



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Química

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO
HUMANO EN EL ÁREA URBANA DEL PUERTO DE SAN JOSÉ,
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

Francisco Josué Ramos Maldonado

Asesorado por el Ing. Jaime Gatica García

Guatemala, marzo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO
EN EL ÁREA URBANA DEL PUERTO DE SAN JOSÉ,
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

FRANCISCO JOSUÉ RAMOS MALDONADO
ASESORADO POR EL ING. JAIME GATICA GARCÍA
**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, MARZO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Rodolfo Espinosa Smith
EXAMINADOR	Ing. Jorge Estuardo García
EXAMINADOR	Ing. William Álvarez Mejía
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO
HUMANO, EN EL ÁREA URBANA DEL PUERTO DE SAN JOSÉ,
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA,**

Tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 7 de Noviembre de 2005.

Francisco Josué Ramos Maldonado

DEDICATORIA A :

Dios	Por cuidarme y guiarme.
Mis padres	Francisco Ramos y Brenda N. Maldonado de Ramos. Por su ejemplo, apoyo, amor y entrega.
Mis hermanos	Axel y Rocío Ramos Maldonado. Por su cariño y apoyo incondicional.
Mi cuñada	Indira Cruz de Ramos, por su cariño.
Mi prima	Virna Renee Ángel Maldonado. Por su cariño y respeto.
Mis tíos	Flory y Víctor Maldonado, Delia y Abel Ramos. Por su cariño y aprecio.
Mis sobrinos	Deborah José Cortés Ángel y Víctor J Luís Cortés Ángel. Por su cariño y respeto.
Mi novia	Jessica Ivon Brooks, por su amor y comprensión
Mis abuelos	Víctor Manuel Maldonado Bonilla (†) Por su y cariño y amor. Delia Olimpia Aguilar de Maldonado (†) Por inculcarme respeto a Dios y por su dedicación. Abel Ramos Alvarado y Mercedes Robles de Ramos. Por su cariño.
Mis primos	Diego, Paulo, Manuel, Dessire, Carla, Viam, Arnaldo Melissa, Ruby, Cristofer y Daniel, por su aprecio.
Mis amigos	Por su amistad sincera, y en especial a todo el personal de Terminal Esso San José.

AGRADECIMIENTO

A todas aquellas personas que con su participación, colaboración y dedicación, ayudaron a la finalización de este proyecto. En especial a:

Mi padre Dr. Francisco Ramos Robles

Ing. Jaime Gatica García

Ing. Otto Raúl de León de Paz

Ing. Eduardo Ovalle

Licda. Química, Leida Dabroy

Licda. Química, María Castillo

Lic. Fredy Rodríguez y

A todo el personal técnico del Laboratorio Nacional de la Salud y la Dirección de Regulación, Vigilancia y Control de la Salud del Ministerio Público.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS	XV
HIPÓTESIS.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. Antecedentes.....	1
2. Marco Teórico.....	2
2.1 Generalidades del agua.....	2
2.2 Ciclo hidrológico.....	3
2.2.1 Agua atmosférica.....	4
2.2.2 Agua superficial.....	4
2.2.3 Agua subterránea.....	4
2.3 Uso del agua.....	5
2.3.1 Uso humano o doméstico.....	5
2.3.2 Uso industrial.....	5
2.3.3 Uso público.....	6
2.3.4 Uso agrícola.....	6
2.3.5 Uso recreativo.....	6
2.4 Análisis para el consumo humano.....	6
2.4.1 Aspectos generales.....	6
2.5 Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.....	8
2.5.1 Análisis físico.....	8
2.5.1.1 Color.....	8
2.5.1.2 Olor.....	9
2.5.1.3 Temperatura.....	9
2.5.1.4 Turbidez.....	10
2.5.1.5 pH.....	10
2.5.1.6 Conductividad eléctrica del agua.....	11
2.5.2 Análisis químico.....	11

	2.5.2.1	Cloruro.....	11
	2.5.2.2	Cloro residual.....	12
		2.5.2.2.1Cloro residual libre disponible.....	13
		2.5.2.2.2Cloro residual combinado disponible.....	13
	2.5.2.3	Fluoruro.....	13
	2.5.2.4	Sulfatos.....	14
	2.5.2.5	Nitrógeno.....	14
	2.5.2.6	Hierro Total.....	15
		2.5.2.6.1Hierro.....	15
	2.5.2.7	Alcalinidad.....	15
	2.5.2.8	Plomo.....	16
	2.5.2.9	Manganeso.....	16
	2.5.2.10	Yodo.....	17
2.5.3		Análisis bacteriológicos.....	17
	2.5.3.1	Examen microbiológico.....	17
	2.5.3.2	Características de Grupo Coliforme.....	18
		2.5.3.2.1 Prueba presuntiva.....	19
		2.5.3.2.2Prueba confirmativa.....	19
2.6		Expresión de resultados.....	19
2.7		Reglamento para la calidad del agua potable.....	20
	2.7.1	Norma Coguanor NGO 29 001.....	20
2.8		Procedimiento para tratar aguas contaminadas.....	21
	2.8.1	Fuentes de agua subterráneas.....	22
	2.8.2	Fuentes y aguas superficiales.....	22
		2.8.2.1 Aguas superficiales.....	22
		2.8.2.2 Agua dura.....	23
		2.8.2.3 Aguas blandas.....	22
		2.8.2.4 Contaminación.....	24
	2.8.3	Filtración.....	24
		2.8.3.1 Filtración mecánica.....	25
		2.8.3.2 Filtración química.....	25
	2.8.4	Ozono.....	25
		2.8.4.1 Ozonificadores.....	25
	2.8.5	Desinfección.....	26
		2.8.5.1 Cloro como desinfectante.....	26
3.		Metodología.....	27
	3.1	Recursos humanos.....	27
	3.3	Recursos físicos.....	28
	3.4	Metodología experimental.....	28
	3.5	Periodicidad de muestreo.....	28
	3.6	Tipo de muestras y Método.....	28

3.6.1	Físico químicas.....	28
3.6.2	Examen Bacteriológico.....	29
3.7	Método y análisis que se deberán realizar.....	29
3.7.1	Análisis físico.....	29
3.7.2	Análisis químico.....	29
3.7.3	Examen bacteriológico.....	30
4.	Resultados.....	31
5.	Discusión de resultados.....	49
CONCLUSIONES		57
RECOMENDACIONES.....		59
BIBLIOGRAFÍA.....		61
APÉNDICE I		32
APÉNDICE II		63
ANEXOS.....		68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Comportamiento de la temperatura, en función del tiempo para el agua analizada en los diez pozos.	32
2	Comportamiento del color del agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	33
3	Comportamiento de la turbidez del agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	34
4	Comportamiento de la conductividad eléctrica del agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	35
5	Comportamiento del pH del agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	36
6	Comportamiento de la concentración de sólidos disueltos del agua en función del tiempo para los diez pozos analizados.	37
7	Comportamiento de la concentración del cloro residual a distancia del agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	38
8	Comportamiento de la alcalinidad del agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	39
9	Comportamiento de la dureza del agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	40
10	Comportamiento de la concentración de cloruro del agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	41
11	Comportamiento de la concentración de fluoruro del agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	42
12	Comportamiento de la concentración de nitratos del agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	43
13	Comportamiento de la concentración de nitritos del agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	44

14	Comportamiento de la concentración de hierro en el agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	45
15	Comportamiento de la concentración de sulfatos en el agua, en función del tiempo para los diez pozos analizados.	46
16	Comportamiento del número más probable para recuento de coliformes fecales, en función del tiempo para el agua de los diez pozos analizados.	47
17	Comportamiento del número más probable para el recuento de coliformes totales en función del tiempo para el agua analizada en los diez pozos.	48
18	Mapa del municipio del Puerto de San José y localización de los pozos.	70

TABLAS

I	Los resultados obtenidos a través de los análisis de la calidad de agua, realizados en los diferentes sitios de muestreo.	30
II	Parámetro de temperatura.	32
III	Parámetro de color.	33
IV	Parámetro de turbiedad.	34
V	Parámetro de conductividad eléctrica.	35
VI	Parámetro de potencial de hidrógeno	36
VII	Parámetro de sólidos disueltos.	37
VIII	Parámetro de cloro residual a distancia.	38
IX	Parámetro de alcalinidad total.	39
X	Parámetro de dureza total.	40
XI	Parámetro de cloruro.	41
XII	Parámetro de fluoruro.	42
XIII	Parámetro nitrato.	43
XIV	Parámetro nitrito.	44
XV	Parámetro de hierro total.	45

XVI	Parámetro de sulfato.	46
XVII	Número más probable para el recuento de coniformes totales.	47
XVIII	Número más probable para el recuento de coniformes fecales.	48
XIX	Parámetros bacteriológicos obtenidos durante el período analizado del agua en Barrio Pénate I	61
XX	Parámetros bacteriológicos obtenidos durante el período analizado del agua para el Barrio Pénate II	61
XXI	Parámetros bacteriológicos obtenidos durante el período analizado del agua para Colonia Arévalo	62
XXII	Parámetros bacteriológicos obtenidos durante el período analizado del agua para aldea La Easo	62
XXIII	Parámetros bacteriológicos obtenidos durante el período analizado del agua para aldea Santa Rosa	63
XXIV	Parámetros bacteriológicos obtenidos durante el período analizado del agua para barrio el Cerrito	63
XXV	Parámetros bacteriológicos obtenidos durante el período analizado del agua para el barrio El Progreso	64
XXVI	Parámetros bacteriológicos obtenidos durante el período analizado del agua para el barrio Laberinto	64
XXVII	Parámetros bacteriológicos obtenidos durante el período analizado del agua para barrio Miramar I	65
XXVIII	Parámetros bacteriológicos obtenidos durante el período analizado del agua para barrio Miramar II	65
XXIX	Tabla del número más probable (NMP) por 100 cc. de muestra, inoculando cinco tubos con cada uno de los volúmenes de muestra de 10, 1 y 0.1	66
XXX	Tabla del número más probable (NMP) por 100 cc. de muestra, inoculando cinco tubos con cada uno de los volúmenes de muestra de 10, 1 y 0.1 (continuación)	67
XXXI	Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua según Norma Coganor 29 001	68
XXXII	Comparación de los reglamentos internacionales (límite máximo permisible) sobre agua potable:OMS, EPA y CEE	69

LISTA DE SÍMBOLOS

COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas
pH	Potencial de Hidrogeno
ppm	Partes por millón
mg/l	Miligramos por litro de solución
LMA	Límite máximo aceptable
LMP	Límite máximo permisible
•C	Grados Celsius
•F	Grados Farenheit
TDS	Total de sólidos disueltos
UTN	Unidad de turbiedad nefelométrica
NMP / 100cm³	Numero mas probables de bacterias Coliformes / 100cm ³ de solución

GLOSARIO

Calidad de agua	Este término está vinculado con aquellas características físicas, químicas y biológicas, por medio de las cuales puede determinarse si el agua es adecuada o no para el uso al que se le destina.
Agua potable	Es aquella que cumple las características de calidad especificadas en la norma COGUANOR NGO 29,001, siendo adecuada para el consumo humano de cualquier población.
Grupo colofirme fecal	Se define como los bacilos, Gram Negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a 44C +/- 0.1C en menos de 24 horas. Características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.
Acidez	Tendencia a liberar un protón o a aceptar un par de electrones de un donante. En soluciones acuosas, el pH es una medida de la acidez, así, una solución ácida es aquella en la cual la concentración de hidrógeno excede a la del agua pura a la misma temperatura, y el pH es menor que siete.
Conductividad	Capacidad que tienen las sustancias para conducir electricidad.

Grupo coliforme total	Comprende todas las bacterias en forma de bacilos, aeróbicos y anaeróbicos facultativos, Gram Negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a 35C +/- 0.5C en menos de 48 horas, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.
Alcalinidad	Tendencia a liberar un par de electrones o a aceptar un protón de un donante. En soluciones acuosas, el pH es una medida de la alcalinidad, así, una solución alcalina es aquella en la cual la concentración de hidrógeno es menor que la del agua pura a la misma temperatura, y el pH es mayor que siete.
Dureza	Es una característica del agua que presenta la concentración total de iones de calcio en el agua.
Dureza total	Es una característica del agua que presenta la concentración total de los iones de calcio y magnesio, expresados como carbonato de calcio.
Potencial de hierro	Es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno en una solución acuosa.
Sólidos totales disueltos	Son las sustancias orgánicas, vegetación en putrefacción desechos producidos por actividades económicas, particulares en suspensión, flóculos y sedimentos que se pueden encontrar en el agua.

RESUMEN

Este trabajo realizado en el municipio del Puerto de San José del departamento de Escuintla, se refiere a un análisis de la calidad de agua, enfocado a determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas de la misma.

El objetivo fue analizar si el agua que distribuye la municipalidad del Puerto San José es apta para consumo humano. Se tomó como normas de referencia la Norma COGUANOR 29001 y la Norma de Fuentes de Agua de la Organización Mundial de la Salud.

Para este análisis se diseñó un programa de muestreo a realizarse en diez diferentes sitios de la localidad, y en cada sitio por cada día programado de muestreo se tomaron dos muestras.

Según los datos proporcionados de la calidad del agua, se determinó que el agua proveniente de los pozos de distribución de la municipalidad del Puerto de San José, no es apta para consumo humano. Esto implica y justifica la aplicación sistemática de un tratamiento de desinfección, con el fin de mejorar la calidad de agua para abastecer a la población del municipio de Puerto de San José con agua potable, y lograr que la población perenne y la flotante estén protegidos contra enfermedades fatales y que no corra riesgo de brotes infecciosos.

OBJETIVOS

- **General**

Realizar un análisis físico-químico y bacteriológico del agua que actualmente suministra el sistema de abastecimiento, con el fin de verificar si la vigilancia y el control de la misma cumplen con los requisitos exigidos por Norma Coguanor NGO 29001, para consumo humano del área urbana del municipio del Puerto de San José, del departamento de Escuintla.

- **Específicos**

1. Informar y recomendar a las autoridades encargadas por medio de un informe final, las posibles medidas a implementar para mejorar el control de la calidad del agua que se distribuye en toda la población.
2. Evaluar la calidad y la eficiencia de los equipos del sistema de dosificación de cada pozo, que actualmente distribuye agua a la red de abastecimiento de agua potable de la población.
3. Verificar si la desinfección del agua, se ha realizado de manera sistemática y sostenida, con la finalidad de destruir los organismos patógenos presentes, garantizarla y proporcionarla en calidad que ordenan las normas COGUANOR NOG 29001, libre de microorganismos que produzcan enfermedades y trazas de componentes químicos que puedan ser tóxicos y que alteren la naturaleza del vital líquido.

HIPÓTESIS

En base a los antecedentes que existen en el seguimiento del control y vigilancia de la calidad sanitaria del agua de consumo humano, en la cabecera Municipal del Puerto de San José, del departamento de Escuintla, las probabilidades que el agua que se suministra actualmente a la población para su consumo humano, no llena los requisitos o normas para considerarla como agua potable, son bastante altas; por lo que deberá recibir un mejor tratamiento de potabilización.

INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido incoloro, casi inodoro e insípido, su fórmula química es H_2O , éste líquido esencial para la vida animal y vegetal, es muy empleado como solventes. El agua potable contaminada origina enfermedades tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados, al mismo tiempo constituye un recurso fundamental en el desarrollo de la vida humana y de la industria.

El agua siempre ha sido utilizada por el hombre, pero fue hace poco que se ha percatado de su importancia y del peligro que puede tener en la salud, si esta no llena la calidad sanitaria, para que pueda ser consumida con confianza por el ser humano y otros servicios, entre ellos domésticos, industriales, agrícolas, etc., además, debe contarse con instalaciones sanitarias adecuadas para todos, independientemente de la diferencia de condiciones de vida. Para esto, hoy en día se han implementado los métodos o medios adecuados que disminuyan la contaminación del agua.

El Puerto de San José cuenta con un sistema de abastecimiento de agua que es alimentado por diez pozos; cada pozo cuenta con un sistema de bombeo conectado a la red de distribución de agua municipal. Actualmente, el agua que se suministra a la población no es analizada por ningún proceso unitario de tratamiento y mantenimiento. Debido a que las condiciones existentes en el agua evaluada pueden variar, es conveniente realizar posteriores evaluaciones o también es recomendable implementar nuevos análisis que garanticen la calidad del agua de dicho pueblo.

Los pozos que se analizarán son: **1.-** Pozo Pénate 1, **2.-** Pozo Pénate 2, **3.-** Pozo Escuela de Niñas, **4.-** Pozo calle Esso, **5.-** Pozo Tamarindo, **6.-** Pozo 9ª. calle el Cerrito, **7.-** Pozo el Progreso, **8.-** Pozo Fegua, **9.-** Pozo Miramar 1 y **10.-** Pozo Miramar 2.

Los métodos de los análisis físico, químicos y bacteriológicos que se realizan para calificar la calidad del agua de los pozos que abastecen al municipio del Puerto de San José, son descritos en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*, de la APHA, y en la norma COGUANOR NGO 29 001 y sus derivadas aprobadas por el Ministerio de Economía de Guatemala.

1. ANTECEDENTES

Los documentos de investigaciones y trabajos realizados referente al control de la calidad del agua por parte de La Dirección de Área y El Centro de Salud Pública y Laboratorio Nacional, presentan que la tubería de la red de agua del puerto San José fue instalada hace más de cincuenta años, en su zona central, el único pozo que irrigaba a la población era la bomba de la Escuela de Niñas. Durante los años 90's se intensificó el monitoreo en la vigilancia del estado del agua con pruebas de cloro residual a distancia y análisis físico químico mensual.

Durante las primeras pruebas no se detectó presencia de cloro en las muestras, apareciendo hasta más de 200 colonias de coliformes fecales en tomas de diferentes fuentes de agua de chorros domiciliarios; diagnosticándose como agua no potable. Con el crecimiento poblacional ha surgido la necesidad de perforar nuevos pozos, apareciendo así los pozos de Fegua, Miramar I y II, Pénate I y II, Tamarindo, Colonia Progreso, Calle de la Esso, Calle Cerrito, Aldea Santa Rosa y Puerta de Hierro.

A finales de la misma década se instalaron los primeros clorinadores en algunos de los pozos, no así en todos, ni tampoco el sistema indicado, por lo que las pruebas continuaron saliendo sin presencia de cloro y presencia de coliformes fecales. Actualmente los resultados indican que el agua no contiene la concentración de cloro necesarias, por lo consiguiente continúan apareciendo colonias de coliformes fecales en los análisis físico químicos del agua de diferentes fuentes de la red, así como también una contaminación apreciable desde el punto de vista bacteriológico del Puerto San José.

2. MARCO TEORICO

2.1 Propiedades y generalidades del agua

El agua es un componente de nuestra naturaleza que ha estado presente en la Tierra desde hace más de 3.000 millones de años, ocupando tres cuartas partes de la superficie del planeta. Su naturaleza se compone de tres átomos, dos de hidrogeno y uno de oxigeno que unidos entre si forman una molécula de agua, (H₂O), la unidad mínima en que ésta se puede encontrar como líquido incoloro, casi inodoro e insípido, esencial para la vida animal y vegetal y el mas empleado como solvente.

La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, en lluvias, ríos, océanos, camanchaca, etc., como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes. El agua es un líquido incoloro, casi inodoro e insípido.

Gran parte del agua de nuestro planeta, alrededor del 98%, corresponde a agua salada que se encuentra en mares y océanos, el agua dulce que poseemos en un 69% corresponde a agua atrapada en glaciares y nieves eternas, un 30% está constituida por aguas subterráneas y una cantidad no superior al 0,7% se encuentra en forma de ríos y lagos.

Su punto de congelamiento es 0 celcius (32 F) su punto de ebullición 100 celcius (212 F), su gravedad específica es de 1.000. La mayoría de las moléculas de agua tiene un peso molecular de 18. Sin embargo, puesto que el hidrógeno y el oxigeno tienen cada uno 3 isótopos se sabe que el agua se presenta en condiciones normales o naturales ambientales, en uno de sus tres estados; solidó, líquido y gaseoso, que las temperaturas de transformación de un estado en otro han sido tomadas como puntos estables o fijos.

2.2 Ciclo hidrológico

El agua es la sustancia más extensa que se encuentra en el ambiente natural. El agua existe en tres estados: líquido, sólido, y vapor invisible. Forma los océanos, los mares, los lagos, los ríos y las aguas subterráneas encontradas en las capas superiores de la corteza de tierra y de la cubierta del suelo. En estado sólido, existe como el hielo y cubierta de la nieve en regiones polares y alpestrés. Cierta cantidad de agua se contiene en el aire como vapor de agua, gotitas del agua y cristales de hielo, así como en la biosfera. Las cantidades enormes de agua se vendan en la composición de los diversos minerales de la corteza y de la base de tierra.

El agua sigue un movimiento permanente, constantemente cambiando de líquido a la fase sólida o gaseosa, y de regreso otra vez, donde por intervalos más cortos del tiempo, el volumen de agua almacenado en la hidrosfera variará como los intercambios del agua ocurren entre los océanos, la tierra y la atmósfera. Este intercambio generalmente se llama el volumen de ventas del agua en la tierra, o el ciclo hidrológico global.

El calor solar evapora el agua en el aire de la superficie de la tierra y en las masas de agua al mismo tiempo por la combustión o transpiración de los seres vivos. La tierra, los lagos, los ríos y los océanos envían encima de una corriente constante del vapor de agua extendiéndose por la superficie del planeta antes de precipitar como lluvia o nieve de nuevo. Esta porción de agua que supera estas fuerzas de cohesión y adhesión del suelo, se filtra hacia abajo saturándose para formar un depósito de agua subterránea formándose el nivel friático.

Durante el proceso de precipitación, el agua que cae en tierra es la fuente principal de la formación de las aguas encontradas en tierra: ríos, lagos, agua subterránea, glaciares. Esta al llegar a la superficie se divide en una porción de precipitación atmosférica que se evapora, algo de ella penetra y carga el agua subterránea, mientras que el resto - como flujo del río - regresa a los océanos en donde se evapora: este proceso se repite varias veces.

Una porción considerable de flujo del río no alcanza el océano penetrándose en los suelos

formando un nivel freático. El agua que se filtra en el suelo, se filtra paulatinamente, llegando hasta el agua superficial atraída por la gravedad para ser transpiradas por plantas por medio de sus raíces.

Éstas son las fuentes principales del agua dulce para apoyar necesidades de la vida y para servir actividades económicas. El agua de río es de gran importancia en el ciclo hidrológico global y para la fuente de agua al humano. Estas fuentes se dividen o se clasifican de la siguiente manera:

2.2.1 Agua atmosférica

El agua que de una manera natural se condensa y que constituye en gran parte la humedad de las nubes y que después precipita en forma de granizo, nieve y lluvia.

2.2.2 Agua superficial

Esta interfase se refiere a la cantidad de agua contenida en los lagos, ríos, pantanos, mares, lagunas, canales y océanos.

2.2.3 Agua subterráneas

Se refiere a que esta formada por manantiales, pozos pocos profundos y profundos, galerías de infiltración y acuíferos. En otras palabras se entiende que esta interfase se da en la acumulación de agua por medio de los poros del suelo o rocas que se saturan de agua.

2.3 Usos del agua

El agua es el recurso más abundante de la Tierra. Esta es una afirmación muy conocida por todos y se dice que el agua ocupa las dos terceras partes del planeta tierra.

El consumo doméstico alcanza aproximadamente el 10 por ciento y la industria el 21 por ciento. Además el agua es el mayor componente del cuerpo de todos los seres vivos. El uso del agua se puede clasificar en:

2.3.1 Uso humano o domestico

El consumo doméstico alcanza aproximadamente el 10 por ciento de consumo en las actividades del que hacer cotidiano de las personas así como para las plantas y los animales. Expresan los diferentes usos en el hogar: beber, bañarse, cepillar los dientes, lavar la cabeza, preparar los alimentos, lavar las ropas, limpiar la casa, regar las plantas, fregar los platos, descargar el inodoro, lavar los automóviles, etc.

2.3.2 Uso industrial

Es utilizada en proceso de plantas industriales como materia prima hasta un producto terminado para su comercialización. A nivel industrial esta presente y se utiliza como materia prima, generación de vapor por medio de calderas, lavado, intercambiadores de calor, refrigerantes, refrigeración, calefacción en procesos térmicos, destilerías de petróleo, refinerías, industrias petroquímicas, mataderos, curtiembres, lavaderos de lana, industrias lácteas etc...

2.3.3 Uso público

Es el agua que se consume en lugares públicos, bebedores, oasis, para mantener en los sistemas contra incendios de cualquier entidad pública, fuentes e higiene para toda una población.

2.3.4 Uso Agrícola

La agricultura es obviamente el sector que consume más agua, representando globalmente alrededor del 69 por ciento de toda la extracción. El riego consume la mayor parte del agua que se extrae (frecuentemente la mitad o más) como resultado de la evaporación, incorporación a los tejidos de las plantas y transpiración de los cultivos. La otra mitad recarga el agua subterránea, fluye superficialmente o se pierde como evaporación no productiva.

2.3.5 Uso recreativo

Deportes acuáticos, peceras, duchas y balnearios, etc....

2.4 Análisis para el consumo humano

2.4.1 Aspectos Generales

El agua que se analizara o investigara deberá de ser clasificada, si es necesario se somete a un tratamiento especial donde deberá de aplicársele antes de distribuirse. Este tipo de tratamiento pueden ser para determinar según los resultados de las pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas si es apta para el consumo humano. Regularmente las investigaciones sanitarias revelan si el agua se produce en las condiciones estipuladas y si varían, dependiendo del lugar donde se encuentre instalado el sistema de dosificación.

Las cuales son:

Inspección de las operaciones de la planta purificadora, dosificadores y la construcción del pozo.

Inspección de la fuente sin tratar y las condiciones que influyen en su calidad.

Inspección del mecanismo para la distribución del líquido a los consumidores.

La potabilidad del agua solo puede determinarse por medio de las pruebas físicas, químicas y bacteriológicas de la misma.

El término calidad de agua está vinculado con aquellas características físicas, químicas y biológicas, por medio de las cuales pueden determinarse si el agua es adecuada para el uso o consumo por el hombre, por muy bajo que sea el grado de claridad o turbiedad, de dureza o suavidad; ningún agua que haya sido contaminada por aguas residuales o materias fecales podrá considerarse como de buena calidad.

El agua libre de microorganismos patógenos y sustancias químicas perjudiciales para la salud se denomina potable y la contaminada como aquellas aguas negras, aguas residuales, aguas con desperdicios industriales se le denominan aguas contaminadas o aguas no potables, no obstante sus demás cualidades. Un agua caliente y corrosiva será de escasa utilidad para emplearse en la condensación de vapor. Un agua turbia es inaceptable para la fabricación de papel y el agua excesivamente dura no puede usarse en lavandería industriales por ejemplo.

La evaluación de la calidad del agua requiere de análisis a escala laboratorio, para luego comparar los resultados con los valores de las normas correspondientes, en este caso normas COGUANOR. El agua proporcionada por los servicios públicos para fines domésticos e industriales, debe cumplir ciertos requisitos fundamentales, tales como; clara, agradable al gusto, sin olor rechazable, no corrosiva, no formada de incrustaciones, libres de microorganismos patógenos.

2.5 Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos

Los análisis físicos y químicos determinan si el agua esta contaminada y proporcionan también otras informaciones útiles, mas sin embargo esta información no es suficiente para detectar aquellos pequeños grados de contaminación con aguas residuales o agua negras. Sin embargo, las pruebas bacteriológicas se han diseñado de manera que sean muy sensibles y específicas para revelar cualquier contaminación.

2.5.1 Análisis físicos

Este tipo de análisis se relaciona con la medición y registro de aquellas propiedades organolépticas que pueden ser observadas por los sentidos; para lo que se hace uso de ciertos parámetros que permiten tener un juicio acertado de la calidad del agua.

Estas características son las que más impresionan al consumidor, sin embargo, tienen menor importancia desde el punto de vista sanitario.

2.5.1.1 Color

El color en el agua es generalmente ocasionado por la extracción de la materia colorante derivado de hojas, semillas y otras sustancias similares en forma de humos desde los bosques o de la materia vegetal de los pantanos y áreas de poca profundidad y algunas veces es causado por la presencia de coloidales del hierro o magnesio combinado con materia orgánica y descargas de desechos industriales. El color verdadero del agua se debe a la presencia de materiales en solución, pero puede cambiar a un color aparente por el efecto de partículas que están en suspensión. Principalmente el color se encuentra en las aguas superficiales o en algunos pozos poco profundo y manantiales; las aguas de pozos profundos son incoloras. Lo contrario con las agua demasiado coloreadas que son de mayor uso a nivel industrial en algunos procesos y muy frecuentemente no son aptas para una medida de la eficiencia del proceso de la planta o alimentación en calderas.

2.5.1.2 Olor

Esta característica física se debe a pequeñas concentraciones de compuestos volátiles, algunas de los cuales se producen cuando se descomponen la materia orgánica. Algunos tipos de microorganismos y compuestos químicos volátiles. La intensidad y lo ofensivo de los olores varia con el tipo; algunas son a tierra y moho mientras que otros son putrefactos. En la mayoría de los casos los olores indeseables en las aguas superficiales son producidos por el plancton, dado que estos organismos desprenden pequeños vestigios de aceites esenciales volátiles que contribuyen a que el agua tenga olores dulzones y aromáticos.

Los olores desagradables convierten a las aguas en no aptas para muchos procesos industriales, y al mismo tiempo las vuelven intolerables en bebidas y productos alimenticios y se objetan también en materia prima como el papel, telas o textiles y otros procesos que el olor es básico para un producto terminado.

2.5.1.3 Temperatura

Termodinámicamente se considera como una medida de la energía térmica del movimiento desordenado de las moléculas en una sustancia en equilibrio térmico. La temperatura afecta directamente al consumidor, pero no es de gran importancia.

La temperatura tiene también efectos secundarios, mediante su influencia sobre la solubilidad del aire (oxígeno), que es la sustancia oxidante que influye mas comúnmente en la corrosión en cualquier dispositivo de equipo en la industrial. A nivel industrial el índice de corrosión tiende a aumentar conforme esta se eleva. Al igual que el pH del agua también se ve afectado cuando esta aumenta, lo que implica una aceleración de la disposición de hidrógenos atómicos sobre las áreas catódicas.

2.5.1.4 Turbidez

Es la medida de la opacidad del agua comparada con ciertos estándares establecidos o se debe a la dispersión de interferencias de los rayos luminosos que pasan a través de la misma como resultados de la presencia de materia orgánica e inorgánica finamente dividida.

La medida de la turbiedad es importante, ya que permite evaluar la eficiencia de los procesos de coagulación y filtración que realizan las plantas de tratamiento de agua. Cualquier impureza soluble finamente dividida en forma coloidal, cualquiera que sea su naturaleza, suspendida en el agua y que disminuya su claridad.

2.5.1.5 pH

Este significa potencial de hidrogeno y se define arbitrariamente y por comodidad como el logaritmo de base diez del inverso de la concentración del ion hidrogeno (H^+) y se emplea para expresar el comportamiento del ion Hidrogeno. La mayoría de las aguas naturales tiene un valor de pH 5.5-8.6 grados, en una escala de 14 grados, para la cual un pH de 7 en el agua refleja neutralidad. Y para un pH de 7 para arriba representa alcalinidad y lo contrario indica acidez. La alteración excesiva fuera de estos límites puede indicar contaminación del abastecimiento de agua por algún desecho de tipo industrial. Los limites máximos permisibles aceptables son 6.5 – 8.5 grados y limites máximos permisibles son 6.5- 9.2 grados.

2.5.1.6 Conductividad eléctrica del agua

La conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica. El agua pura, prácticamente no conduce la corriente, sin embargo el agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica. Los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente, y la cantidad conducida dependerá del número de iones presentes y de su movilidad. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad, este efecto continúa hasta que la solución está tan llena de iones que se restringe la libertad de movimiento y la conductividad puede disminuir en lugar de aumentar, dándose casos de dos diferentes concentraciones con la misma conductividad. Todos los valores de conductividad están referidos a una temperatura de referencia de 25 ° C.

2.5.2 Análisis químico

Mediante este análisis es posible determinar las cantidades de materia mineral y orgánica presentes en el agua y que pueden afectar su calidad. El análisis químico desde el punto de vista de la potabilidad del agua se hace por dos razones.

Para determinar si la concentración de los constituyentes químicos esta conforme a las normas y para determinar la presencia de productos del nitrógeno y relacionarlo con la contaminación de materia orgánica, amoniaco, nitritos (que indican oxidación bacteriana de la materia orgánica) y nitratos que indica que la materia orgánica ha sido mineralizada.

2.5.2.1 Cloruro

El cloro se utiliza muy ampliamente en aguas y drenajes, como agente oxidante y como desinfectante. Como agente oxidante se le emplea para el control de sabor olor y para la eliminación de color en el tratamiento de aguas municipales (oxidación de compuestos orgánicos); se utiliza para la oxidación de Fe(II) y Mn(II) en los suministros de aguas freáticas; en el tratamiento de aguas industriales se emplea para la oxidación

de cianuros en drenajes domésticos. Su uso incluye el control de olor, oxidación de sulfuros, eliminación de amoníaco y la desinfección. Como desinfectante se aplica en el tratamiento de aguas potables municipales y para la desinfección en aguas residuales. El cloro también se emplea para el control de lamas o incrustaciones biológicas, en aplicaciones de tratamiento de aguas industriales como son torres de enfriamiento y condensadores. El cloro también puede considerarse que interviene en la desinfección selectiva o exterminación selectiva, y se utiliza para el control de microorganismos filamentosos (voluminosos) en el tratamiento de aguas residuales con lodos activados. El cloro también tiene gran aplicación como desinfectante en piscinas.

La determinación de este parámetro es importante cuando se tiene un conocimiento en el agua de un abastecimiento, ya que cuando el agua aparece contaminada estos tienden a estar en exceso. Este puede ser indicio de contaminación por excretas humanas o, particularmente, por la orina, que contiene cloruros en proporción aproximada a la consumida en la alimentación.

2.5.2.2 Cloro residual

Si se fuese a adicionar a una agua una cantidad conocida de cualquiera de las formas del cloro y después de cierto intervalo de tiempo (tiempo de contacto) se analizara el agua para determinar al cloro (el cloro residual), se encontraría menos cloro presente que el que se adiciono. Se dice que el agua tiene una demanda de cloro después de cierto tiempo de contacto. El cloro no es solo un poderoso desinfectante, si no que también satisface otras necesidades en la plantas potabilizadoras de agua. Puede reaccionar como amoníaco, hierro, manganesito, sustancias proteicas, sulfuros y algunas sustancias productoras de sabores y olores mejorando las características del agua potabilizada.

Cuando se realiza el proceso de desinfección por medio de cloro es posible obtener en el agua dos formas por medio de las cuales se manifiesta el residual de coloro disponible o activo en el agua. Estas formas son:

2.5.2.2.1 Cloro residual libre disponible

Este tipo de residual se obtiene cuando el agua se clora íntegramente; es decir cuando la aplicación del cloro al agua es para producir directamente o mediante la destrucción del amoníaco presente en el agua, un residual de cloro libre.

2.5.2.2.2 Cloruro residual combinado disponible

Este residual se obtiene cuando el cloro se aplica al agua con la finalidad de producir conjuntamente con el amoníaco ya presente en el agua o agregado, un residual activo combinado. Este también es regularmente más efectivo y más rápido en su acción bactericida que el cloro residual combinado disponible. Esto se debe a que el cloro residual combinado se encuentra presente en las formas de monocloramina (NH_2Cl), dicloramina (NHCl_2) y tricloramina (NCl_3) que actúan como agentes oxidantes menos activos y más lentos en su acción.

2.5.2.3 Fluoruro

Estos pueden presentarse en forma natural en el agua subterránea o superficial. El fluor en las aguas procede de los minerales fluorados, como la fluorina (CaF_2) la criolita, el fluorapatito. En las aguas que se utilizan para consumo humano se mantiene un nivel de 1.0mg/L de fluoruros para prevenir la caries dental, ya que puede producir en el esmalte de los dientes unas motas colorantes en amarillo, y son especialmente sensibles a las dentaduras de niños.

2.5.2.4 Sulfatos

Estos se encuentran en el agua natural en un amplio rango de concentraciones. Las aguas provenientes de minas o efluentes industriales frecuentemente contienen altas concentraciones de sulfato debido a la oxidación de la pirita y el uso del ácido sulfúrico. La presencia en exceso de sulfatos en el agua de suministro público obra como purgante, es decir, tiene efectos laxantes. Se tienen efectos corrosivos en los materiales que regularmente se usan en la fabricación de tuberías y piezas de equipo.

2.5.2.5 Nitrógeno

Nitrato (NO_3) es un compuesto de nitrógeno y oxígeno y se encuentra en muchas de las comidas que se consumen diariamente. Generalmente es baja su concentración en el agua subterránea. Es de la comida, más que del agua, de donde los adultos obtienen la mayor parte de nitrato. El agua que se bebe contribuye solamente con una muy baja cantidad del total de nitrato que el organismo recibe.

Aunque son bajos los niveles de nitrato que naturalmente ocurren en el agua, algunas veces se encuentran niveles altos que son muy peligrosos para infantes, que es una norma nacional obligatoria de 10 mg/L para los abastecimientos públicos.

Este análisis del nitrógeno en las formas de albuminoideo, amoníaco, nitritos y nitratos, se ha efectuado en aguas potables y polucionadas desde que se tiene conocimiento que el agua era un vehículo para la transmisión de enfermedades. La determinación del nitrógeno en sus diversas formas sirvió de base para juzgar la calidad del agua durante mucho tiempo. Es bien importante de controlar su concentración dentro del agua ya que cuando esta afuera de los límites existe la posibilidad de reducirse a nitrito.

2.5.2.6 Hierro Total

2.5.2.6.1 Hierro

La presencia de hierro es un problema de calidad del agua muy común, especialmente en aguas de pozos profundos. El agua que contiene cantidades pequeñas de hierro puede parecer clara cuando extraída, pero podrá rápidamente tornarse roja, después de su exposición al aire. Este proceso es denominado oxidación, y envuelve la conversión de hierro disuelto (ferroso), que es altamente soluble, en hierro precipitado (férrico), que es muy insoluble.

La concentración de hierro es medida en ppm o mg/l. La coloración en general se transforma en problema cuando la concentración es mayor que 0.3 ppm. La remoción puede ser hecha por medio de intercambio iónico (ablandador) o por oxidación/filtración. No se sabe de algún efecto que perjudique a la salud por tomar agua que contenga hierro, aunque en cantidades excesivas causa manchas en la ropa o utensilios de porcelana, provoca depósitos y proliferación, de color y turbiedad al agua, produce sabores metálicos y en general le da un aspecto desagradable e inapropiada para ciertos usos.

2.5.2.7 Alcalinidad

La alcalinidad significa la capacidad tapón del agua; la capacidad del agua de neutralizar. Evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básico o ácido. Es también añadir carbón al agua. La alcalinidad estabiliza el agua en los niveles del pH alrededor de 7. Sin embargo, cuando la acidez es alta en el agua la alcalinidad disminuye, puede causar condiciones dañinas para la vida acuática. En química del agua la alcalinidad se expresa en ppm o en mg/L de carbonato equivalente del calcio. La alcalinidad total del agua es la suma de las tres clases de alcalinidad; alcalinidad del carbonato, del bicarbonato y del hidróxido. La determinación de la alcalinidad no tiene importancia directa desde el punto de vista sanitario, pero es importante considerarla

cuando se relaciona a los proceso de coagulación y corrección del poder corrosivo del agua.

2.5.2.8 Plomo

Aunque se ha venido utilizando en numerosos productos para el consumidor, el plomo es un metal tóxico y ahora se sabe que es peligroso para la salud de los humanos si se inhala o ingiere. Las fuentes del plomo más importantes son: el aire ambiente, la tierra y el polvo (dentro y fuera de la casa), los alimentos (que pueden estar contaminados del plomo en el aire o en los envases) y el agua (debido a la corrosión en las tuberías). Por término medio, se calcula que el plomo en el agua potable contribuye del 10 al 20 por ciento a que los niños entren en contacto con este metal.

En los últimos años, los controles del Gobierno federal con relación al plomo en la gasolina ha reducido significativamente que las personas estén expuestas a este metal. El grado del daño que causa depende de la cantidad a la que se esté expuesto (considerando todas las fuentes). Los efectos conocidos varían de cambios bioquímicos leves si el grado de exposición es bajo, a problemas neurológicos graves e intoxicación (o incluso la muerte) si el nivel de contacto es extremadamente alto.

2.5.2.9 Manganeso

Este elemento es el mas difícil de hallar en el agua que el hierro, pero es mas dañino para los procesos industriales. En aguas claras de pozos profundos, usualmente se encuentran en forma de bicarbonato manganeso, junto con bicarbonato ferroso. Las bacterias que metabolizan el manganeso originan limos de color negro y se desarrollan de tan manera abundante que ejercen acción de taponamiento en los sistemas de conducción.

2.5.2.10 Yodo

Elemento no metálico, símbolo I, número atómico 53, masa atómica relativa 126.904, el más pesado de los halógenos (halogenuros) que se encuentran en la naturaleza. En condiciones normales, el yodo es un sólido negro, lustroso, y volátil; recibe su nombre por su vapor de color violeta. El yodo se encuentra con profusión, aunque rara vez en alta concentración y nunca en forma elemental. A pesar de la baja concentración del yodo en el agua marina, cierta especie de alga puede extraer y acumular el elemento. En la forma de yodato de calcio,

2.5.3 Análisis Bacteriológico

El agua debe estar exenta de gérmenes patógenos de origen enterico y parasitario intestinal, que son los que pueden transmitir enfermedades. Las enfermedades infecciosas causadas por bacterias, virus o protozoarios patógenos son el riesgo para la salud común y difundido que lleva consigo el agua bebida. El agua tratada o sin tratar que circula por un sistema de distribución no debe contener ningún microorganismo que pueda ser de origen fecal. Los principales organismos indicadores de contaminación fecal son : Escherichia Coli, las bacterias termorresistentes y otras bacterias coliformes, los estreptococos fecales y las esporas de clostridia reductores del sulfito. La presencia de gérmenes del grupo coliforme definido como a continuación se indica, ha de considerarse como un indicio de contaminación fecal más o menos reciente. La presencia de Escherichia Coli debe considerarse como indicio seguro de contaminación fecal reciente y, por tanto, peligrosa que exige la aplicación de medidas urgentes.

2.5.3.1 Examen Microbiológico

El agua que circula por un sistema de distribución debe de ser previamente tratada para que no contenga ningún microorganismo que pueda ser de origen fecal. Las enfermedades infecciosas causadas por bacterias, virus o protozoarios patógenos o por parásitos son el riesgo para la salud más común y difundido que lleve consigo el agua que usualmente bebemos.

El objetivo primordial de los exámenes que se suelen practicar al agua es determinar si contiene organismos patógenos; pero existen ciertas razones por las cuales no son detectados. Lo más probable es que los gérmenes patógenos lleguen al agua esporádicamente y no sobrevive en ella durante largo tiempo; por ende, pueden no encontrarse en la muestra enviada al laboratorio. Si existen en muy pequeño número es fácil que escapen a las técnicas de investigación.

Los principales microorganismos indicadores de contaminación fecal son: Escherichia Coli, las bacterias termorresistentes y otras bacterias coliformes, los estreptococos fecales y las esporas de clostridia reductoras de sulfito. La presencia de Escherichia Coli debe considerarse como indicio seguro de contaminación fecal reciente y, por tanto, peligrosa que exige la aplicación de medidas urgentes.

2.5.3.2 Características de Grupo Coliforme

Bacilos aeróbicos o anaeróbicos facultativos

No esporulados

Gram. - negativos

Fermentan la lactosa con producción de ácido y gas de 24 a 28 horas a las temperaturas siguientes.

35 + / - 0.2a.C. para el grupo coliforme total

45 + / - 0.5a.C. para el grupo coliforme fecal

Para la investigación del grupo coliforme se utilizara el método de los tubos de fermentación por diluciones múltiples, se realizaran las siguientes pruebas normales.

2.5.3.2.1 Prueba Presuntiva

Básicamente consiste sembrar volúmenes apropiados de la muestra de agua en tubos con un medio de cultivo de caldo lactosado y observar si se produce gas después de un periodo de incubación de 24-28 horas a 35.0C. La ausencia de gas después de 48 horas es prueba de que no existen bacterias coliformes en las muestras analizadas y constituye una prueba negativa -. La presencia de gas en los tubos de caldo lactosado constituye una prueba positiva + pero no necesariamente confirma la presencia de coliformes, ya que existe la posibilidad que la formación de gas se deba a otro tipo de microorganismo que no constituyen índices de polución, y para ello es necesario que se lleve a cabo la prueba confirmativa.

2.5.3.2.2 Prueba Confirmativa

Básicamente consiste en inocular todos los tubos que den un resultado positivo en la prueba presuntiva, en un medio de cultivo adecuado que depende del grupo coliforme a investigar. Las condiciones en las cuales se llevan a cabo estas determinaciones, se pueden observar en las características del grupo coliforme descritas anteriormente. Al igual que la prueba presuntiva, la ausencia de gas después del período de incubación constituye una prueba negativa y la presencia de gas una prueba positiva, lo que confirma la presencia del grupo coliforme que se haya investigado.

2.6 Expresión de Resultados

Estos resultados se basan en leyes probabilísticas, por medio del método de los tubos de fermentación en diluciones múltiples. Los resultados se expresan por medio de un índice denominado Numero Mas Probable (NMP) / 100cm³. Este método NMP es un índice del numero mas probable de bacterias coliformes, totales o fecales, que tienen mas probabilidades de ocurrir sobre cualquier otro numero en los resultados obtenidos por medio del examen bacteriológico.

Los cálculos del índice se hacen en dos supuestos:

- a.- Que los gérmenes estén repartidos al azar en el agua
- b.- Que se obtenga una reacción positiva solo si la porción de agua analizada contiene uno o más gérmenes.

2.7 Reglamentos para la calidad del agua potable

El reglamento define la contaminación del agua como una alteración de las características físicas, químicas, biológicas o radioactivas de un cuerpo de agua, directa o indirectamente de forma que se afecte el disfrute de la vida o propiedad o que viole los estándares de calidad y su objetivo es establecer los niveles adecuados o máximos que deben tener aquellos componentes del agua que puedan representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento de agua.

2.7.1 Norma Coguanor NGO 29001

El control de calidad del agua es una de las tareas más importante, entre las que se destacan: exámenes bacteriológicos, físico químicos parcial, físico químico sanitario, físico químico especial y análisis de desechos líquidos. Para tales efectos se llevan a cabo exámenes bacteriológicos y de análisis físico-químicos cuyos resultados se comparan con la norma COGUANOR NGO 29001 del Ministerio de Economía. Estos a su vez, tienen asociados valores cualitativos y cuantitativos, que deben estar comprendidos entre los límites que el estudio y la experiencia han encontrado necesario y tolerante, para el consumo humano de la población; las cuales, en su mayoría han sido establecidos por normas.

En Guatemala han sido escritas todas estas normas y son publicadas por la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR del ministerio de economía, y las denominan NORMAS COGUANOR NGO 29001 que son especificaciones para agua de consumo humano. NGO se refiere a Norma Guatemalteca Obligatoria.

Para las concentraciones de sales y para los datos físicos como color, olor, turbiedad y color, existen dos valores que definen los estos limites máximos de concentración, los cuales se les denominan: LIMITES MAXIMO PERMISIBLE (LMP) Y LIMITE MAXIMO ACEPTABLE (LMA).

El LMP: se le conoce como el limite que esta arriba del cual es el valor de cualquier característica de calidad del agua que indica que el agua no es adecuada para el consumo humano.

El LMA: se le conoce como el limite que se encuentra arriba del cual el valor de cualquier característica de calidad del agua indica que pasa a ser rechazable o no es apta para el consumo humano, *pero no implica dañosa a la salud del mismos.*

2.8 Procedimientos para tratar aguas contaminadas

El tipo de fuente u origen del agua es necesario saber para establecer o decidir que proceso de tratamiento se utilizara o instalara en una región determinada. La intensidad del tratamiento dependerá del grado de contaminación se presenta en la fuente de origen. En caso se encuentre contaminada, es especialmente importante que el proceso o el tratamiento que se aplique se instalen múltiples barreras a difusión del organismos patógenos, garantizando un alto grado de protección.

2.8.1 Fuentes de agua subterráneas

El agua subterránea esta constituida por manantiales, pozos poco profundos, galerías de infiltración y pozos profundos. En ciertas regiones, existen estratos de materiales permeables que afloran a la superficie e inmediatamente debajo de ella para después hundirse formando un declive, haciéndose mas profundo a medida que aumenta la distancia de la afloración. Las aguas subterráneas son claras, frías, sin color y más duras que el agua de superficie en la región en la cual se encuentran. En las formaciones, las aguas subterráneas son muy duras y, relativamente no corrosivas, mientras que en las formaciones graníticas, son suaves, con bajo contenido de minerales disueltos, un contenido relativamente alto de dióxido de carbono libre y son muy corrosivas.

Conclusión; el tratamiento del agua es proteger al consumidor contra los agentes patógenos y las impurezas que puedan resultarle desagradables o ser perjudiciales para su salud. Los tratamientos recomendados para distintas fuentes, tiene como fin obtener agua con un riesgo insignificante de causar enfermedades.

2.8.2 Fuentes y aguas superficiales

Pozos profundos protegidos que son esencialmente libres de contaminación fecal: se recomienda un tratamiento de desinfección.

Pozos superficiales no protegidos que presenta contaminación fecal: se recomienda filtración y desinfección para un apto tratamiento.

2.8.2.1 Aguas superficiales

Aguas embalsadas protegidas en tierras altas, no protegidas, contaminación fecal: se recomienda filtración y desinfección.

Aguas embalsadas protegidas en tierras altas, esencialmente libres de contaminación fecal:

desinfección

Cuenca hidrográfica no protegida, contaminación fecal: se recomienda no usarla en abastecimiento de agua potable.

Cuenca hidrográfica no protegida, contaminación fecal considerable: se recomienda desinfección previa o almacenamiento, filtración y desinfección.

Ríos no protegidos en tierras bajas, contaminación fecal: se recomienda desinfección previa o almacenamiento, filtración y desinfección.

2.8.2.2 Agua Dura

Se denomina agua dura simplemente quiere decir que contiene mas minerales que agua normal. Hay especialmente minerales de calcio y magnesio. El grado de dureza de un agua aumenta, cuanto mas calcio y magnesio hay disuelto. Magnesio y calcio son iones positivamente cargados. Debido a su presencia, otros iones cargados positivamente se disolverán menos fácil en el agua dura que en el agua que no contiene calcio y magnesio. Esta es la causa de hecho de que el jabón realmente no se disuelva en agua dura.

En muchos procesos industriales, tales como la preparación de agua potable, en cervecería y en sodas, pero también para el agua de refrigeración y de alimentación de la caldera del agua es muy importante.

2.8.2.3 Agua Blanda

Cuando el agua contiene una cantidad significativa de calcio y magnesio, es llamada agua dura. El agua dura es conocida por taponar las tuberías y complicar la discusión de detergentes en agua. El ablandamiento del agua es una técnica que sirve para eliminar los iones que hacen a un agua ser dura, en la mayoría de los casos iones de calcio y magnesio. En algunos casos iones de hierro también causan dureza del agua. Iones de hierro pueden también ser eliminados durante el proceso de ablandamiento. El mejor camino para ablandar un agua es usar una unidad de ablandamiento de aguas y conectarla directamente con el suministro de agua. Un ablandador de agua es una unidad que se utiliza para ablandar el agua, eliminado los minerales que hacen a dicha

agua ser dura.

2.8.2.4 Contaminación

La contaminación es, sin duda, un grave problema ambiental en todo el mundo. Esta es originada por las descargas de desechos contaminantes al agua, al aire, o al suelo causadas por muchas actividades domésticas e industriales. Entre éstas destacamos a las industrias, el tráfico automotor, la inadecuada explotación de petróleo y de minerales, el uso de pesticidas y fertilizantes, las técnicas inadecuadas de pesca (por ejemplo usar dinamita), la construcción de carreteras u otras obras civiles, los botaderos de basura entre tantas otras. El ruido es también una forma de contaminación y está relacionado con todos los otros problemas.

2.8.3 Filtración

El problema general de la separación de partículas sólidas de líquido se puede resolver usando gran diversidad de métodos, dependientes del tipo de sólidos, de la proporción de sólidos a líquidos en la mezcla, de la viscosidad de la solución y otros factores. En la filtración se establece una diferencia de presión que hace que el fluido fluya a través de poros pequeños que impidan el paso, de las partículas sólidas las que a su vez, se acumulan sobre la tela como torta porosa. Mas sin embargo esta acción sola puede no dar una clarificación completa.

2.8.3.1 Filtración Mecánica

Es la retención y consecuente remoción de materiales en partículas, principalmente de origen orgánico. Este proceso es importante para mantener la claridad del agua y reducir la materia orgánica biodegradable (MOB) en el sistema.

2.8.3.2 Filtración Química

Se refiere a un amplio conjunto que incluye el uso de gránulos de carbón activado, separación de proteínas u ozonificación para remover carbonos orgánicos disueltos en el agua.

2.8.4 Ozono

Entre los 19 y los 23 kilómetros por sobre la superficie terrestre, en la estratosfera, un delgado escudo de gas, la capa de ozono, rodea a la Tierra y la protege de los peligrosos rayos del sol. El ozono se produce mediante el efecto de la luz solar sobre el oxígeno y es la única sustancia en la atmósfera que puede absorber la dañina radiación ultravioleta (UV-B) proveniente del sol. Este delgado escudo hace posible la vida en la tierra.

2.8.4.1 Ozonificadores

El ozono, O₃, es una forma alotrópica del oxígeno producido mediante el paso de oxígeno o aire seco a través de una descarga eléctrica de 5,000 - 20,000 V, 50 - 500 hz, con un consumo energético de 10 - 25kwh / kg de O₃. Es un gas azul, muy tóxico e inestable, con olor picante de heno recién segado, y uno de los más potentes germicidas usados en tratamiento de agua. Las ventajas del ozono radican en su alta efectividad germicida, su habilidad para remover muchos problemas de color, olor y sabor.

2.8.5 Desinfección

Es todo tratamiento del agua que elimine o inactive gérmenes infecciosos para evitar enfermedades hídricas. También su propósito primario es la eliminación de microorganismos, generalmente por adición de cloro en procesos de potabilización y la destrucción de la mayoría (pero no necesariamente la totalidad) de los microorganismos perjudiciales o indeseables mediante el uso de compuestos químicos, calor, luz ultravioleta.

2.8.5.1 Cloro como Desinfectante

Ha sido usado como desinfectante para el control de microorganismos en aguas de consumo, aguas residuales, piscinas, lodos, etc.. así como oxidantes para la oxidación de hierro y manganeso; para control de olores y sabores, oxidación de sulfuros, remoción de amoníaco y color orgánico y oxidación de cianuros., así como el ácido hipocloroso es indudablemente el más activo.

Este elemento tiene la característica de ser un agente oxidante poderoso, altamente corrosivo en solución y en concentraciones que son insaboras e inocuas para consumo humano deja un residual en solución.

- ◆ Entrevista con Ing. Orlando A Herrarte, Ing. Civil. Ing. En Salud Pública y Sanitaria Ambiental. Para servicios básicos de calidad, según lo reza y requiere el código Municipal, La ley del Ambiente y de los Recursos Naturales y el código de Salud.

3.3 Recursos Físicos

Todo material y servicios a utilizar son aprobados y seleccionados por la ley del ambiente y código de salud, así mismo Normas COGUANOR NGO 29001 para control y vigilancia de la calidad sanitaria del agua.

3.4 Metodología Experimental

3.4.1 Selección de área de muestreo

Se hizo en base a los objetivos planteados en este informe. Se estudiarán diez pozos de la cabecera municipal, del Puerto San José, del departamento de Escuintla., en los cuales distribuye en gran parte al casco urbano del municipio. De esta forma se recolectarán muestras representativas para resultados útiles.

3.5 Periodicidad de Muestreo

Para cada garita o sitio de muestreo se recolectaran dos muestras para análisis fisicoquímico y bacteriológico respectivamente. Este procedimiento se repetirá diez veces para cada pozo, haciendo un total de diez semanas.

3.6 Tipo de muestras Método

3.6.1 Físico-químicas

Se recolectaran muestras con recipientes de cristal de 3.0lt de capacidad, previamente esterilizados y tapados con papel y amarrados con cinta especial, para posteriormente determinar la temperatura y cloro residual. Antes de tomar la muestra se

lava el recipiente tres veces y se llena a su capacidad previamente identificado, procediendo a anotar los datos del lugar, hora y temperatura. Luego, se trasladara en refrigeración, al Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del ministerio de salud publica, para determinar los parámetros físicos y químicos.

3.6.2 Examen Bacteriológico

Se recolectaran las muestras en envase de 3.0lt de capacidad con tapón esmerilado, que se será esterilizado previamente en un horno a una temperatura aproximada de 160 celcius, durante media hora y se cubre con una capucha como protección elaborada con papel kraft. En los lugares donde se muestreara se practicara la técnica de flamenco con mechero de alcohol para evitar una contaminación ajena a la muestra de agua y así evitar muestras no representativas.

3.7 Métodos y análisis que se deberán de realizar

3.7.1 Análisis físico

Olor

Turbiedad

Color

Temperatura

PH

Conductividad eléctrica

3.7.2 Análisis Químico

Cloruro

Fluoruro

Nitratos

Nitritos

Sulfatos

Hierro total

Dureza total

Cloro residual

Sólidos totales disueltos

Alcalinidad parcial y total

3.7.3 Examen bacteriológico

Prueba presuntiva

Prueba confirmativa

Recuento total y fecal

Los métodos de examen y análisis que se realizaran en cada muestra para obtener resultados y características físicas, químicas y bacteriológicas son recomendadas y aceptadas por COGUANOR NGO 29001 vigente y Standard Método for the Examination of Water and Wastewater.

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos a través de los análisis de la calidad de agua realizados en los diferentes sitios de muestreo, se presentan a continuación con su respectivo gráfico.

Tabla I Resultados

Figura 1	Comportamiento de la temperatura en función del tiempo para los diez pozos.
Figura 2	Comportamiento de color como función del tiempo para el agua de los pozos
Figura 3	Comportamiento de la turbiedad del agua como función del tiempo
Figura 4	Comportamiento de la conductividad eléctrica como función del tiempo
Figura 5	Comportamiento del pH como función del tiempo
Figura 6	Comportamiento de la concentración de sólidos disueltos en función del tiempo
Figura 7	Comportamiento de la concentración del cloro residual como función del tiempo
Figura 8	Comportamiento de la alcalinidad total como función del tiempo
Figura 9	Comportamiento de dureza total como función del tiempo
Figura 10	Comportamiento de la concentración de cloruro como función del tiempo
Figura 11	Comportamiento de la concentración de fluoruro como función del tiempo
Figura 12	Comportamiento de la concentración de nitrato como función del tiempo
Figura 13	Comportamiento de la concentración de nitrito como función del tiempo
Figura 14	Comportamiento de la concentración de hierro total como función del tiempo
Figura 15	Comportamiento de la concentración de sulfato como función del tiempo
Figura 16	Resultados del examen bacteriológico del numero mas probable para recuento de coliforme totales en función del tiempo
Figura 17	Resultados del examen bacteriológico para el numero mas probable para recuento de coliformes fecales en función del tiempo.

DESCRIPCIÓN DE LOS POZOS ANALIZADOS

- Pozo No.1 (Pozo Aldea Pénate I)
- Pozo No.2 (Pozo Aldea Pénate II)
- Pozo No.3 (Pozo Escuela de Niñas)
- Pozo No.4 (Pozo Aldea calle La Esso)
- Pozo No.5 (Pozo Aldea Santa Rosa o El Tamarindo)
- Pozo No.6 (Pozo la 9ª Calle el Cerrito)
- Pozo No.7 (Pozo barrio el Progreso)
- Pozo No.8 (Pozo Fegua)
- Pozo No.9 (Pozo Miramar I)
- Pozo No.10 (Pozo Miramar II)

APENDICE I

Resultados de los analisis fisicos, quimicos y bacteriologicos realizados a die

Pozo 1 Aldea Pénate 1
Pozo 2 Aldea Pénate 2
Pozo 3 Colonia Arevalo

Pozo 6 Barrio el Cerrito
Pozo 7 El Progreso
Pozo 8 Barrio Laberinto

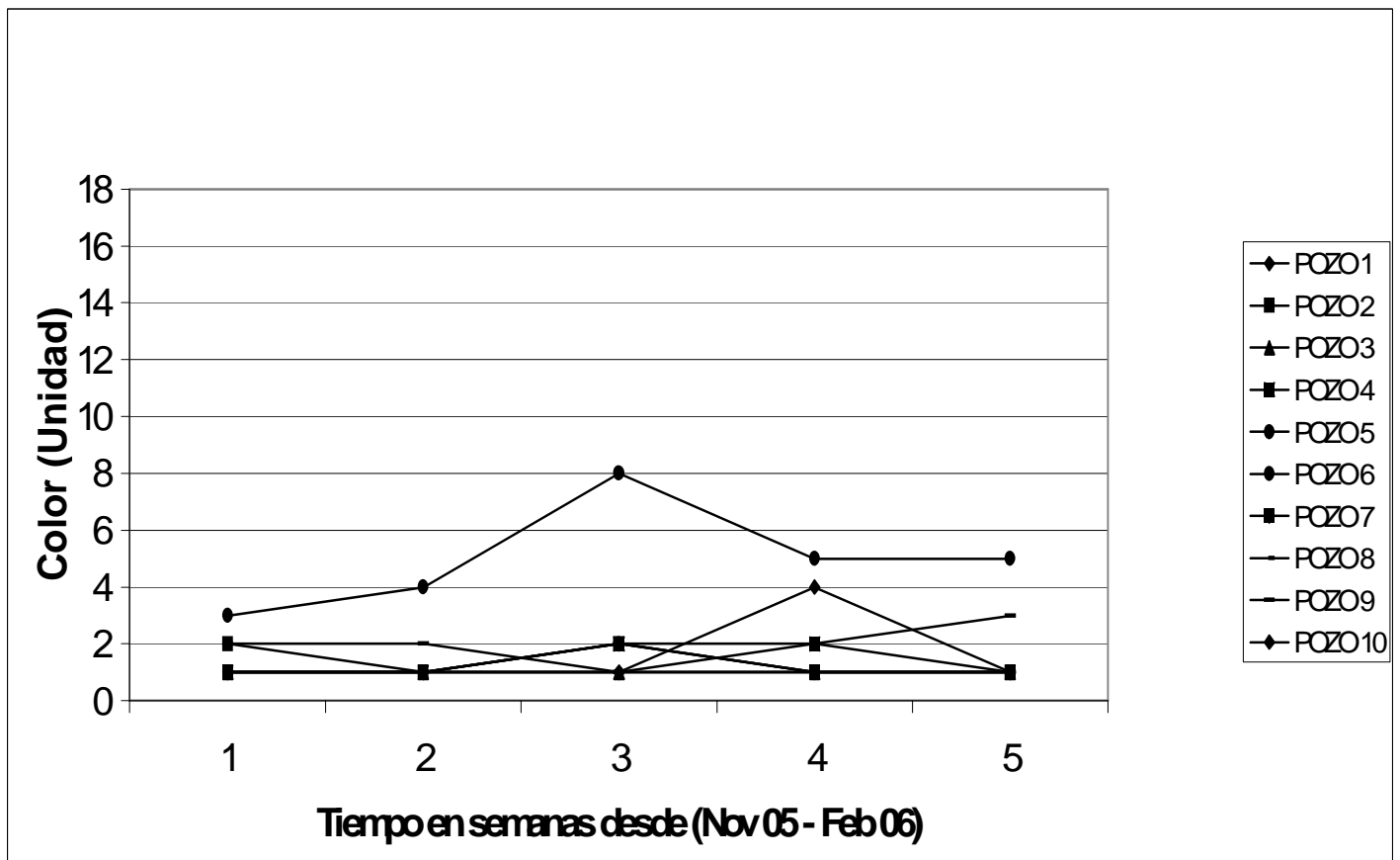
Pozo 1 Aldea Pénate 1
 Pozo 2 Aldea Pénate 2
 Pozo 3 Colonia Arevalo
 Pozo 4 Aldea La Esso
 Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 6 Barrio el Cerrito
 Pozo 7 El Progreso
 Pozo 8 Barrio Laberinto
 Pozo 9 Barrio Miramar 1
 Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla III Parámetro de la Color (Unidad)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	1	2	1	1	1	3	1	1	2	1
2	1	1	1	1	1	4	1	1	2	1
3	1	2	1	2	2	8	2	1	1	1
4	1	1	1	2	1	5	1	1	2	4
5	1	1	1	1	1	5	1	1	3	1

Figura 2 Comportamiento de color como función del tiempo



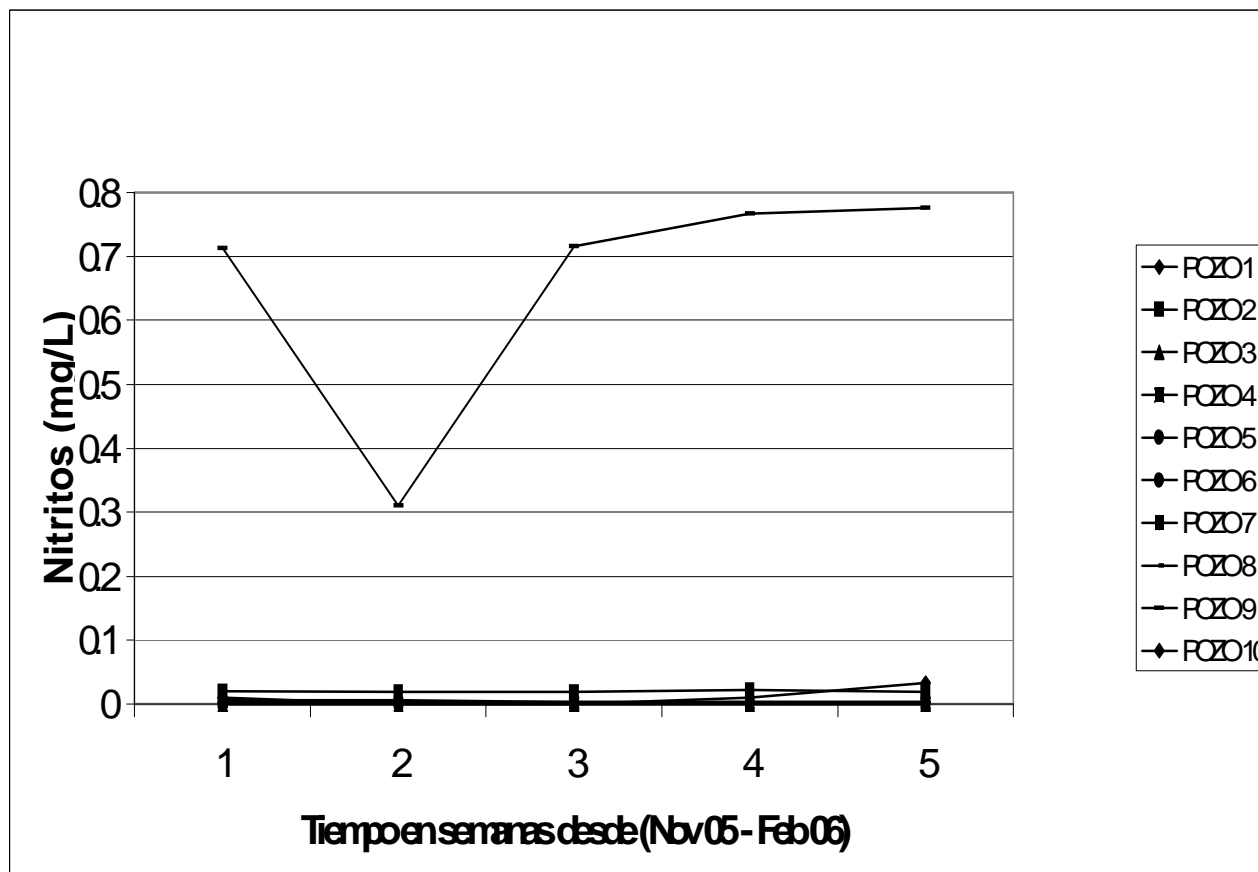
Pozo1 Aldea Pénate 1
 Pozo2 Aldea Pénate 2
 Pozo3 Colonia Arevalo
 Pozo4 Aldea La Esso
 Pozo5 Aldea Santa Rosa

Pozo6 Barrio el Cerro
 Pozo7 El Progreso
 Pozo8 Barrio Laberinto
 Pozo9 Barrio Miramar 1
 Pozo10 Barrio Miramar 2

Tabla XIV Parámetro de nitritos (mg/L)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	0.003	0.02	0.006	0	0.007	0	0	0.0033	0.713	0.01
2	0.003	0.019	0.006	0	0.003	0	0	0.0033	0.31	0
3	0.003	0.019	0.003	0	0.003	0	0	0.0033	0.716	0
4	0.003	0.022	0.003	0	0.003	0	0	0.0033	0.767	0.01
5	0.003	0.019	0.003	0	0.003	0	0	0.0033	0.776	0.033

Figura 13 Comportamiento de la concentración de nitritos en función del tiempo



Pozo2 AlcaPéate2

Pozo7 El Progreso

Pozo3 CdriaAvelo

Pozo8 BarrioLaberinto

Pozo4 AlcaLaEsso

Pozo9 BarrioMiramar 1

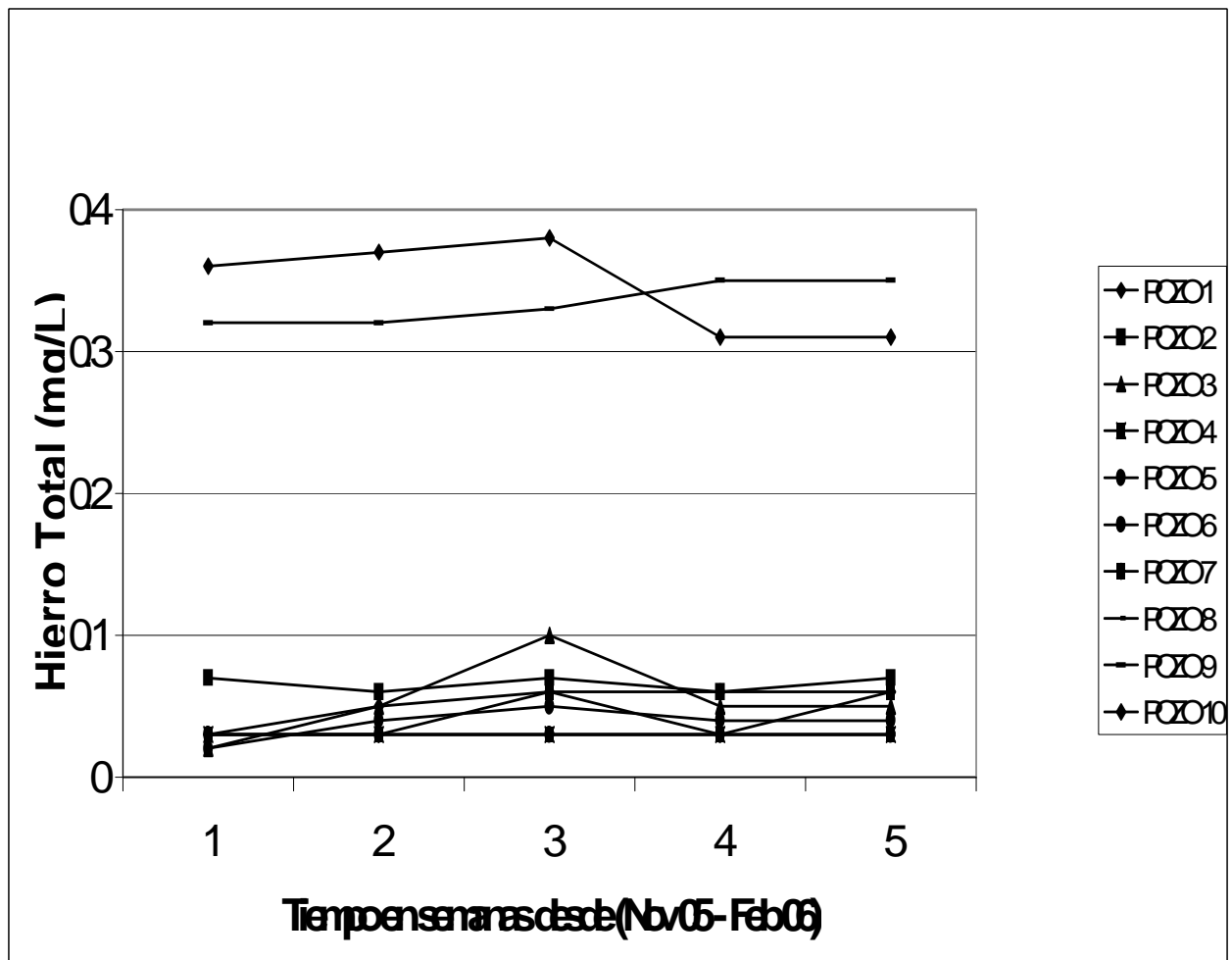
Pozo5 AlcaSantaRosa

Pozo10 BarrioMiramar 2

TablaXV Parámetrodehierrototal (ng/L)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	003	007	002	003	002	003	003	003	032	036
2	005	006	005	003	004	003	003	003	032	037
3	006	007	01	003	005	003	006	003	033	038
4	006	006	005	003	004	003	003	003	035	031
5	006	007	005	003	004	003	006	003	035	031

Figura14 Comportamiento de la concentración de hierro total en función del tiempo



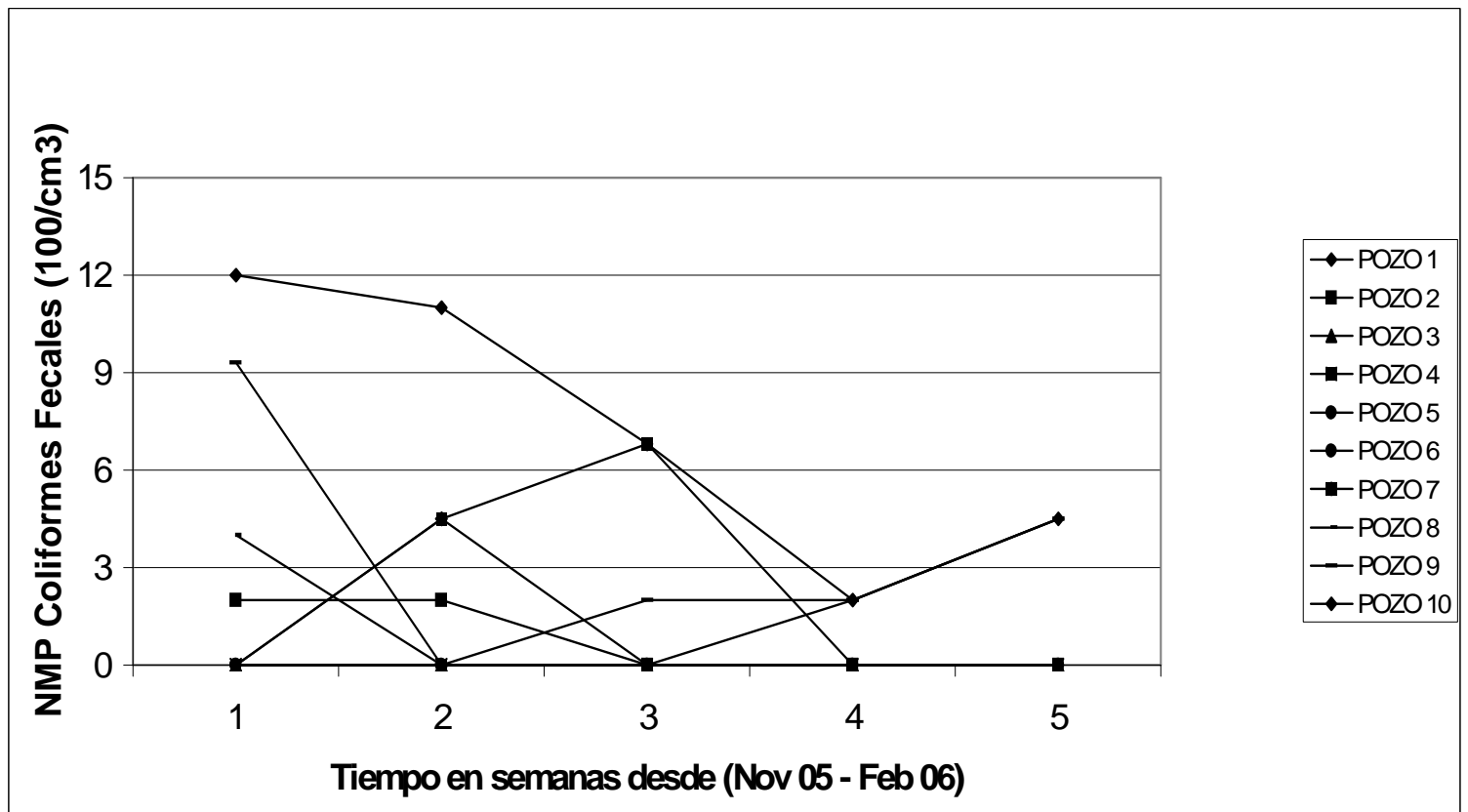
Pozo 1 Aldea Pénate 1
 Pozo 2 Aldea Pénate 2
 Pozo 3 Colonia Arevalo
 Pozo 4 Aldea La Esso
 Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 6 Barrio el Cerrito
 Pozo 7 El Progreso
 Pozo 8 Barrio Laberinto
 Pozo 9 Barrio Miramar 1
 Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla XVII Parámetro del NMP de coliformes fecales (100/cm³)

Semana	POZO 1	POZO 2	POZO 3	POZO 4	POZO 5	POZO 6	POZO 7	POZO 8	POZO 9	POZO 10
1	0	2	0	0	0	0	0	4	9.3	12
2	4.5	2	0	0	0	0	4.5	0	0	11
3	0	0	0	0	0	0	6.8	0	2	6.8
4	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
5	0	0	0	0	0	0	0	4.5	4.5	4.5

Figura 16 Comportamiento del NMP de coliformes fecales en función del tiempo



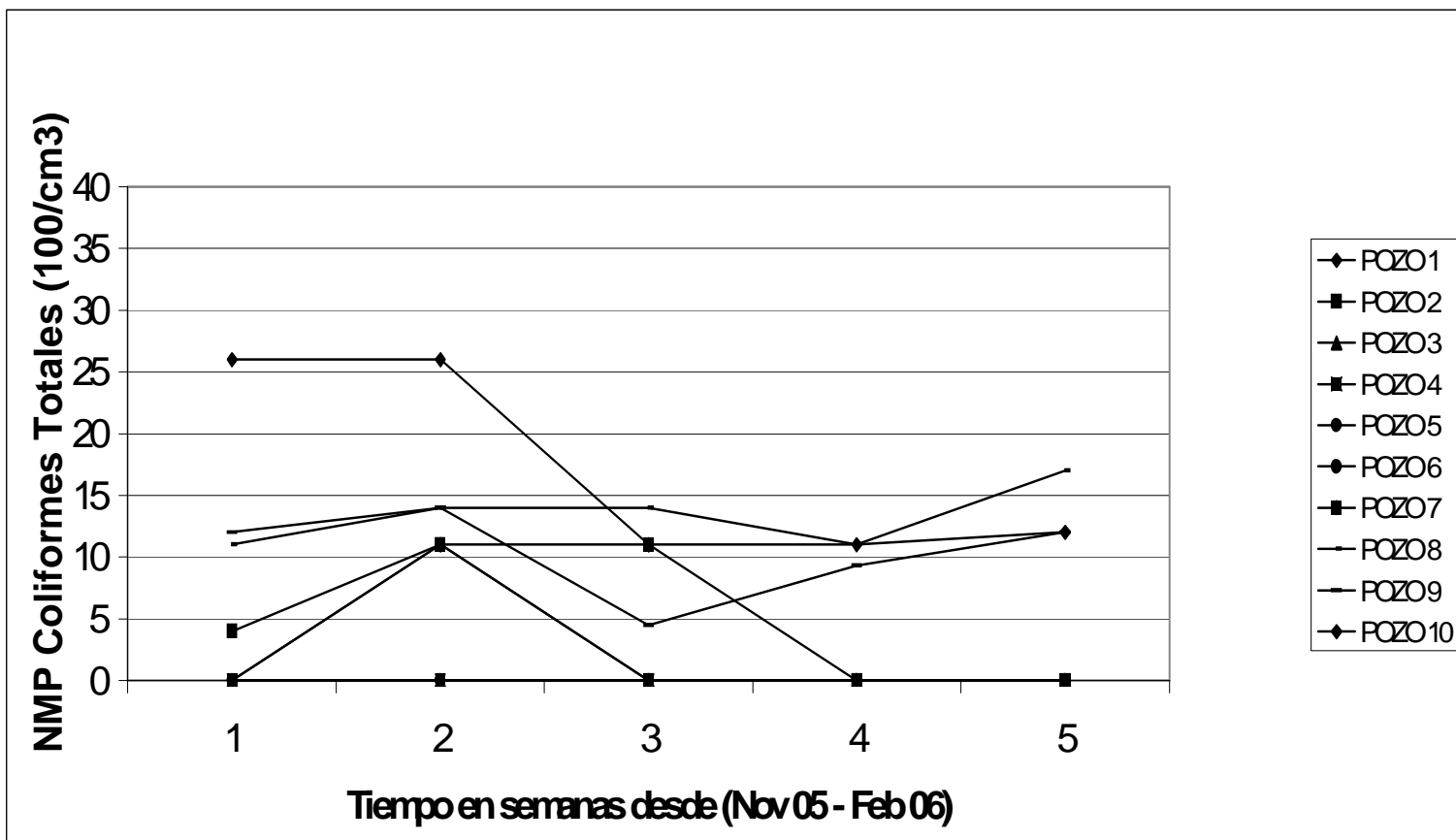
Pozo 1 Aldea Pénate 1
 Pozo 2 Aldea Pénate 2
 Pozo 3 Colonia Arevalo
 Pozo 4 Aldea La Esso
 Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 6 Barrio el Cerrito
 Pozo 7 El Progreso
 Pozo 8 Barrio Laberinto
 Pozo 9 Barrio Miramar 1
 Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla XVIII Parámetro de NMP coliformes totales (100/cm³)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	0	4	0	0	0	0	0	11	12	26
2	11	11	0	0	0	0	11	14	14	26
3	0	0	0	0	0	0	11	14	4.5	11
4	0	0	0	0	0	0	0	11	9.3	11
5	0	0	0	0	0	0	0	17	12	12

Figura 17 Comportamiento del NMP de coliformes totales en función del tiempo



Pozo 1 Aldea Pénate 1

Pozo 2 Aldea Pénate 2

Pozo 3 Colonia Arenal

Pozo 4 Aldea La Esso

Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 6 Barrio el Cerrito

Pozo 7 El Progreso

Pozo 8 Barrio Laberinto

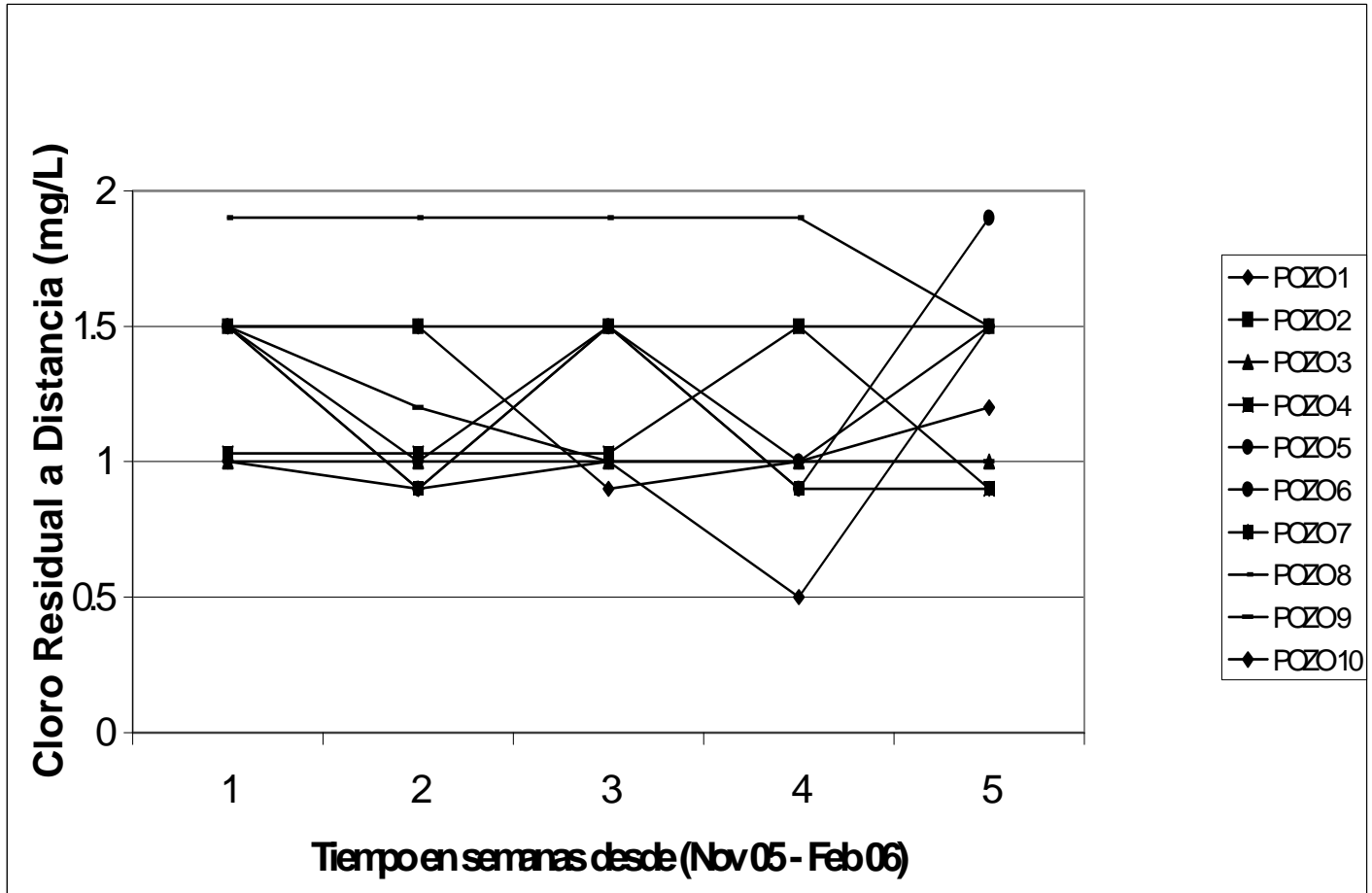
Pozo 9 Barrio Miramar 1

Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla VIII Parámetro de cloro residual a distancia (mg/L)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	1.5	1.5	1.0	1.03	1.5	1.5	1.5	1.9	1.5	1.0
2	1.5	1.5	1.0	1.03	1.0	0.9	0.9	1.9	1.2	0.9
3	0.9	1.5	1.0	1.03	1.5	1.5	1.5	1.9	1.0	1.0
4	1.0	1.5	1.0	1.5	0.9	1.0	0.9	1.9	1.0	0.5
5	1.2	1.5	1.0	0.9	1.9	1.5	0.9	1.5	1.0	1.5

Figura 7 Comportamiento de cloro residual en función del tiempo



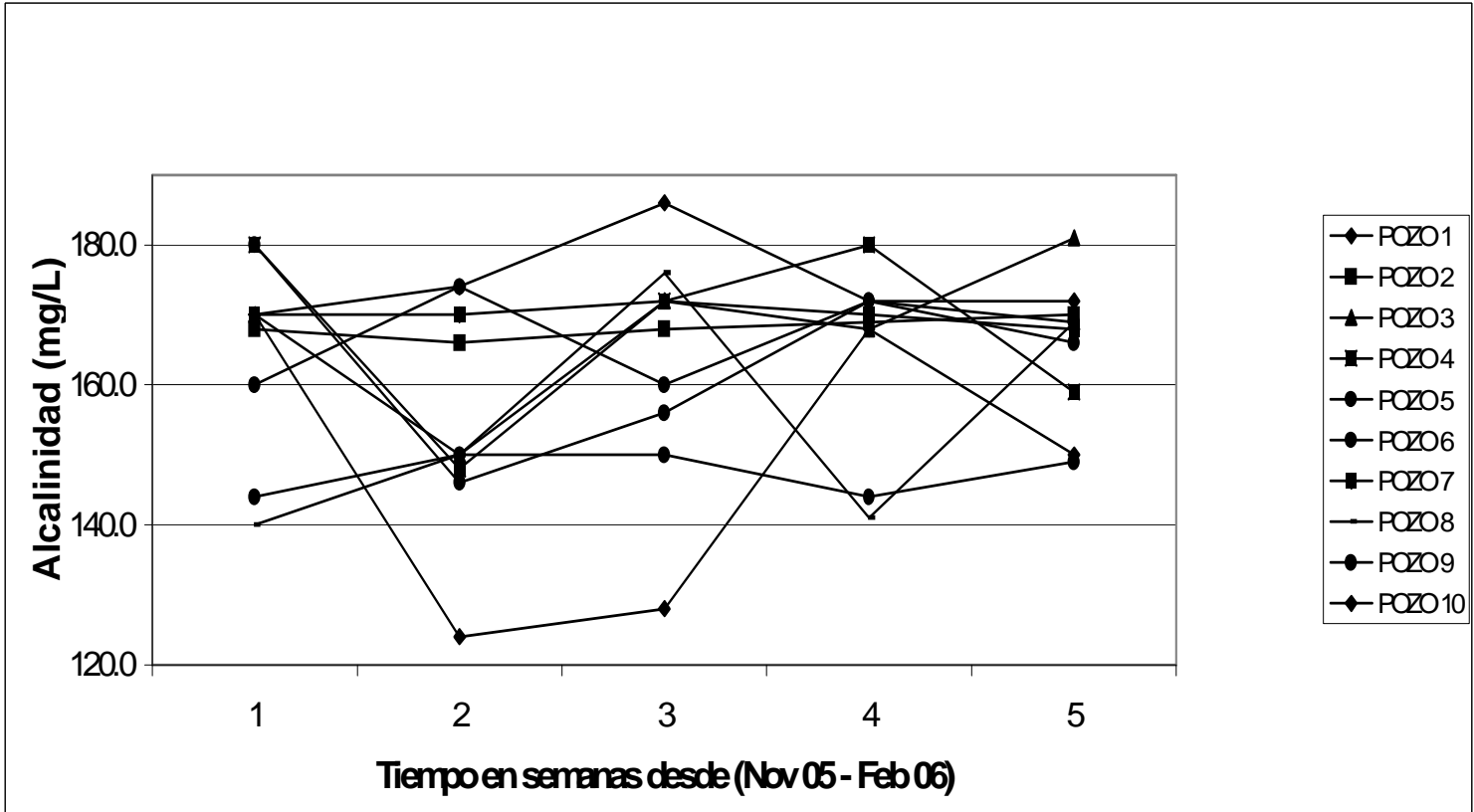
Pozo 1 Aldea Pénate 1
 Pozo 2 Aldea Pénate 2
 Pozo 3 Colonia Arevalo
 Pozo 4 Aldea La Esso
 Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 6 Barrio el Cerrito
 Pozo 7 El Progreso
 Pozo 8 Barrio Laberinto
 Pozo 9 Barrio Miramar 1
 Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla IX Parámetro de alcalinidad (mg/l)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	170.0	168.0	170.0	180.0	144.0	160.0	170.0	140.0	180.0	170.0
2	174.0	166.0	150.0	148.0	150.0	174.0	170.0	150.0	146.0	124.0
3	186.0	168.0	172.0	172.0	150.0	160.0	172.0	176.0	156.0	128.0
4	172.0	169.0	168.0	180.0	144.0	172.0	170.0	141.0	172.0	168.0
5	172.0	170.0	181.0	159.0	149.0	169.0	168.0	169.0	166.0	150.0

Figura 8 Comportamiento de la alcalinidad en función del tiempo

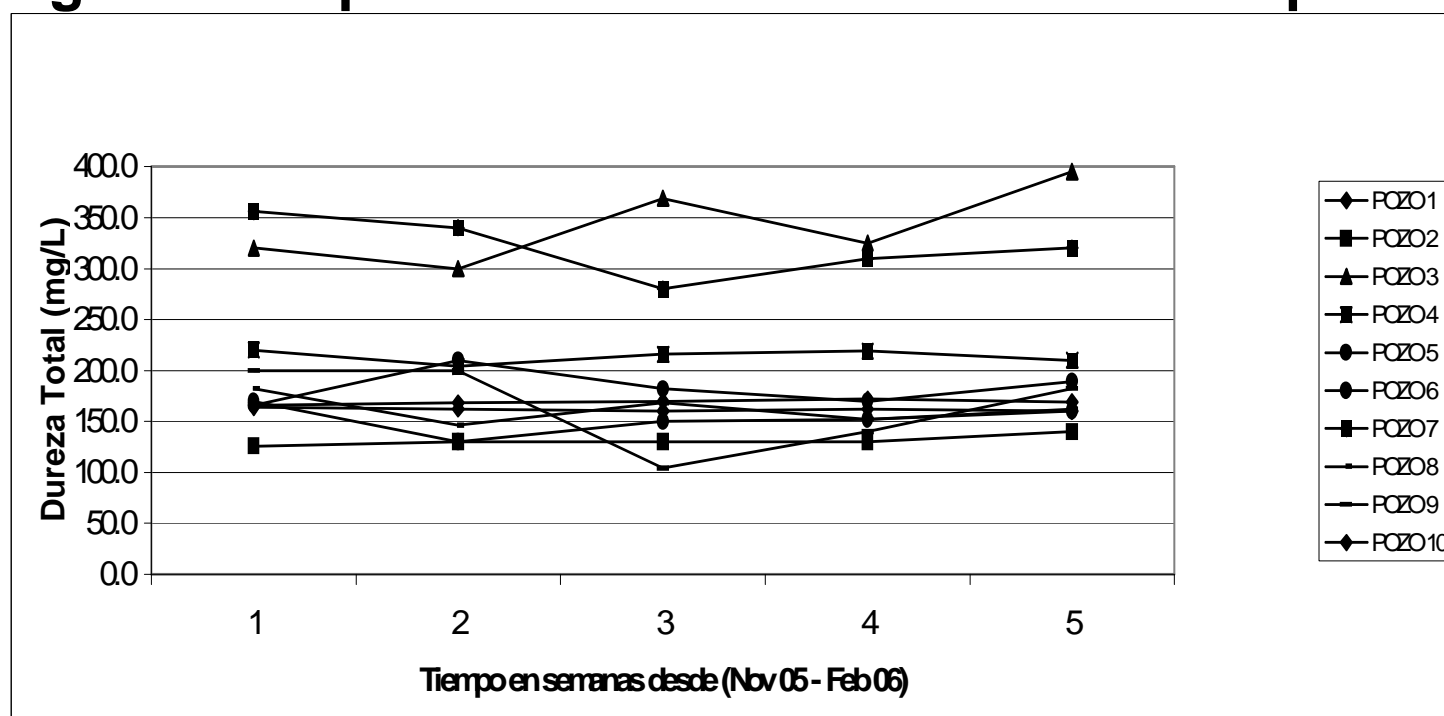


Pozo 1	Aldea Pénate 1	Pozo 6	Barrio el Cerrito
Pozo 2	Aldea Pénate 2	Pozo 7	El Progreso
Pozo 3	Colonia Arevalo	Pozo 8	Barrio Laberinto
Pozo 4	Aldea La Esso	Pozo 9	Barrio Miramar 1
Pozo 5	Aldea Santa Rosa	Pozo 10	Barrio Miramar 2

Tabla X Parámetro de dureza total (mg/L)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	164.0	126.0	320.0	220.0	166.0	170.0	356.0	182.0	200.0	166.0
2	162.0	130.0	300.0	204.0	210.0	130.0	340.0	146.0	200.0	168.0
3	160.0	130.0	369.0	216.0	182.0	150.0	280.0	168.0	104.0	170.0
4	162.0	130.0	325.0	219.0	170.0	152.0	310.0	152.0	140.0	172.0
5	160.0	140.0	395.0	210.0	189.0	160.0	320.0	162.0	182.0	169.0

Figura 9 Comportamiento de dureza total en función del tiempo



Pozo 1 Aldea Pénate 1

Pozo 2 Aldea Pénate 2

Pozo 3 Colonia Arevalo

Pozo 4 Aldea La Esso

Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 6 Barrio el Cerrito

Pozo 7 El Progreso

Pozo 8 Barrio Laberinto

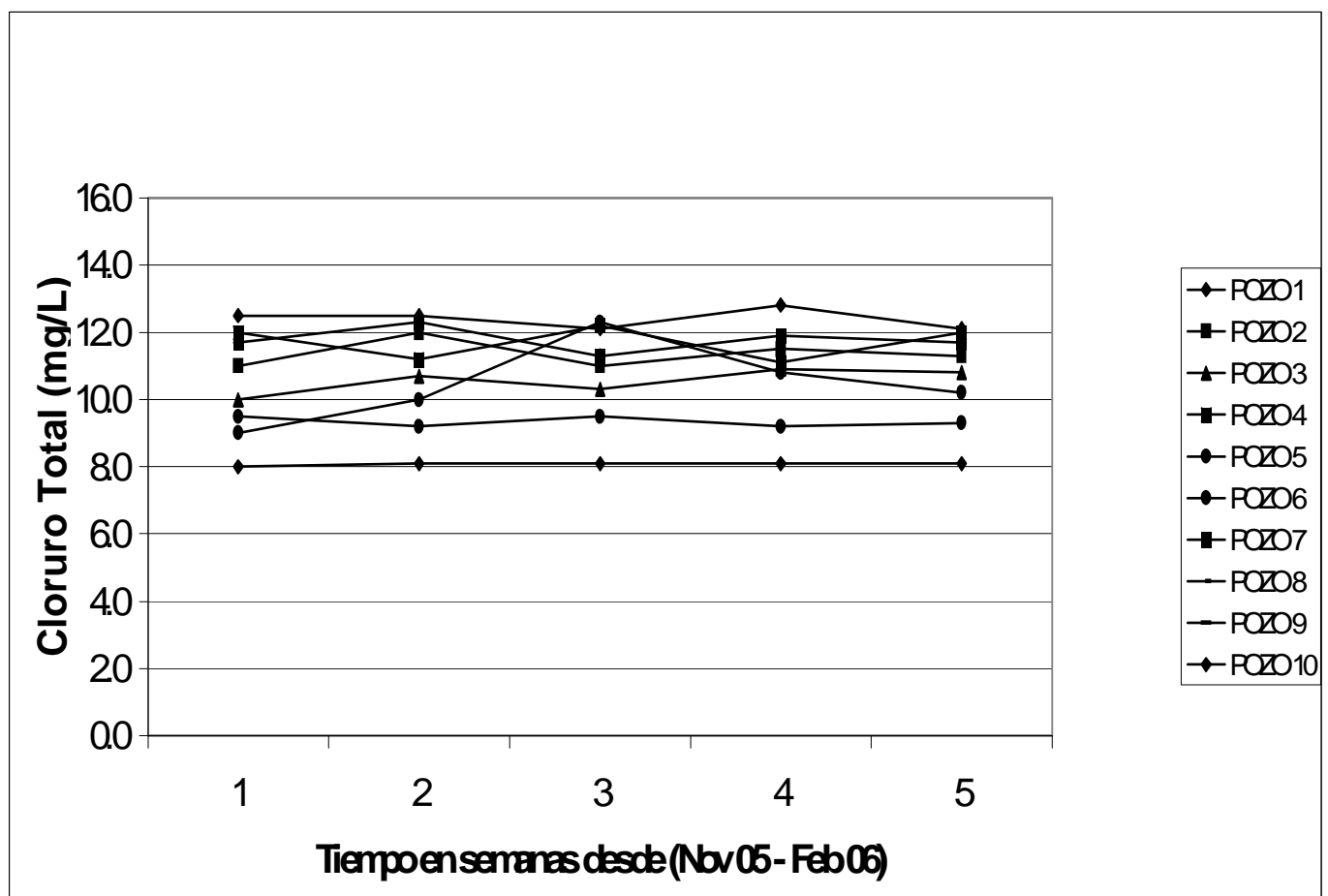
Pozo 9 Barrio Miramar 1

Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla XI Parámetro de cloruros totales (mg/L)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	8.0	11.0	10.0	12.0	9.5	9.0	11.7	22.4	18.0	12.5
2	8.1	12.0	10.7	11.2	9.2	10.0	12.3	22.3	18.0	12.5
3	8.1	11.0	10.3	12.2	9.5	12.3	11.3	23.0	18.0	12.1
4	8.1	11.5	10.9	11.1	9.2	10.8	11.9	22.0	19.0	12.8
5	8.1	11.3	10.8	12.0	9.3	10.2	11.7	22.6	18.5	12.1

Figura 10 Comportamiento de la concentración de cloruro en función del tiempo



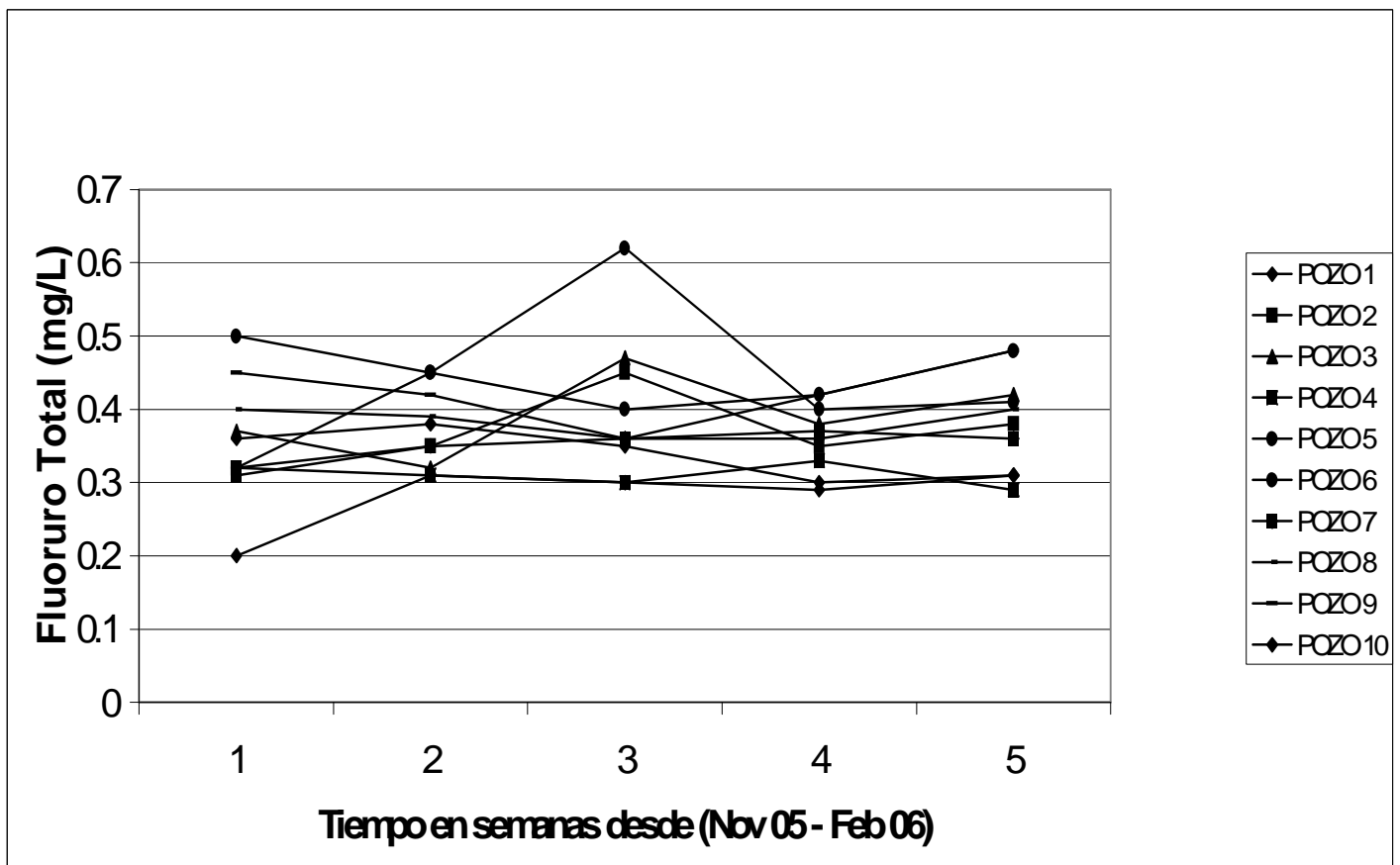
Pozo 1 Aldea Pénate 1
 Pozo 2 Aldea Pénate 2
 Pozo 3 Colonia Arevalo
 Pozo 4 Aldea La Esso
 Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 6 Barrio el Cerrito
 Pozo 7 El Progreso
 Pozo 8 Barrio Laberinto
 Pozo 9 Barrio Miramar 1
 Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla XII Parámetro de fluoruro total (mg/L)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	0.36	0.32	0.37	0.32	0.32	0.5	0.31	0.4	0.45	0.2
2	0.38	0.35	0.32	0.31	0.45	0.45	0.35	0.39	0.42	0.31
3	0.35	0.45	0.47	0.3	0.62	0.4	0.36	0.36	0.36	0.3
4	0.3	0.35	0.38	0.33	0.4	0.42	0.37	0.36	0.42	0.29
c	0.31	0.38	0.42	0.29	0.41	0.48	0.36	0.4	0.48	0.31

Figura 11 Comportamiento de la concentración de fluoruro en función del tiempo



Pozo 1 Aldea Pénate 1

Pozo 2 Aldea Pénate 2

Pozo 3 Colonia Arevalo

Pozo 4 Aldea La Esso

Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 6 Barrio el Cerrito

Pozo 7 El Progreso

Pozo 8 Barrio Laberinto

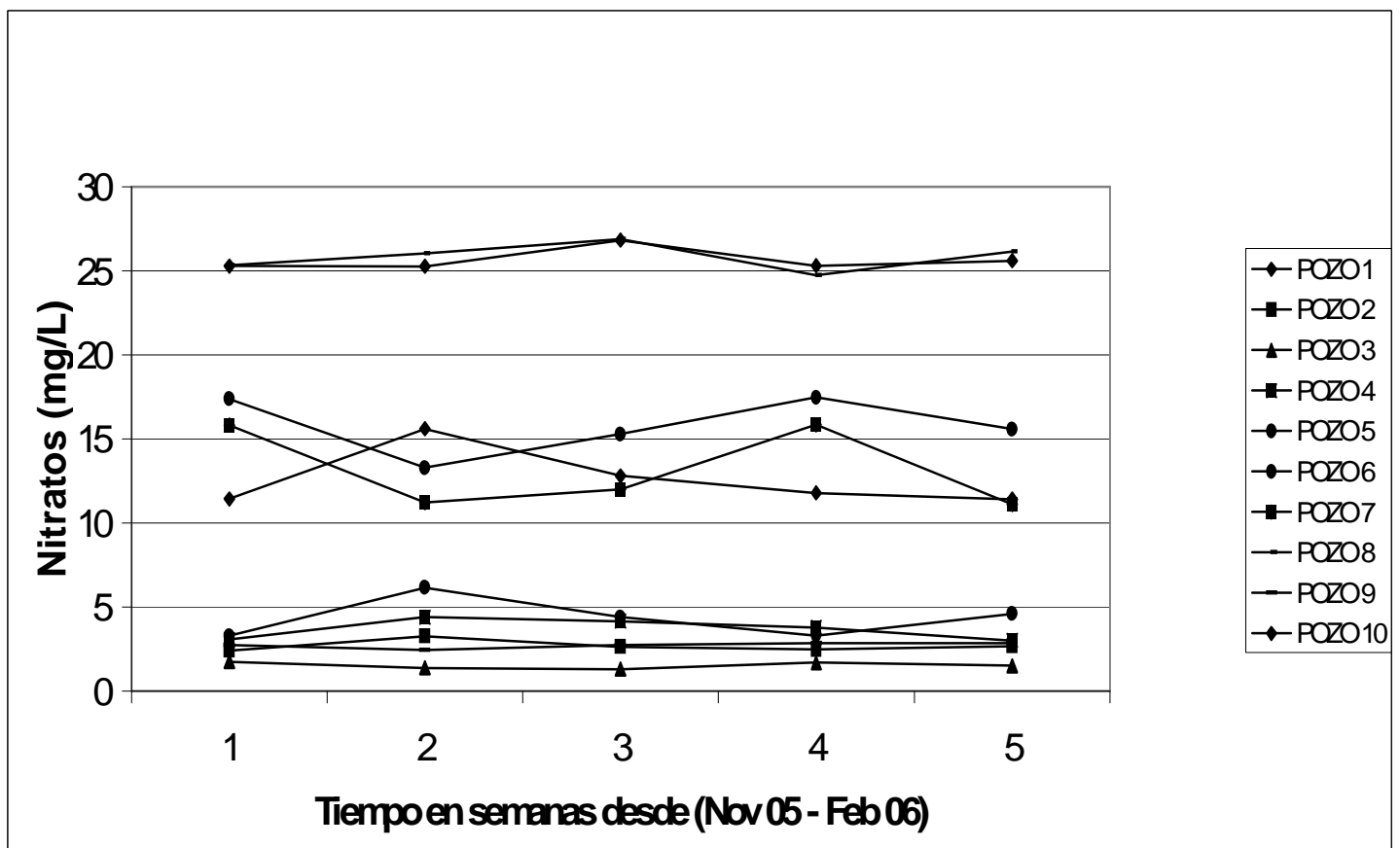
Pozo 9 Barrio Miramar 1

Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla XIII Parámetro de nitratos (mg/L)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	11.44	2.42	1.76	3.08	3.3	17.38	15.84	25.36	2.76	25.3
2	15.62	3.28	1.38	4.4	6.16	13.3	11.22	26.06	2.46	25.28
3	12.81	2.64	1.32	4.16	4.4	15.3	12.01	26.88	2.76	26.84
4	11.8	2.48	1.71	3.8	3.31	17.48	15.86	24.76	2.86	25.31
5	11.43	2.68	1.52	3.01	4.61	15.6	11.12	26.16	2.86	25.62

Figura 12 Comportamiento de la concentración de nitratos en función del tiempo



Pozo 1 Aldea Pénate 1

Pozo 2 Aldea Pénate 2

Pozo 3 Colonia Arevalo

Pozo 4 Aldea La Esso

Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 6 Barrio el Cerrito

Pozo 7 El Progreso

Pozo 8 Barrio Laberinto

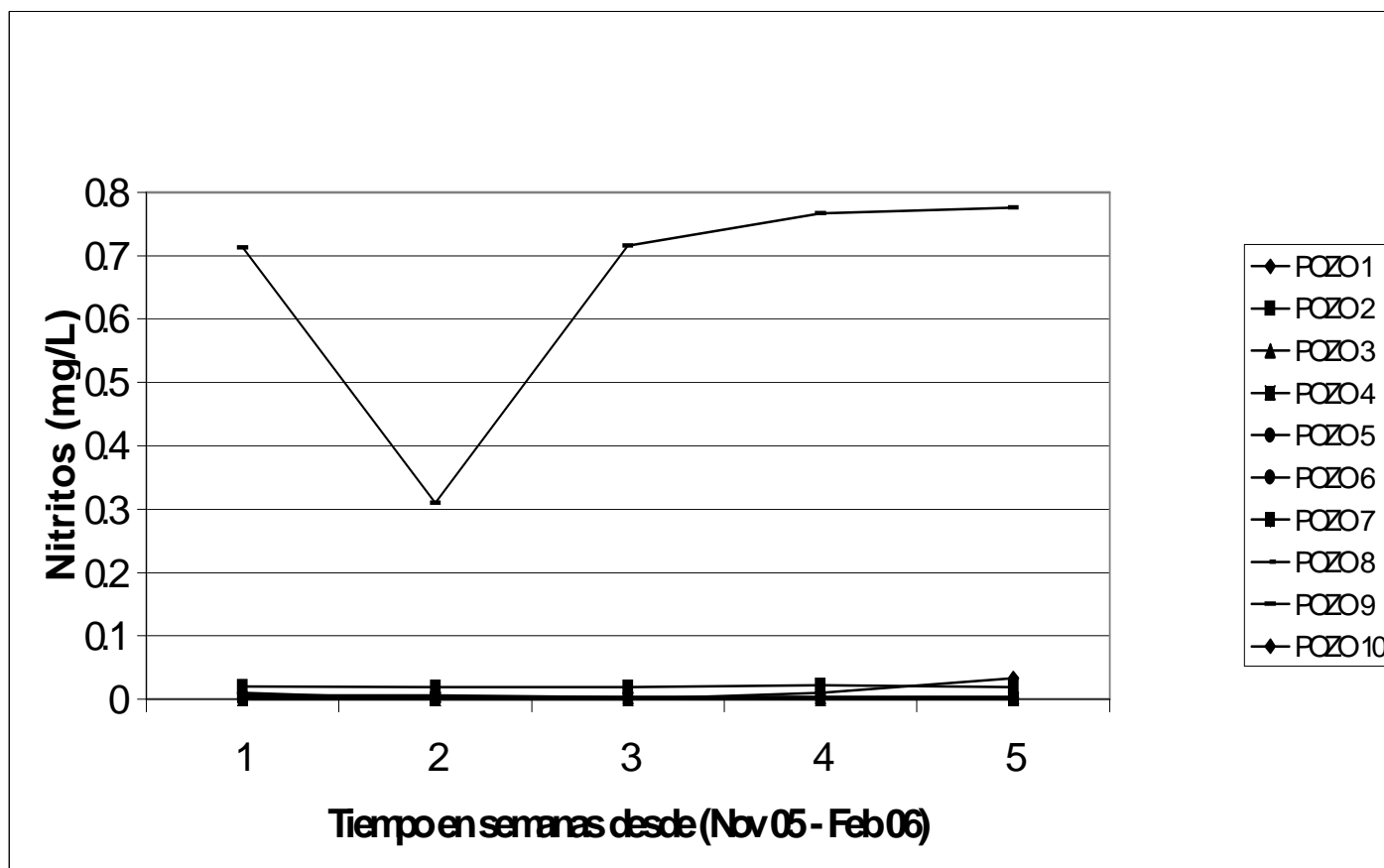
Pozo 9 Barrio Miramar 1

Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla XIV Parámetro de nitritos (mg/L)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	0.003	0.02	0.006	0	0.007	0	0	0.0033	0.713	0.01
2	0.003	0.019	0.006	0	0.003	0	0	0.0033	0.31	0
3	0.003	0.019	0.003	0	0.003	0	0	0.0033	0.716	0
4	0.003	0.022	0.003	0	0.003	0	0	0.0033	0.767	0.01
5	0.003	0.019	0.003	0	0.003	0	0	0.0033	0.776	0.033

Figura 13 Comportamiento de la concentración de nitritos en función del tiempo



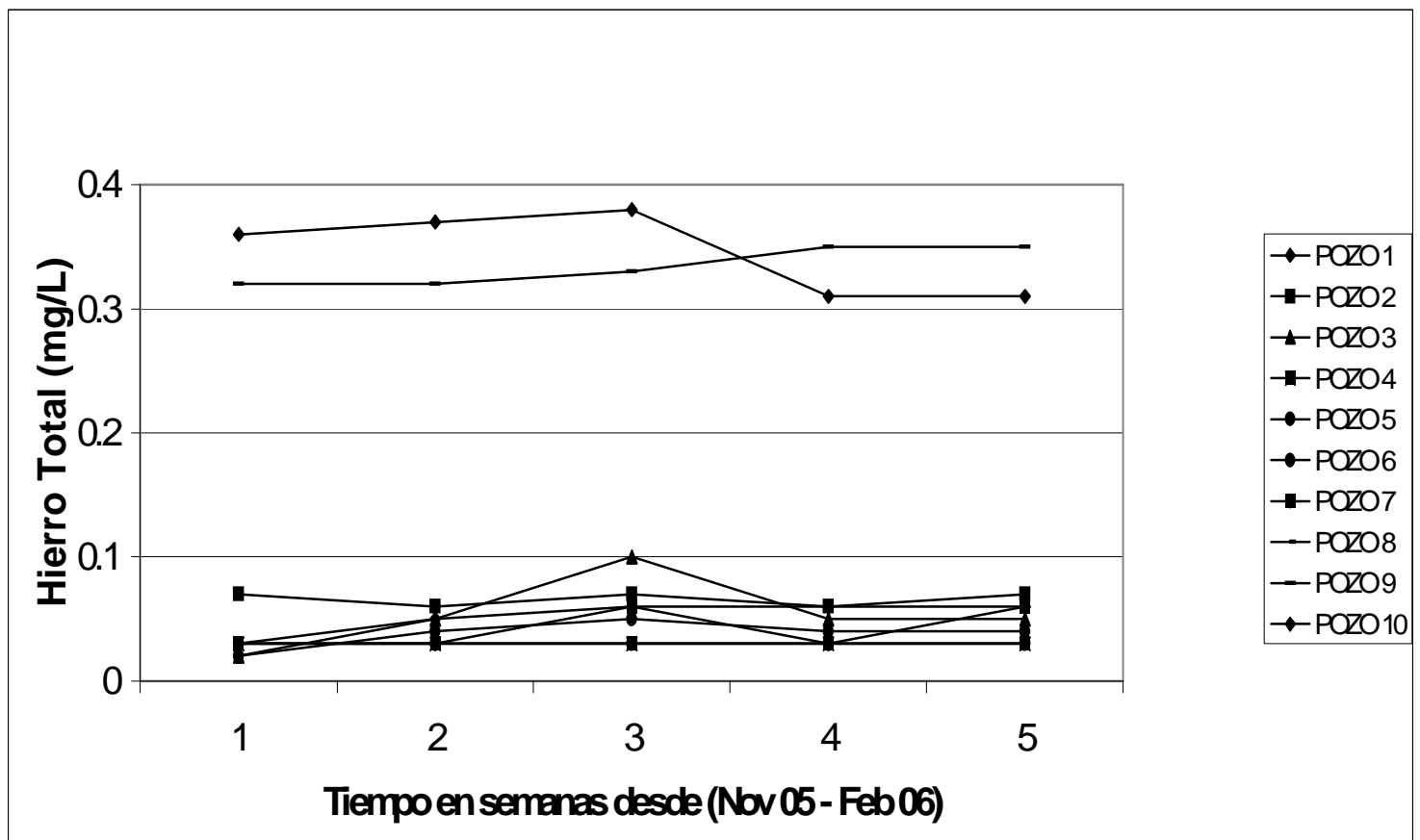
Pozo 2 Aldea Pénate 2
 Pozo 3 Colonia Arevalo
 Pozo 4 Aldea La Esso
 Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 7 El Progreso
 Pozo 8 Barrio Laberinto
 Pozo 9 Barrio Miramar 1
 Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla XV Parámetro de hierro total (mg/L)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	0.03	0.07	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.32	0.36
2	0.05	0.06	0.05	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.32	0.37
3	0.06	0.07	0.1	0.03	0.05	0.03	0.06	0.03	0.33	0.38
4	0.06	0.06	0.05	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.35	0.31
5	0.06	0.07	0.05	0.03	0.04	0.03	0.06	0.03	0.35	0.31

Figura 14 Comportamiento de la concentración de hierro total en función del tiempo



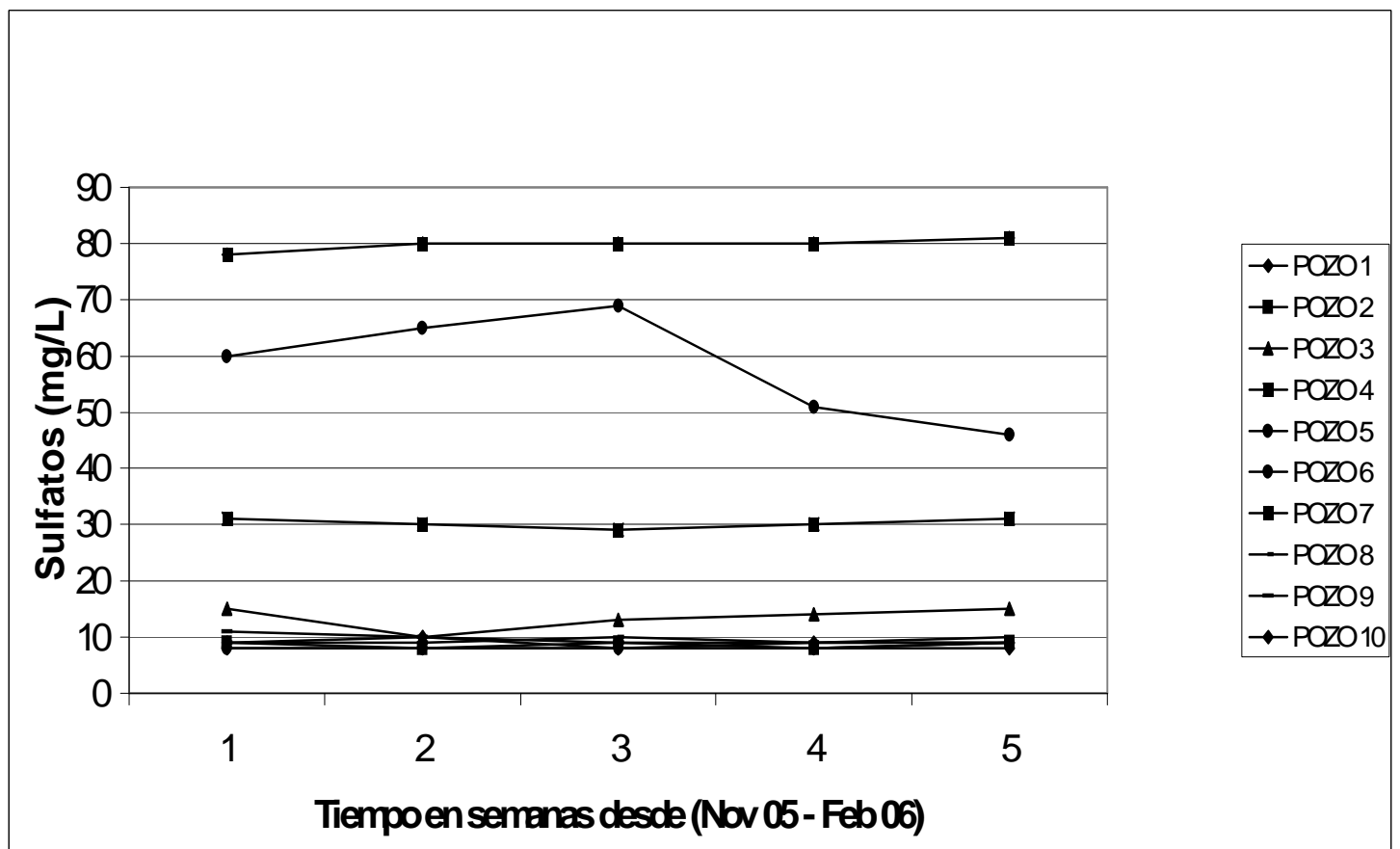
Pozo 1 Aldea Pénate 1
 Pozo 2 Aldea Pénate 2
 Pozo 3 Colonia Arevalo
 Pozo 4 Aldea La Esso
 Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 6 Barrio el Cerrito
 Pozo 7 El Progreso
 Pozo 8 Barrio Laberinto
 Pozo 9 Barrio Miramar 1
 Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla XI Parámetro de sulfatos (mg/L)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	8	9	15	31	8	60	78	9	11	9
2	8	8	10	30	8	65	80	9	10	10
3	8	9	13	29	8	69	80	10	9	8
4	8	8	14	30	8	51	80	9	9	9
5	8	9	15	31	9	46	81	9	10	9

Figura 15 Comportamiento de la concentración de sulfatos en función del tiempo



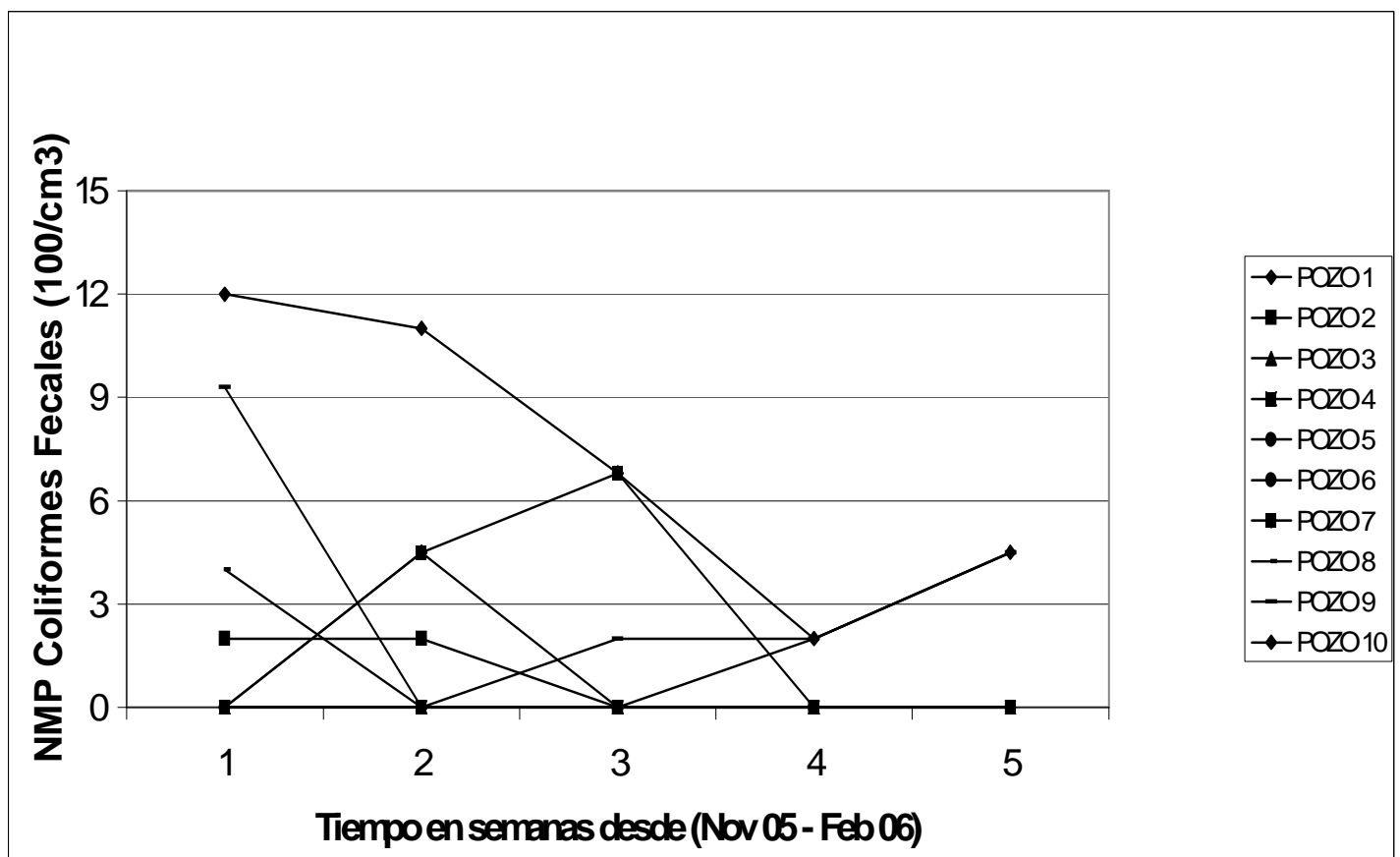
Pozo 1 Aldea Péñate 1
 Pozo 2 Aldea Péñate 2
 Pozo 3 Colonia Arevalo
 Pozo 4 Aldea La Esso
 Pozo 5 Aldea Santa Rosa

Pozo 6 Barrio el Cerrito
 Pozo 7 El Progreso
 Pozo 8 Barrio Laberinto
 Pozo 9 Barrio Miramar 1
 Pozo 10 Barrio Miramar 2

Tabla XVI Parámetro del NMP de coliformes fecales (100/cm³)

Semana	POZO 1	POZO 2	POZO 3	POZO 4	POZO 5	POZO 6	POZO 7	POZO 8	POZO 9	POZO 10
1	0	2	0	0	0	0	0	4	9.3	12
2	4.5	2	0	0	0	0	4.5	0	0	11
3	0	0	0	0	0	0	6.8	0	2	6.8
4	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
5	0	0	0	0	0	0	0	4.5	4.5	4.5

Figura 16 Comportamiento del NMP de coliformes fecales en función del tiempo



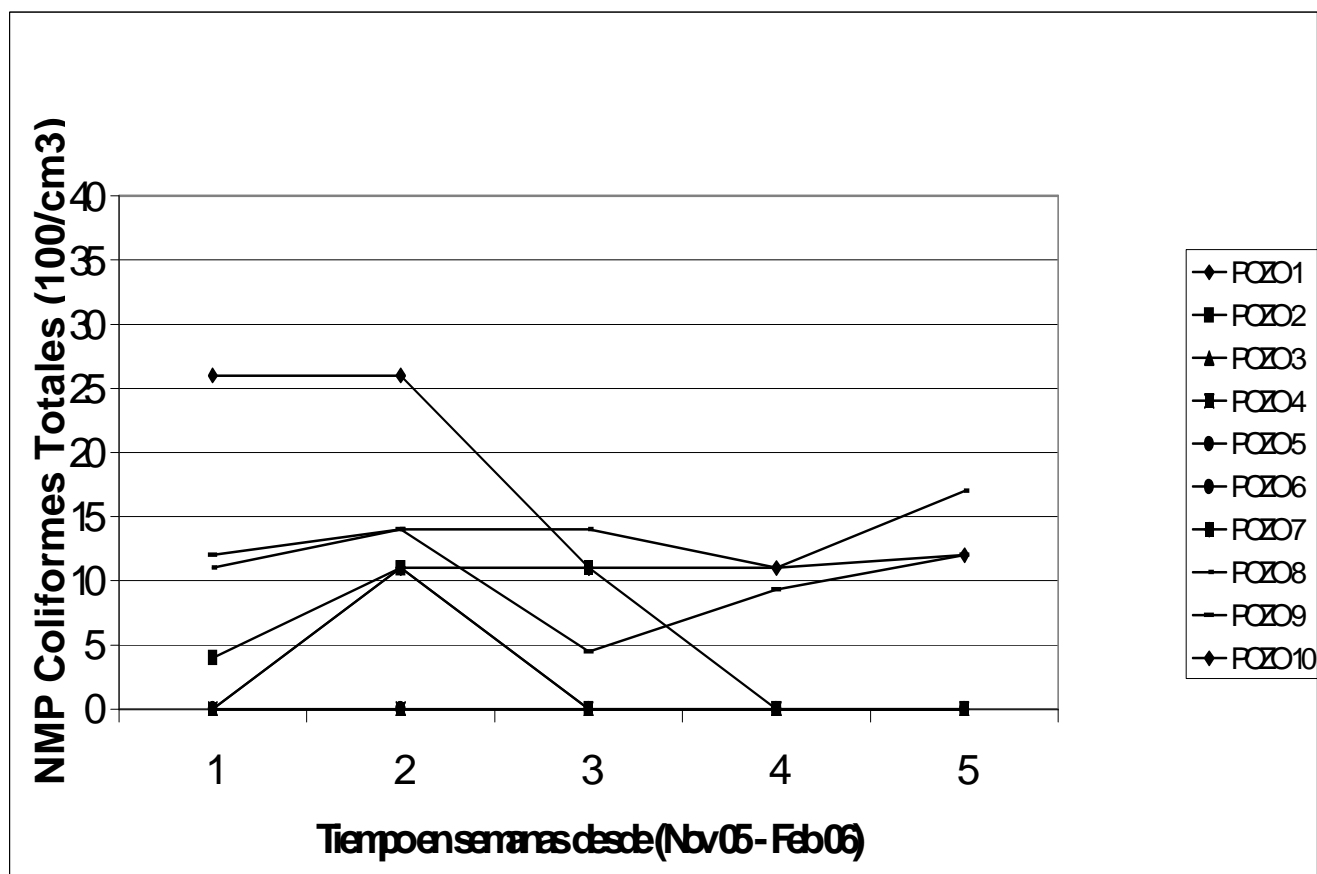
Pozo1 Aldea Pérate 1
 Pozo2 Aldea Pérate 2
 Pozo3 Colonia Arevalo
 Pozo4 Aldea La Esso
 Pozo5 Aldea Santa Rosa

Pozo6 Barriodel Carrito
 Pozo7 El Progreso
 Pozo8 Barrio Laberinto
 Pozo9 Barrio Miranar 1
 Pozo10 Barrio Miranar 2

Tabla XIII Parámetro de NMP coliformes totales (100/cm³)

Semana	POZO1	POZO2	POZO3	POZO4	POZO5	POZO6	POZO7	POZO8	POZO9	POZO10
1	0	4	0	0	0	0	0	11	12	26
2	11	11	0	0	0	0	11	14	14	26
3	0	0	0	0	0	0	11	14	45	11
4	0	0	0	0	0	0	0	11	93	11
5	0	0	0	0	0	0	0	17	12	12

Figura 17 Comportamiento del NMP de coliformes totales en función del tiempo



5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Actualmente, el Puerto de San José cuenta con diez pozos que suministran el agua a la red de abastecimiento de la municipalidad de Puerto de San José para toda la población del municipio. El agua de estos pozos es tratada con el método de desinfección de cloración. No se cuenta con estudios anteriores que evalúen las características físicas, químicas bacteriológicas del agua del Puerto de San José y así, determinar la calidad de agua para consumo humano. En la sección de resultados se muestra por medio de gráficas, los datos obtenidos del análisis físico, químico y bacteriológico del agua de los diez pozos que suministran agua a los siguientes sectores: aldea Santa Rosa, Barrio el Cerrito, Barrio Pénate, Aldea la Esso, Barrio Miramar 1 y 2, Barrio el Laberinto, Barrio el Embarcadero, La Colonia y Barrio el Manglar. Como las muestras de agua analizadas son agua para consumo humano, se efectuaron lo siguientes análisis: temperatura, color, turbiedad, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, sólidos totales disueltos, cloro residual, alcalinidad, dureza total, calcio, cloruro, sulfato, hierro total, fluoruro, nitrato y nitrito; así como el análisis bacteriológico por medio de diluciones múltiples, el cual comprende la prueba presuntiva y la confirmativa.

A continuación, se discute cada parámetro analizado:

5.1 Temperatura (Figura 1, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene la temperatura promedio mínima de 25 °C proveniente del la colonia Arévalo (Pozo Escuela de Niñas) y la temperatura promedio máxima de 36 °C la tiene el

Barrio Miramar (pozo Fegua). Aunque la temperatura es únicamente un indicador reportable, los pozos muestreados se mantiene dentro del rango del límite máximo aceptable por la Norma Coguanor. No existe un comportamiento constante de la temperatura en función del tiempo. Los muestreos realizados en el transcurso de la mañana presentan temperaturas bajas (25 - 27°C) y los muestreos realizados en el transcurso de la tarde presentan temperaturas altas (33 - 36°C).

5.2 Color (Figura 2, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el pozo de el barrio Pénate (pozo Aldea Pénate 1) se mantuvo en un rango de 1 unidad durante el periodo de muestreo. Mientras que en el pozo del barrio el Cerrito (pozo 9a. calle el Cerrito) el rango de color es más amplio y elevado, comportándose desde 3 a 6 unidades. Para el resto de los pozos el valor del color es de 1 unidad hasta 5 en el período de análisis. A excepción del pozo del barrio el Cerrito, el resto de pozos se mantiene en el límite máximo aceptable por la Norma Coguanor de 5.0 unidades, sin embargo el pozo 9a. calle el Cerrito se encuentra en el límite máximo permisible con 8 unidades, debido a las altas concentraciones de hierro torneando la apariencia de este en el color café.

5.3 Turbidez (Figura 3, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el parámetro de turbiedad en los pozos del barrio Pénate y aldea Santa Rosa, es el mas cercano o menor de 0.1 UTN. En los pozos de los barrios, El Progreso, La Esso, Colonia Arévalo, Pénate y parte del barrio Miramar las concentraciones oscila en un rango de 0. 1 a 0.3 UTN. En el caso del pozo del barrio el Cerrito y barrio Miramar el rango de turbiedad alto que se aprecia es de 2.0 a 3.2 UTN. El agua de los diez pozos está dentro del límite máximo aceptable de 5 UTN, por la Norma Coguanor.

5.4 Conductividad eléctrica (Figura 4, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el parámetro de conductividad en los pozos del barrio Miramar presenta valores altos en un rango de 650 a 900 $\mu\text{s}/\text{cm}$. En los pozos de la colonia el Progreso presenta valores de conductividad bajos, entre 230 y 250 $\mu\text{s}/\text{cm}$. El resto de pozos muestran valores de 250 hasta 390 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

La Norma Coguanor indica que para el parámetro de conductividad muestra un límite máximo permisible de 1.500 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Los valores reportados están bastante alejados de este LMP- sin embargo, el pozos del barrio Miramar muestra valores muy altos a comparación del resto de pozos.

5.5 Potencial de hidrógeno (Figura 5, Resultados)

Según los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el parámetro de potencial de hidrógeno (pH) en los diez pozos está dentro del límite permisible que la Norma Coguanor establece de 6.5 - 8.5 unidades. Sin embargo, no así el límite máximo aceptable de 7.0 - 7.5. Ya que en el pozo de la Escuela de Niñas alcanzó resultados de pH mínimos de 6.2 a 6.9, respectivamente. El resto de los pozos alcanzaron un valor de pH que supera el valor de 7.5.

5.6 Sólidos totales disueltos (Figura 6, Resultados)

Según los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el parámetro de sólidos totales disueltos en barrio el Progreso, aldea Santa Rosa y aldea la Esso presentan valores altos en un rango de 200 a 400 mg/l . El resto de pozos arrojaron valores mínimos de sólidos totales disueltos de 100 hasta 200 mg/l . El agua de los diez pozos en estudio presenta valores dentro del límite máximo aceptable de 500 mg/l , en base a la Norma Coguanor.

5.7 Cloro residual (Figura 7, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo de los diez pozos se tiene que la concentración de cloro residual a distancia es alta. En la mayoría de los casos esta por arriba de los requerimientos que indican la Norma Coguanor de mantener un LMP (límite máximo permisible) de 1.0 mg/l, lo que es el caso del barrio Miramar y Laberinto (pozo Fegua). El resto se presentan con un mínimo de LMA (límite máximo aceptable) de 0.9 mg/l. Las altas concentraciones se deben al desorden de tiempos establecidos después de la dosificación de cloro en los tanques de almacenamiento de agua elevados o terrestres. Por ello cuando se muestrea cloro a distancia en los distintos puntos del consumidor se detectan concentraciones altas ya que no es suficiente el tiempo de homogenización o de dilución entre el hipoclorito de sodio y el agua.

5.8 Alcalinidad total (Figura 8, Resultados)

Los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el parámetro de alcalinidad total se mantiene en un rango de 140 a 180 mg/l. El cual es aceptable por parte de la Norma Coguanor.

5.9 Dureza total (Figura 9, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el parámetro de dureza total en los pozos de la colonia Arévalo y barrio el Progresó (pozo escuela de Niñas y El Progreso) presenta resultados altos de 200 a 380 mg/l. En el pozo de la colonia Arévalo se presentan los valores más altos de dureza total, de 300 a 395 mg/l. Para el resto de pozos se dan valores entre 100 y 200 mg/l. La Norma Coguanor indica un LMA (límite máximo aceptable) de 100 mg/l y LMP (límite máximo permisible) de 500 mg/l, por lo que ya se sobrepasó el LMA (límite máximo aceptable) y se está abajo del LMP (límite abajo permisible). El agua que presenta alta concentración de dureza puede ocasionar problemas a nivel industrial de incrustaciones en tuberías y equipos.

5.10 Cloruro (Figura 10, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el parámetro de la concentración de cloruro, al que la Norma Coguanor hace referencia, indica que el LMA (límite máximo aceptable) es de 100 mg/l y el LMP (límite máximo permisible) es de 250 mg/l. El agua del pozo del barrio Miramar y barrio Laberinto (pozo Miramar 1 y Fegua) presenta los resultados con valores más altos, 21 y 23 mg/l de cloruro.

El agua del pozo del barrio el Pénate presenta los valores más bajos en 8 mg/l de cloruro. En base a la Norma Coguanor, se hace ver que el agua de los diez pozos está dentro del límite máximo aceptable.

5.11 Fluoruro (Figura 11, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tienen resultados bajos con parámetros de la concentración de fluoruro en el pozo del barrio Miramar es de 0.2 a 0.31 mg/l, en comparación con los pozos de barrio el Cerrito (pozo 9a. calle el Cerrito) y aldea Santa Rosa (pozo Tamarindo), cuyos resultados oscilan de 0.33 a 0.62 mg/l, siendo estos mayores. La Norma Coguanor hace referencia a el LMP (límite máximo permisible) es de 1.7 mg/l para fluoruro, y en el caso del agua de los diez pozos se mantiene debajo de este LMP (límite máximo permisible).

5.12 Nitrato (Figura 12, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el parámetro de la concentración de nitrato en el pozo de la colonia Arévalo (pozo la escuela de Niñas) presentan valores bajos de 1.52 a 1.76 mg/l, a comparación del pozo de el barrio Laberinto (pozo Fegua) que arroja valores altos de 25.3 a 26.88 mg/l. El resto de los pozos presenta el agua valores de 2 a 20 mg/l.

La Norma Coguanor hace referencia que el LMP (limite máximo permisible) es de 10.0

mg/l para nitrato. El agua de los pozos que está afuera del LMP (limite máximo permisible) de nitrato son: barrio Pénate, El Cerrito, El Progreso y barrio Miramar 2.

5.13 Nitrito (Figura 13, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el parámetro de la concentración de nitrito en el pozo de el barrio Pénate presenta los valores más altos, de 0.019 a 0.020 mg/l, en comparación de los pozos del Cerrito, El Progreso, Miramar 2 y aldea La Esso, que tienen valores cero de concentración de nitrito.

La Norma Coguanor hace referencia que el LMP (limite máximo permisible) es de 1.0 mg/l para nitritos. Por consiguiente son aceptable los resultados de los parámetros para los análisis del agua de los diez pozos ya que se mantienen debajo de este LMP (limite máximo permisible).

5.14 Hierro total (Figura 14, Resultados)

En base a los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el parámetro de la concentración de hierro total en los pozos del barrio Miramar (pozo Miramar 1 y 2) presenta resultados relativamente altos de 0.32 a 0.35 mg/l de hierro total, que en base a la Norma Coguanor está fuera del LMA (limite máximo aceptable) y del LMP (limite máximo permisible), 0.1 y 1 mg/l. respectivamente. a excepción del los pozos de la colonia Arévalo que esta dentro del LMA el resto de pozos oscilan los resultados de 0.01 a 0.07 mg/l, aún dentro del LMA (limite máximo permisible). Este tipo de agua que presenta cantidades significativas de hierro total, puede ocasionar problemas de corrosión en tuberías y equipos industriales.

5.15 Sulfatos (Figura 15, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene que el parámetro de la concentración de sulfato en el pozo del barrio el Progreso (pozo El Progreso) presenta resultados de 78 a 81 mg/l. También el agua del pozo del barrio el Cerrito presenta valores relativamente altos de 29 a 31 mg/l. El agua del resto de pozos muestra valores en un rango de 8 - 11 mg/l. De acuerdo con la Norma Coguanor, el agua de los diez pozos se encuentra dentro de LMA (límite máximo aceptable) y del LMP (límite máximo permisible), 100 y 250 mg/l, respectivamente. Sin embargo, considerar que el agua del pozo del Progreso presenta alta cantidad de sulfatos y a nivel industrial estas concentraciones pueden dar cierto problema de incrustación en tuberías y equipo.

5.16 Examen Bacteriológico (Figura 16 y 17, Resultados)

A partir de los resultados obtenidos del examen bacteriológico, durante el monitoreo del agua de los diez pozos se tiene, en general, que el número más probable (NMP en 100cm^3) en recuento de coliformes totales y fecales es nulo para los siguientes sectores: Colonia Arévalo, barrio El Cerrito, aldea La Esso y aldea Santa Rosa. En el resto de pozos o colonias si hay presencia de coliformes totales y fecales, en donde durante la investigación los datos recolectados no presentaban variación, mas sin embargo la concentración de este indicador aumento notablemente para la inundación provocada por el huracán Estan en octubre del año pasado para los barrios Miramar 1 y 2 y para el barrio Laberinto con rangos hasta de 26 NMP/100ml, por lo tanto, según la Norma COGUANOR NGO 29001. para agua potable el recuento de coliformes no debe ser mayor de 1.1 NMP/100ml, no se acepta la presencia de Escherichia Coli. Por consiguiente es necesario que para consumo humano deberá de ser clorada o hervir el agua, para así evitar posibles enfermedades diarreicas producidas por consumir agua contaminada.

Se concluye que esta agua no es potable y no es apta para consumo humano y según la Norma de Fuentes de Agua de la OMS En lo que se refiere a la calidad bacteriológica, dicha agua necesita un proceso de mejor control y desinfección ya que se encuentra en el rango de <1 a 50 coliformes como NMP/100ml.

CONCLUSIONES

1. Se conceptualiza que el agua extraída desde las profundidades de la tierra, no debería estar contaminada, por no existir oxígeno disuelto, implicando que la bacteriología no tendría medios de subsistencia, caso que ha sido contrario en los análisis realizados, debido a que el agua cruda de los pozos muestra contaminación fecal.
2. La hipótesis de dicho trabajo ha sido comprobada, debido a que el agua suministrada por la red de abastecimiento de la municipalidad del Puerto de San José, no cumple con las especificaciones de la Norma COGUANOR NGO 29001, por lo que dicha agua no es potable, ni apta para consumo humano.
3. En base a los valores obtenidos de los parámetros físicos y químicos del agua en estudio, el agua suministrada por la red de abastecimiento de la municipalidad de Puerto de San José, en su mayoría es apta para consumo humano. Mientras que según características bacteriológicas el agua suministrada no es apta para consumo humano, por lo que en determinados momentos puede afectar la salud del consumidor.
4. El agua entubada que consume el usuario del Puerto de San José, es de mala calidad debido a los siguientes indicadores:
 - No se mantienen las concentraciones óptimas de cloro de manera uniforme en los pozos.
 - Las instalaciones de cada uno de los pozos están en malas condiciones físicas.
 - El sistema de cloración no es el indicado.
 - No existe un sistema de mantenimiento preventivo, sólo correctivo.

- El personal destinado para este fin no ha sido capacitado para el manejo técnico de los equipos.
- Existen factores de riesgo topográfico como la altura a nivel del mar que facilita la contaminación a través del manto freático.
- La tubería de la zona central no ha sido reparada desde hace más de cincuenta años.
- No existe un sistema de supervisión, evaluación y monitoreo de la calidad de agua de parte de las autoridades Municipales.

RECOMENDACIONES

1. Implementar nuevamente el proceso de cloración en algunos pozos actuales dentro del sistema de abastecimiento, ya que se determinó que el equipo de dosificación muestra varias deficiencias y necesita una mejora en mantenimiento, por lo que se recomienda reiniciar cuanto antes la aplicación de la desinfección del agua por medio de cloración, por ser el método más efectivo, económico y seguro.
2. Mejorar las condiciones físicas de las instalaciones de los pozos actuales para la instalación de un sistema nuevo de cloración vía gas cloro. Para dicho proyecto se recomienda realizar una inspección de la tubería, principalmente de la zona central.
3. Implementar un programa de vigilancia y monitoreo de la calidad de agua del Puerto de San José, con el fin de verificar si el agua es apta para el consumo humano.
4. Implementar un programa de inversión de fondos para el mantenimiento preventivo y no correctivo, para asegurar la limpieza y un efectivo funcionamiento al sistema de cloración.
5. Debe implementarse un programa de capacitación al personal, para garantizar la calidad del agua de consumo humano a la población del Puerto de San José.

6. Implementar cuanto antes las medidas correctivas en mantenimiento a los sistemas de abastecimiento de las aldeas **El Cerrito, Miramar, Peñate y Barrio Laberinto**, ya que son los pozos que muestran valores físico químicos y bacteriológicos fuera de los parámetros tolerables, según Norma Coguanor 29 001, debido a fugas, filtraciones, instalaciones de tubería de hierro galvanizado, de asbesto cemento y poliductos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Guías para la calidad de agua potable**, 2ª. edición. Suiza: Organización Mundial para la Salud, 1995.
2. Cifuentes Hidalgo, Milton Lisandro. Determinación de los parámetros físico, químicos y bacteriológicos, para la calidad del agua para consumo humano y su uso en la población de Nuevo San Carlos, Retalhuleu. Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996.
3. **Standard Methods for The Examination of Water and Wasterwater**. 16th. Edition. USA. American Public Health Association, 1985.
4. Catalán La Fuente, José. **Química del Agua**. Madrid, España: Editorial Blume, 1969.
5. Gudiel Paniagua, Hector René Martín. Determinación de la calidad del agua para consumo humano, y su uso industrial de las fuentes de agua que abastecen al municipio de Santa Catarina Pinula. Tesis Ing. Químico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1996.
6. Unida, Francisco. **Ingeniería Sanitaria Aplicada a Saneamiento y Salud Pública**. México: s.e.; 1969.
7. Norma Coguanor NGO 29 001. **Especificaciones para agua potable**. Guatemala 1999.

8. **Manual de Análisis de agua.** Estado Unidos. Hach Company, 1998.

APÉNDICE II

Tabla XIX Parámetros bacteriológicos obtenidos para el agua Barrio Pénate 1.

No.	Prueba presuntiva			Prueba confirmativa verde brillante			Prueba confirmativa EC			Número de coliformes	
	10	1	0.1	10	1	0.1	10	1	0.1	<u>NMP/100cm3</u> Totales	Fecales
1										No detectado	No detectado
2	++++	+---	+----	+++	+---	----	+----	-----	-----	11	4.5
3										No detectado	No detectado
4										No detectado	No detectado
5										No detectado	No detectado

Tabla XX Parámetros bacteriológicos obtenidos para el agua Barrio Pénate 2.

No.	Prueba presuntiva			Prueba confirmativa verde brillante			Prueba confirmativa EC			Número de coliformes	
	10	1	0.1	10	1	0.1	10	1	0.1	<u>NMP/100cm3</u> Totales	Fecales
1	+++++	++---	+----	+----	+---	----	+----	-----	-----	4	2
2	++++	+---	+----	+++	+---	----	+----	-----	-----	11	2
3										No detectado	No detectado
4										No detectado	No detectado
5										No detectado	No detectado

Tabla XXI Parámetros bacteriológicos obtenidos para el agua de la colonia Arévalo.

No.	Prueba presuntiva			Prueba confirmativa verde brillante			Prueba confirmativa EC			Número de coliformes	
	10	1	0.1	10	1	0.1	10	1	0.1	<u>NMP/100cm3</u> Totales	Fecales
1	NO DETECTADO						NO DETECTADO			No detectado	No detectado
2							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
3							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
4							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
5							NO DETECTADO			No detectado	No detectado

Tabla XXII Parámetros bacteriológicos obtenidos para el agua en aldea La Esso.

No.	Prueba presuntiva			Prueba confirmativa verde brillante			Prueba confirmativa EC			Número de coliformes	
	10	1	0.1	10	1	0.1	10	1	0.1	<u>NMP/100cm3</u> Totales	Fecales
1	NO DETECTADO						NO DETECTADO			No detectado	No detectado
2							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
3							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
4							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
5							NO DETECTADO			No detectado	No detectado

Tabla XXIII Parámetros bacteriológicos obtenidos para el agua de aldea Santa Rosa.

No.	Prueba presuntiva			Prueba confirmativa verde brillante			Prueba confirmativa EC			Número de coliformes	
	10	1	0.1	10	1	0.1	10	1	0.1	<u>NMP/100cm³</u> Totales	Fecales
1	NO DETECTADO						NO DETECTADO			No detectado	No detectado
2							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
3							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
4							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
5							NO DETECTADO			No detectado	No detectado

Tabla XXIV Parámetros bacteriológicos obtenidos para el agua en barrio El Cerrito.

No.	Prueba presuntiva			Prueba confirmativa verde brillante			Prueba confirmativa EC			Número de coliformes	
	10	1	0.1	10	1	0.1	10	1	0.1	<u>NMP/100cm³</u> Totales	Fecales
1	NO DETECTADO						NO DETECTADO			No detectado	No detectado
2							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
3							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
4							NO DETECTADO			No detectado	No detectado
5							NO DETECTADO			No detectado	No detectado

Tabla XXV Parámetros bacteriológicos obtenidos para el agua en barrio El Progreso.

No.	Prueba presuntiva			Prueba confirmativa verde brillante			Prueba confirmativa EC			Número de coliformes	
	10	1	0.1	10	1	0.1	10	1	0.1	<u>NMP/100cm3</u> Totales	Fecales
1	NO DETECTADO									No detectado	No detectado
2	+++--	+----	+---	++++-	+----	----	+++--	----	----	11	4.5
3	+++--	+----	+---	++++-	+----	----	+++--	+----	----	11	6.80
4	NO DETECTADO									No detectado	No detectado
5	NO DETECTADO									No detectado	No detectado

Tabla XXVI Parámetros bacteriológicos obtenidos para el agua en barrio Laberinto.

No.	Prueba presuntiva			Prueba confirmativa verde brillante			Prueba confirmativa EC			Número de coliformes	
	10	1	0.1	10	1	0.1	10	1	0.1	<u>NMP/100cm3</u> Totales	Fecales
1	++++-	+----	+----	++++-	+----	----	+----	+---	----	11	4
2	++++-	+----	+----	++++-	++++-	----	-----	-----	-----	14	0
3	++++-	+----	+----	++++-	++++-	----	+----	-----	-----	14	0
4	++++-	+----	+----	++++-	+----	----	+----	-----	-----	11	2
5	++++-	+----	+----	++++-	++++-	+----	++++-	-----	-----	17	4.5

Tabla XXVII Parámetros bacteriológicos obtenidos para el agua en barrio Miramar 1.

No.	Prueba presuntiva			Prueba confirmativa verde brillante			Prueba confirmativa EC			Número de coliformes	
	10	1	0.1	10	1	0.1	10	1	0.1	<u>NMP/100cm3</u> Totales	Fecales
1	+++--	+----	+----	+----	-----	-----	+----	+----	-----	2	9.30
2	++++-	++++-	+---	++++-	++++-	-----	-----	-----	-----	14	0
3	+++++	+----	-----	++++-	-----	-----	+----	-----	-----	4.5	2
4	+++++	++++-	-----	+----	+----	-----	+----	-----	-----	9.30	2
5	++++-	+----	+----	++++-	++++-	+----	++++-	-----	-----	12	4.5

Tabla XXVIII Parámetros bacteriológicos obtenidos para el agua en barrio Miramar 2.

No.	Prueba presuntiva			Prueba confirmativa verde brillante			Prueba confirmativa EC			Número de coliformes	
	10	1	0.1	10	1	0.1	10	1	0.1	<u>NMP/100cm3</u> Totales	Fecales
1	+++++	++++-	++++-	++++-	++++-	+----	++++-	++++-	+----	26	12
2	+++++	++++-	++++-	++++-	++++-	+----	++++-	+----	-----	26	11
3	++++-	+----	-----	++++-	+----	-----	++++-	+----	-----	11	6.80
4	+++++	++++-	-----	++++-	+----	-----	+----	-----	-----	11	2
5	++++-	++++-	++++-	++++-	++++-	+----	++++-	-----	----	12	4.50

ANEXO 1

TABLA DEL VALORES DEL NMP

Tabla XXIX Número más probable (NMP) por 100 cc. de muestra inoculando cinco tubos con cada uno de los volúmenes de muestra de 10, 1 y 0.1.

Pos.			NMP	Pos.			NMP	Pos.			NMP
10	1	0.1		10	1	0.1		10	1	0.1	
0	0	0	-	1	0	0	2.00	2	0	0	4.50
0	0	1	1.80	1	0	1	4.00	2	0	1	6.80
0	0	2	3.60	1	0	2	6.00	2	0	2	9.10
0	0	3	5.40	1	0	3	8.00	2	0	3	12.00
0	0	4	7.20	1	0	4	10.00	2	0	4	14.00
0	0	5	9.00	1	0	5	12.00	2	0	5	16.00
0	1	0	1.80	1	1	0	4.00	2	1	0	6.80
0	1	1	3.60	1	1	1	6.10	2	1	1	9.30
0	1	2	5.50	1	1	2	8.10	2	1	2	12.00
0	1	3	7.30	1	1	3	10.00	2	1	3	14.00
0	1	4	9.10	1	1	4	12.00	2	1	4	17.00
0	1	5	11.00	1	1	5	14.00	2	1	5	19.00
0	2	0	3.70	1	2	0	6.10	2	2	0	9.30
0	2	1	5.50	1	2	1	8.20	2	2	1	12.00
0	2	2	7.40	1	2	2	10.00	2	2	2	14.00
0	2	3	9.20	1	2	3	12.00	2	2	3	17.00
0	2	4	11.00	1	2	4	15.00	2	2	4	19.00
0	2	5	13.00	1	2	5	17.00	2	2	5	22.00
0	3	0	5.60	1	3	0	8.30	2	3	0	12.00
0	3	1	7.40	1	3	1	10.00	2	3	1	14.00
0	3	2	9.30	1	3	2	13.00	2	3	2	17.00
0	3	3	11.00	1	3	3	15.00	2	3	3	20.00
0	3	4	13.00	1	3	4	17.00	2	3	4	22.00
0	3	5	15.00	1	3	5	19.00	2	3	5	25.00
0	4	0	7.50	1	4	0	11.00	2	4	0	15.00
0	4	1	9.40	1	4	1	13.00	2	4	1	17.00
0	4	2	11.00	1	4	2	15.00	2	4	2	20.00
0	4	3	13.00	1	4	3	17.00	2	4	3	23.00
0	4	4	15.00	1	4	4	19.00	2	4	4	25.00
0	4	5	17.00	1	4	5	22.00	2	4	5	28.00
0	5	0	9.40	1	5	0	13.00	2	5	0	18.00
0	5	1	11.00	1	5	1	15.00	2	5	1	20.00
0	5	2	13.00	1	5	2	17.00	2	5	2	23.00
0	5	3	15.00	1	5	3	19.00	2	5	3	26.00

Tabla XXX (continuación)

Pos.			NMP	Pos.			NMP	Pos.			NMP
10	1	0.1		10	1	0.1		10	1	0.1	
3	0	0	7.80	4	0	0	13.00	5	0	0	23.00
3	0	1	11.00	4	0	1	17.00	5	0	1	31.00
3	0	2	13.00	4	0	2	21.00	5	0	2	43.00
3	0	3	16.00	4	0	3	25.00	5	0	3	58.00
3	0	4	20.00	4	0	4	30.00	5	0	4	76.00
3	0	5	23.00	4	0	5	36.00	5	0	5	95.00
3	1	0	11.00	4	1	0	17.00	5	1	0	23.00
3	1	1	14.00	4	1	1	21.00	5	1	1	46.00
3	1	2	17.00	4	1	2	26.00	5	1	2	64.00
3	1	3	20.00	4	1	3	31.00	5	1	3	84.00
3	1	4	23.00	4	1	4	36.00	5	1	4	110.00
3	1	5	27.00	4	1	5	42.00	5	1	5	130.00
3	2	0	14.00	4	2	0	22.00	5	2	0	49.00
3	2	1	17.00	4	2	1	26.00	5	2	1	70.00
3	2	2	20.00	4	2	2	32.00	5	2	2	95.00
3	2	3	21.00	4	2	3	38.00	5	2	3	120.00
3	2	4	27.00	4	2	4	44.00	5	2	4	150.00
3	2	5	31.00	4	2	5	50.00	5	2	5	180.00
3	3	0	11.00	4	3	0	27.00	5	3	0	79.00
3	3	1	21.00	4	3	1	33.00	5	3	1	110.00
3	3	2	24.00	4	3	2	39.00	5	3	2	140.00
3	3	3	31.00	4	3	3	45.00	5	3	3	180.00
3	3	4	35.00	4	3	4	52.00	5	3	4	210.00
3	3	5	21.00	4	3	5	59.00	5	3	5	150.00
3	4	0	24.00	4	4	0	34.00	5	4	0	130.00
3	4	1	28.00	4	4	1	40.00	5	4	1	170.00
3	4	2	32.00	4	4	2	47.00	5	4	2	220.00
3	4	3	36.00	4	4	3	54.00	5	4	3	280.00
3	4	4	40.00	4	4	4	62.00	5	4	4	350.00
3	4	5	25.00	4	4	5	69.00	5	4	5	430.00
3	5	0	29.00	4	5	0	41.00	5	5	0	240.00
3	5	1	32.00	4	5	1	48.00	5	5	1	350.00
3	5	2	37.00	4	5	2	56.00	5	5	2	540.00
3	5	3	41.00	4	5	3	64.00	5	5	3	920.00
3	5	4	43.00	4	5	4	72.00	5	5	4	1,600.00
3	5	5	45.00	4	5	5	81.00	5	5	5	> 1600

ANEXO 2

Tabla XXXI Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua según Norma
Coguanor NGO 29 001

Parámetro	LMA	LMP
Color	5.U uc ¹	35.0 uc
Turbiedad	5.0 UNT *	15.0 UNT
Temperatura	1-5 - 25 °C	34°C
Dureza total (como CaCO ₃)	100 mg/l	500 mg/l
Cloruro	100 mg/l	250 mg/l
Conductividad	-----	1,500 µs/cm
Cloro residual libre	(0.5 mg/l	1.0 mg/l
Coliformes totales (organismos/100 ml)	0	0
Fluoruro	-----	1.7 mg/l
Hierro	0.1 mg/l	1 mg/l
Nitratos	-----	10.0 mg/l
Nitritos	-----	1.0 mg/l
pH	7,0-7.5	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	500 mg/l	1000 mg/l
Sulfato	100 mg/l	250 mg/l

Fuente: Norma Coguanor NGO 29001 del Ministerio de Economía según Acuerdo Gubernativo No. 986-1999, publicado en Diario de Centroamérica el día 4 de febrero de 2000.

LMA: Límite máximo aceptable

LMP: Límite máximo permisible

* Unidades Nefelométricas de Turbiedad

¹ Unidades de color

ANEXO 3

Tabla XXXII Comparación de los reglamentos internacionales (límite máximo permisible) sobre agua potable:OMS, EPA y CEE.

Parámetro	EPA	CEE	OMS
Cloruro	250 mg/l	25 mg/l	250 mg/l
Color	15 yc	20 mg Pt-Co/l	15 uc
Coliformes totales (organismos /100 ml)	1	10	0
Fluoruro	4.0 mg/l	NS	1.5 mg/l
Hierro	0.003 mg/l	300	0.3 mg/l
Nitratos	10.0 mg/l (como N)	50 mg/l	10.0 mg/l
Nitritos	1 mg/l (como N)	0.1 mg/l	
PH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Sólidos totales disueltos	500 mg/l	NS	1000 mg/l
Sulfato	250 mg/l	25 mg/l	400 mg/l
Turbidez	5 NTU	5 NTU	5 NTU

Fuente: Guías para la calidad del agua potable.

¹EPA ² Comunidad Económica Europea

³ Organización Mundial para la Salud

NS No hay estándar

* Unidades nefelométricas de turbiedad

" unidades de color