala: Ministerio de economía, 1999. 14p.(p1-7)
6. Díaz S. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos S.A. 3 era. Edición. Madrid, España.
7. EMPAGUA. (2001). Agua Para Vivir. Guatemala: Tercero & Asociados Comunicaciones. pp. 2-6.
8. FAO. La calidad del agua en la Agricultura. Estudio FAO. Riego y Drenaje N° 29.
9. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2004. Censo agrícola nacional de Guatemala. Guatemala. 3 CD.
10. INRENA. Diagnóstico de la calidad del agua de la vertiente del Pacífico. 1996. Lima, Perú.
11. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). Balance Hídrico Superficial de La República de Guatemala. Ciudad de Guatemala, Junio de 1992.
12. Jiménez B., Maya C., Lucario S, Chávez A. & Becerril E (2004) Evaluación de la Calidad del Agua Domiciliaria en un Área Geográfica de la Ciudad de México, Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales FEMISCA, Memorias XIV Congreso Nacional, Mazatlán, Sin, 12 al 14 de Mayo de 2004.
13. Mórea, Lucas. (12 de febrero de 2005). Contaminación del Agua. <http://www.monografias.com/trabajos/contamagua/contamagua.shtml>



14. Organización Mundial de la Salud. Guías para la Calidad del Agua Potable. 2da edición, Ginebra. 1995.
15. Pelczar M. 1989. MICROBIOLOGIA. Mc Graw-Hill de México S.A. 4ta Edición. México.
16. Sánchez Fernández, Ana María; Castillo González, Jorge. Estudio de la calidad química y bacteriológica de aguas del lago Penuelas. Santiago, Universidad de Chile, 1975. 18 p.
17. Yelpe Pulgar, L.A.; Hernández Nunes, W.; Villar Álvarez, I.; Videla Soto, M. Vigilancia de la calidad del agua potable, estudio de factores que inciden en la contaminación bacteriológica. Temuco, AIDIS Sección Chilena, 1983. p. 1-23.
18. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/index.html. Consultada el 5 de septiembre de 2008.
19. [http://www.fao_1/salud_pública/Guías para la calidad del agua potable.pdf](http://www.fao_1/salud_pública/Guías_para_la_calidad_del_agua_potable.pdf). Consultada el 5 de septiembre de 2008.
20. <http://www.laneta.apc.org/emis/carpeta/sustancias/paration.htm>. Consultada el 6 de septiembre de 2008



10. ANEXOS

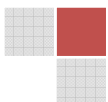


Cuadro 12A. Número más probable para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan cinco porciones de 10 ml, cinco porciones de 1 ml y cinco porciones de 0.1 ml.

Número de tubos que dan reacción positiva				Número de tubos que dan reacción positiva			
5 de 10 mL cada uno	5 de 1 mL cada uno	5 de 0.1 mL cada uno	NMP	5 de 10 mL cada uno	5 de 1 mL cada uno	5 de 0.1 mL cada uno	NMP
0	0	0	<2	1	1	0	4
0	0	1	2	1	1	1	6
0	1	0	2	1	2	0	6
0	2	0	4	2	0	0	4
1	0	0	2	2	0	1	7
1	0	1	4	2	1	0	7
2	1	1	9	5	0	1	30
2	2	0	9	5	0	2	40
2	3	0	12	5	1	0	30
3	0	0	8	5	1	1	50
3	0	1	11	5	1	2	60
3	1	0	11	5	2	0	50
3	1	1	14	5	2	1	70
3	2	0	14	5	2	2	90
3	2	1	17	5	3	0	80
4	0	0	13	5	3	1	110
4	0	1	17	5	3	2	140
4	1	0	17	5	3	3	170
4	1	1	21	5	4	0	130
4	1	2	26	5	4	1	170
4	2	0	22	5	4	2	220
4	2	1	26	5	4	3	280
4	3	0	27	5	4	4	350
4	3	1	33	5	5	0	240
4	4	0	34	5	5	1	300
5	0	0	23	5	5	2	500
5	0	1	30	5	5	3	900
5	0	2	40	5	5	4	600
				5	5	5	≥1600

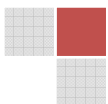
Cuadro 13A. Número más probable (NMP) para diversas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se utilizan tres porciones de 10 ml, 1 ml y 0.1 ml.

Número de tubos que dan reacción positiva			
3 de 10 mL cada uno	3 de 1 mL cada uno	3 de 0.1 mL cada uno	NMP
0	0	0	< 3
0	0	1	3
0	1	0	3
0	2	0	-
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
2	3	0	-
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	≥2400

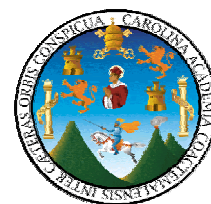


Cuadro 14A. Estadísticas sobre las 10 causas de mortalidad general proporcionadas por el Centro de Salud del municipio de Nueva Santa Rosa, departamento de Santa Rosa.

No	Primeras 10 Causas de Morbilidad General	Casos	%*
1	Resfriado Común	4,044	22.0850855
2	Amigdalitis	4,221	23.0517175
3	<u>Síndrome Diarreico Agudo</u>	<u>2,379</u>	<u>12.9921905</u>
4	Infección del Tracto Urinario	1,524	8.32286604
5	Gastritis	1,506	8.22456447
6	Anemia	1,242	6.78280815
7	Dermatitis	1,029	5.61957293
8	Parasitismo	868	4.74032003
9	Micosis	777	4.24335099
10	Alergia	721	3.93752389
No	Primeras 10 Causas de Morbilidad Infantil	Casos	%*
1	Resfriado Común	788	35.0689809
2	Amigdalitis	486	21.6288385
3	<u>Síndrome Diarreico Agudo</u>	<u>413</u>	<u>18.3800623</u>
4	Neumonía	162	7.20961282
5	Dermatitis	162	7.20961282
6	Conjuntivitis	72	3.20427236
7	Micosis	55	2.44770806
8	Otitis	38	1.69114375
9	Alergia	37	1.64663996
10	Piodermitis	34	1.51312862
No	Primeras 10 Causas de Morbilidad de 1-4 años	Casos	%
1	Amigdalitis	1099	24.8025276
2	<u>Síndrome Diarreico Agudo</u>	<u>1085</u>	<u>24.4865719</u>
3	Resfriado Común	1063	23.99007
4	Neumonía	288	6.49966148
5	Dermatitis	273	6.16113744
6	Parasitismo intestinal	190	4.28797111
7	Alergia	145	3.27239901
8	Conjuntivitis	101	2.27939517
9	Anemia	98	2.21169036
10	Micosis	89	2.00857594



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
LABORATORIO MICROBIOLÓGICO DE REFERENCIA -LAMIR-**



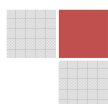
Cuadro 15A. Consolidado de los resultados del análisis microbiológico para determinación de Coliformes Totales presentes en el agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.

Código	Estimado de Coliformes Totales	Muestreo No. 1	Muestreo No. 2
	Procedencia de la Muestra	NMP/100mL	NMP/100mL
001	Casco Urbano Nueva Santa Rosa	130	2
002	Aldeas: Espitia Real y Espitia Barrera	170	170
003	Aldeas: Estanzuelas, Portezuelo y Ojo de Agua	170	240
004	Aldea El Chupadero	170	170
005	Aldea Chapas	350	540
006	Caserío El Chiltepe	540	920
007	Caseríos: Santa Isabel, El Llanito y San Ignacio	17	220
008	Aldea Jumaytepeque	79	2400
008A	Chorro Comunitario "La Pilona", Jumaytepeque	2400	920

Cuadro 16A. Consolidado de los resultados del análisis microbiológico, para determinación de Coliformes Fecales presentes en el agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, Santa Rosa.

Código	Estimado de Coliformes Fecales	Muestreo No. 1	Muestreo No. 2
	Procedencia de la Muestra	NMP/100mL	NMP/100mL
001	Casco Urbano Nueva Santa Rosa	17	2
002	Aldeas: Espitia Real y Espitia Barrera	17	5
003	Aldeas: Estanzuelas, Portezuelo y Ojo de Agua	17	17
004	Aldea El Chupadero	2	2
005	Aldea Chapas	27	63
006	Caserío El Chiltepe	350	79
007	Caseríos: Santa Isabel, El Llanito y San Ignacio	17	7
008	Aldea Jumaytepeque	7	17
008A	Chorro Comunitario "La Pilona", Jumaytepeque	920	920

Jefe: M. Sc. Karin Herrera
Laboratorio Microbiológico de Referencia -LAMIR-
Edificio T-12, 2do. Nivel Tel/Fax 2476-9868



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



Cuadro 17A. Resultados del análisis fisicoquímico del agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, correspondiente al primer muestreo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE QUÍMICA
UNIDAD DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL



Análisis Fisicoquímico de Agua Potable

Muestreo No. 1

MUESTRA	CODIGO UAI	ASPECTO	pH	CONDUCTIVIDAD $\mu\text{S/cm}$	TURBIDEZ UT	ALCALINIDAD TOTAL mg/L	SOLIDOS TOTALES mg/L	DUREZA TOTAL mg/L	SULFATOS mg/L
Municipio de Nueva Santa Rosa	0810163	Color amarillento, sin material sedimentado ni partículas en suspensión.	6.66	392.25	20.0	71.2	287.0	74.0	4.28
Aldeas: Espitia Real y Espitia Barrera	0810164	Color transparente, sin material sedimentado ni partículas en suspensión.	6.33	190.97	12.2	71.2	202.0	72.0	2.74
Aldeas: Portezuelo y Estanzuelas	0810165	Color amarillento, con material sedimentado y partículas en suspensión.	7.30	591.2	38.6	71.2	418.0	70.0	4.21
Aldea El Chupadero	0810166	Color transparente, sin material sedimentado ni partículas en suspensión.	6.38	220.06	3.47	89.0	206.0	93.0	1.60
Aldea Chapas	0810167	Color transparente, sin material sedimentado ni partículas en suspensión.	6.26	75.79	12.1	53.4	102.0	61.0	1.43
Aldea El Chiltepe	0810168	Color amarillento, con material sedimentado y partículas en suspensión.	6.01	32.74	28.1	53.4	89.0	50.0	1.39
Caseríos: Santa Isabel, El Llanito y San Ignacio	0810169	Color transparente, con material sedimentado y partículas en suspensión.	5.92	46.70	11.43	35.6	104.0	3.64	48.0
Aldea Jumaytepeque	0810194	Color transparente, sin material sedimentado ni partículas en suspensión.	6.43	124.65	4.0	53.4	130	57	1.49
Chorro Comunitario La Pilon, aldea Jumaytepeque	0810195	Color transparente, con material sedimentado y partículas en suspensión.	5.91	96.73	14.0	35.6	125	36	1.91

Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12.

Tel: 24769844 y 24439599 ext. 1520

Jefe UAI: Silvia Echeverría



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación



Cuadro 18A. Resultados del análisis fisicoquímico del agua potable del municipio de Nueva Santa Rosa, correspondientes al segundo muestreo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE QUÍMICA
UNIDAD DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL



Análisis Fisicoquímico de Agua Potable

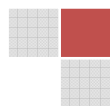
Muestreo No. 2

MUESTRA	CODIGO UAI	ASPECTO	pH	CONDUCTIVIDAD $\mu\text{S}/\text{cm}$	TURBIDEZ UT	ALCALINIDAD TOTAL mg/L	SOLIDOS TOTALES mg/L	DUREZA TOTAL mg/L	SULFATOS mg/L
Municipio de Nueva Santa Rosa	0810188	Color amarillento, con material sedimentado y partículas en suspensión.	7.01	419.01	16.0	89.0	318.0	71.0	2.69
Aldeas: Espitia Real y Espitia Barrera	0810189	Color transparente, sin material sedimentado ni partículas en suspensión.	6.30	196.79	11.5	71.2	208	69	4.23
Aldeas: Portezuelo y Estanzuelas	0810199	Color amarillento, turbia, no presenta materiales sedimentados ni partículas en suspensión.	6.92	282.89	39.5	53.4	302	71	6.3
Aldea El Chupadero	0810190	Color transparente, con material sedimentado y partículas en suspensión.	6.58	227.04	3.1	89.0	208.0	85.0	2.8
Aldea Chapas	0810191	Color amarillento, sin material sedimentado y con partículas en suspensión.	6.10	88.59	10.8	35.6	97	42	2.84
Aldea El Chiltepe	0810192	Color amarillento, con material sedimentado y partículas en suspensión.	6.06	39.72	21.3	53.4	74	32	1.28
Caseríos: Santa Isabel, El Llanito y San Ignacio	0810193	Color transparente, sin material sedimentado ni partículas en suspensión.	6.33	49.03	7.4	53.4	107	21	3.28
Aldea Jumaytepeque	0810200	Transparente, color ligeramente amarillento, presenta material sedimentado y no presenta partículas en suspensión.	5.75	97.89	9.5	35.6	113	52	1.76
Chorro Comunitario La Pilon, aldea Jumaytepeque	0810201	Ligeramente turbia, no presenta material sedimentado, presenta partículas en suspensión.	5.53	125.82	2.6	53.4	136	63	1.51

Edificio T-13, Ciudad Universitaria, Zona 12.

Tel: 24769844 y 24439599 ext. 1520

Jefe UAI: Silvia Echeverri



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



Figura 24A. Mapa de Serie de Suelos del Departamento de Santa Rosa.

