

# Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua “UNAN-Managua”

Facultad de Ciencias E Ingeniería.  
Departamento de Construcción.  
Carrera: Ingeniería Civil

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL



TEMA:

Evaluación físico-química y bacteriológica del agua en el sistema de abastecimiento del casco urbano del Municipio de La Concordia durante cinco semanas de abril y junio del año 2013.

Autor:

Br. Israel del Socorro Castillo Palacios.

Tutor:

Dr. Víctor Tirado Picado

Asesora Metodológica:

Msc. Pilar Marin Ruiz

**Octubre del 2013**

## DEDICATORIA

A DIOS por darme la vida, sabiduría y voluntad requerida para concluir mis estudios y realizar el presente trabajo.

A mis padres, Benicia y Socorro, quienes me han apoyado en todas mis decisiones y por el esfuerzo que hicieron para que culminara mi carrera.

A mi hijo, Carlos Renato, por ser parte importante de mi vida y a mi esposa, Karla Massiell, por brindarme su apoyo, comprensión e incentivarme a concluir este trabajo.

## INDICE

I	Introducción.....	1
II	Objetivos.....	4
III	Marco Teórico.....	5
	3.1 Caracterización del Municipio de la Concordia.....	5
	3.1.1 Generalidades.....	5
	3.1.2 Población.....	8
	3.1.3 Recursos hídricos del Municipio.....	9
	3.1.4 Características básicas del sistema de abastecimiento.....	14
	3.2 Fuentes de agua.....	19
	3.3 Sistemas convencionales de abastecimiento de agua.....	19
	3.4 Calidad del agua.....	20
	3.5 Parámetros indicadores de la calidad del Agua.....	20
	3.5.1 Parámetros Organolépticos.....	20
	3.5.2 Parámetros Físicoquímicos.....	22
	3.5.3 Parámetros Bacteriológicos.....	28
	3.6 Control de Calidad del agua.....	30
	3.6.1 Inspección Sanitaria.....	31
	3.6.2 Operación y mantenimiento.....	31
	3.7 Vigilancia de la Calidad del agua.....	32
	3.8 Aspectos de riesgos, vulnerabilidad y seguridad en sistemas de agua	33
	3.8.1 Aspectos de riesgos para la salud.....	33
	3.8.2 Aspectos de vulnerabilidad.....	35
IV	Diseño metodológico.....	38
	4.1 Tipo de Estudio.....	38
	4.2 Población.....	38
	4.3 Muestra.....	38
	4.3.1 Selección de puntos de muestreo.....	40
	4.4 Operacionalización de variables.....	41
	4.5 Trabajo de Campo.....	42
	4.5.1 Encuesta.....	42
	4.5.2 Entrevista.....	42
	4.5.3 Inspección Sanitaria.....	42

4.5.4	Muestreo.....	44
4.6	Metodología para la Recolección de muestras.....	45
4.6.1	Análisis físico-químico.....	45
4.6.2	Análisis Bacteriológico.....	45
4.7	Metodología para la determinación del riesgo Sanitario.....	46
4.7.1	Indicador de calidad del agua.....	47
4.7.2	Indicador de fragilidad de la fuente.....	49
4.7.3	Indicador de fragilidad del abasteciendo.....	50
4.7.4	Indicador de la agrupación de viviendas.....	51
4.7.5	Indicador de sensibilidad de la población.....	52
V	Resultados y discusión.....	54
5.1	Calidad del Agua.....	54
5.2	Parámetros indicadores de la Calidad del agua.....	54
5.2.1	Parámetros organolépticos.....	56
5.2.2	Parámetros físico-químicos.....	58
5.2.3	Parámetros Bacteriológicos.....	64
5.3	Tipo Hidroquímico del agua.....	66
5.4	Control de la Calidad del agua.....	67
5.5	Vigilancia de la Calidad del agua.....	68
5.6	Aspectos de riesgos, vulnerabilidad y seguridad en sistemas de agua.....	69
5.6.1	Aspectos de riesgos para la salud.....	69
5.6.2	Aspectos de vulnerabilidad.....	70
5.7	Índice de Riesgo.....	73
5.7.1	Calculo del Indicador de calidad.....	73
5.7.2	Calculo del Indicador de fragilidad de la fuente.....	74
5.7.3	Indicador fragilidad del abastecimiento.....	75
5.7.4	Indicador de agrupación de viviendas.....	76
5.7.5	Indicador de la sensibilidad de la población.....	77
5.7.6	Riesgo Calculado.....	77
VI	Conclusiones.....	79
	Recomendaciones.....	81
	Referencias Bibliográficas.....	82
	Anexos.....	88

## AGRADECIMIENTOS

Al Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN), por el apoyo brindado en el desarrollo del presente estudio.

Al señor Miguel Martínez del departamento de bacteriología de Centro de Salud del Municipio de La Concordia, por la ayuda incondicional en la realización de análisis de calidad de agua por método de membrana filtrante durante las cuatro semanas intermedias, que sirvieron como base para el desarrollo de conclusiones del presente estudio.

A la Lic. Pilar Marín por la asesoría en la parte de la metodología de la presente investigación.

A mi tutor Dr. Víctor Tirado Picado por la ayuda incondicional, y el apoyo brindado en las diferentes fases de esta investigación.

Finalmente mis sinceros agradecimientos a todas las personas que desinteresada e incondicionalmente me apoyaron a lo largo de este proceso de investigación.

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Población Urbana y Rural	9
Tabla 2.	Sub cuencas y microcuencas del municipio	10
Tabla 3.	Programación de análisis de los parámetros objeto del estudio	44
Tabla 4.	Indicador de la calidad del agua en la fuente	47
Tabla 5.	Indicador de la calidad físico-químico del agua en la red	47
Tabla 6.	Indicador de la calidad bacteriológica del agua en la red	48
Tabla 7.	Indicador de la proporción de cloro	48
Tabla 8.	Análisis a considerar para el cálculo del Ict si hay un sistema de desinfección	48
Tabla 9.	Análisis a considerar para el cálculo del Ict si no hay un sistema de desinfección	48
Tabla 10	Índice de vulnerabilidad del terreno	49
Tabla 11	focos de contaminación	49
Tabla 12	Índice de variabilidad de la calidad de la fuente.	50
Tabla 13	Valoración de captación superficial o de vertiente:	50
Tabla 14	Índice del estanque.	50
Tabla 15	Índice de la red	51
Tabla 16	Valoración para el índice de habitantes.	51
Tabla 17	Índice de concentración de viviendas	51
Tabla 18	Índice menores de 5 años	52
Tabla 19	Índice mayores de 65 años	52
Tabla 20	Puntos por ingreso familiar	53
Tabla 21	Factor de consideración de acceso a la salud	53
Tabla 22	Clasificación del Riesgo y color.	53
Tabla 23	Resultados de los parámetros de estudio	55

Tabla 24	Resultados Color verdadero del agua en los sitios de muestreo.	56
Tabla 25	Turbiedad del agua en los sitios de muestreo durante la primera y última semana del estudio	57
Tabla 26	Concentraciones de cloruros en época seca y época de invierno	59
Tabla 27	Conductividad durante el primer y último muestreo.	60
Tabla 28	Concentraciones de durante la primera y última semana	60
Tabla 29	Clasificación del grado de dureza	61
Tabla 30	Datos calculados de indicadores de calidad del agua	74
Tabla 31	Datos calculados para indicador de fragilidad de la fuente	74
Tabla 32	Datos para el Indicador de fragilidad del abastecimiento	76
Tabla 33	Datos para el cálculo del indicador de agrupación de viviendas	76
Tabla 34	Datos para el cálculo del indicador de sensibilidad de la población	77
Tabla 35	Resumen de indicadores	77
Tabla 36	Riesgo Calculado	78

## RESUMEN

Esta investigación se focaliza en el estudio de la calidad del agua del sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de La Concordia, abordando específicamente los parámetros bacteriológicos, organolépticos y físico-químicos descritos en las normas CAPRE. Los análisis se realizaron con la toma de muestras en la captación de la Breiera y en los grifos del casco urbano durante cinco semanas comprendidas entre abril y junio del 2013, en la primera y en la última semana se realizaron análisis completos de los parámetros mencionados con la toma de muestras que fueron analizadas en el laboratorio del CIRA de la UNAN, y durante las semanas intermedias se tomaron muestras que fueron analizadas mediante un laboratorio portátil, únicamente para parámetros bacteriológicos, cloro residual, turbiedad y PH, además de utilizar información de campo que complementa la interpretación de resultados como la inspección sanitaria, encuestas y entrevistas, con lo cual se logró asignar el nivel de riesgo sanitario del sistema con una metodología que combina parámetros de calidad del agua, administración, población y vulnerabilidad del sistema.

Se concluyó que el sistema presenta serias deficiencias de administración, operación y mantenimiento que deterioran la calidad del agua, encontrándose además una alta vulnerabilidad del sistema ante la contaminación microbiana.

Se verificó que la calidad del agua disminuye por el efecto de las escorrentías producto de las precipitaciones, que arrastran material sedimentario e incrementan los niveles de turbiedad a cantidades muy por encima de las recomendadas por las normas CAPRE, con lo cual la cloración es ineficiente aun cuando se dosifique con las cantidades recomendadas.

De igual manera se observó que el sistema de filtración existente no está cumpliendo su función en parte por falta de mantenimiento y por ende no se conoce la eficiencia del mismo.

## I. INTRODUCCIÓN

La salud contribuye al desarrollo del capital humano y al crecimiento económico de un país, el derecho a disfrutar del más alto nivel posible de salud también es fundamental para una vida digna y abarca una amplia gama de determinantes, entre estos, el acceso al agua de buena calidad y un medio ambiente saludable. (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2011). Por tal motivo los encargados del suministro de agua de una localidad deben velar para que esta sea apta para consumo humano, al margen de las normas de calidad del agua, cumpliendo con los parámetros establecidos en dichas normas.

ENACAL, proporciona aproximadamente el 55% de los servicios de suministro de agua en el país. Hay una mala cobertura urbana con cortes y limitaciones de horas de servicio (en aproximadamente el 77% de los hogares urbanos) y un abastecimiento rural inferior al 31%. La población urbana con acceso a servicios de aguas negras fue estimada en 32%. (Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados [ENACAL], 2006). En el municipio de La Concordia el servicio de agua está a cargo de la Alcaldía sin embargo, se ha observado que el servicio no es sostenible y en gran medida es subsidiado, lo que conlleva a un deterioro en la calidad del agua.

El desarrollo de la presente investigación permitió determinar la calidad del agua en el sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de La Concordia, tomando como referencia los parámetros, organolépticos, físico-químicos y bacteriológico descritos en las normas CAPRE, de igual manera se asignó el nivel de riesgo sanitario, de acuerdo al comportamiento de la calidad del agua durante la primera y última semana de estudio. También permitió valorar el nivel de diligencia que ejercen los encargados del control de la calidad del agua y hasta qué punto se están realizando las actividades de control y vigilancia.

El estudio de la calidad del agua es un campo de gran importancia a nivel mundial siendo la OMS, OPS, CEPIS y CAPRE los organismos que más difunden este tema a través de diversas publicaciones como guías, normativas y estudios relacionados.

En Nicaragua se ha aprobado la “Norma Regional de Calidad del Agua para el Consumo Humano”, editada por CAPRE en Septiembre de 1993 y revisadas en Marzo de 1994 cuyo objetivo es proteger la salud pública y por consiguiente, ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento del agua. Estas Normas fueron adoptadas por el Ministerio de Salud de la República de Nicaragua, según Acuerdo Ministerial No. 65-94 del 24 de octubre de 1994, amparado en lo establecido en las Disposiciones Sanitarias en relación a los sistemas de abastecimiento de agua para el consumo humano.

En materia de estudios relacionados con la calidad en sistemas de abastecimiento son pocos los que se han realizado en nuestro país, sin embargo, existen algunos de importancia y que fueron a los que se logró obtener acceso para el desarrollo de esta investigación, siendo estos:

- En el 2007 La UNAN-León realizó el estudio titulado “Diagnóstico de la calidad del agua de consumo en las comunidades del sector rural noreste del municipio de León, Nicaragua”
- En el 2007 Yader Caballero Arbizù realizó el estudio “Potencial Hidrológico y calidad de las aguas superficiales en la subcuenta del río Ochomogo”

En el municipio de La Concordia no existe un estudio previo con respecto a la calidad del agua, pero si se han realizado otro tipo investigaciones en las cuales se hace referencia a este tema, como el Plan de ordenamiento territorial del municipio en del año 2011, en el cual se menciona que el casco urbano tiene una excelente calidad del agua.

Consciente de la importancia que tiene la calidad del agua para el bienestar de la salud y considerando el nivel de riesgo al cual estamos expuestos al consumir agua de mala calidad se ha visto la necesidad de abordar el tema y contribuir de esta manera en la detección de factores que afectan la calidad del agua.

Con el desarrollo de la presente investigación se espera apoyar la labor de vigilancia del Ministerio de Salud en el municipio y además, contribuir al campo de la ingeniería sanitaria, abordando un tema de importancia que puede ser de ayuda para futuras investigaciones o bien, para tomar medidas preventivas en el sistema de abastecimiento.

## II. OBJETIVOS.

### 2.1. Objetivo General

Evaluar la calidad Organoléptica, bacteriológica y Fisicoquímica del agua en el sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de La Concordia durante cinco semanas en los meses de abril y junio del 2013, tomando como referencia las normas CAPRE.

### 2.2. Objetivo específicos.

- Determinar la calidad del agua en base a los parámetros organolépticos en el sistema de abastecimiento.
- Determinar la calidad bacteriológica del agua de consumo en el sistema de abastecimiento.
- Determinar la calidad físico-química del agua de consumo en el sistema de abastecimiento.
- Conocer la aplicación de actividades de control y vigilancia de la calidad del agua.
- Determinar el riesgo sanitario existente en el sistema de abastecimiento de agua potable.

### III. MARCO TEÒRICO

#### 3.1. Caracterización del Municipio de La Concordia<sup>1</sup>

##### 3.1.1. Generalidades

- Reseña Histórica

Por Ley del 28 de enero de 1,848, el Jefe del Estado Libre de Nicaragua, autoriza el traslado del pueblo de San Rafael del Norte al valle de Sabana Grande o Chagüite Largo, actual asiento del pueblo de La Concordia. No se sabe qué motivó la solicitud de traslado autorizada por el gobierno, lo cierto es que se formaron dos partidos entre los vecinos: los traslacionistas, que con las autoridades se fincaron en el asentamiento actual de La Concordia y la mayoría que resueltamente se aferró a su primitivo pueblo. El diferendo quedó resuelto por Ley del 22 de abril de 1,851, siendo Director interino de Estado Don Justo Abaunza y Ministro de Gobernación don Sebastián Salinas, al decretar que los pueblos San Rafael del Norte y San Rafael de La Concordia serían independientes uno del otro y sus vecinos en libertad de escoger el domicilio que les agradase. Archivos y demás instrumentos se devolverían al pueblo original, debiendo la Concordia proveerse de lo necesario para su administración. Se ordenaba al Prefecto del Departamento de Matagalpa presidir la elección de autoridades y fijar los elegidos y límites jurisdiccionales. Así quedó constituido el Municipio de La Concordia el día 28 de abril de 1851.

- Límites del municipio

Al Norte: Municipio de San Sebastián de Yalí

Al Sur: Municipio de La Trinidad y Estelí

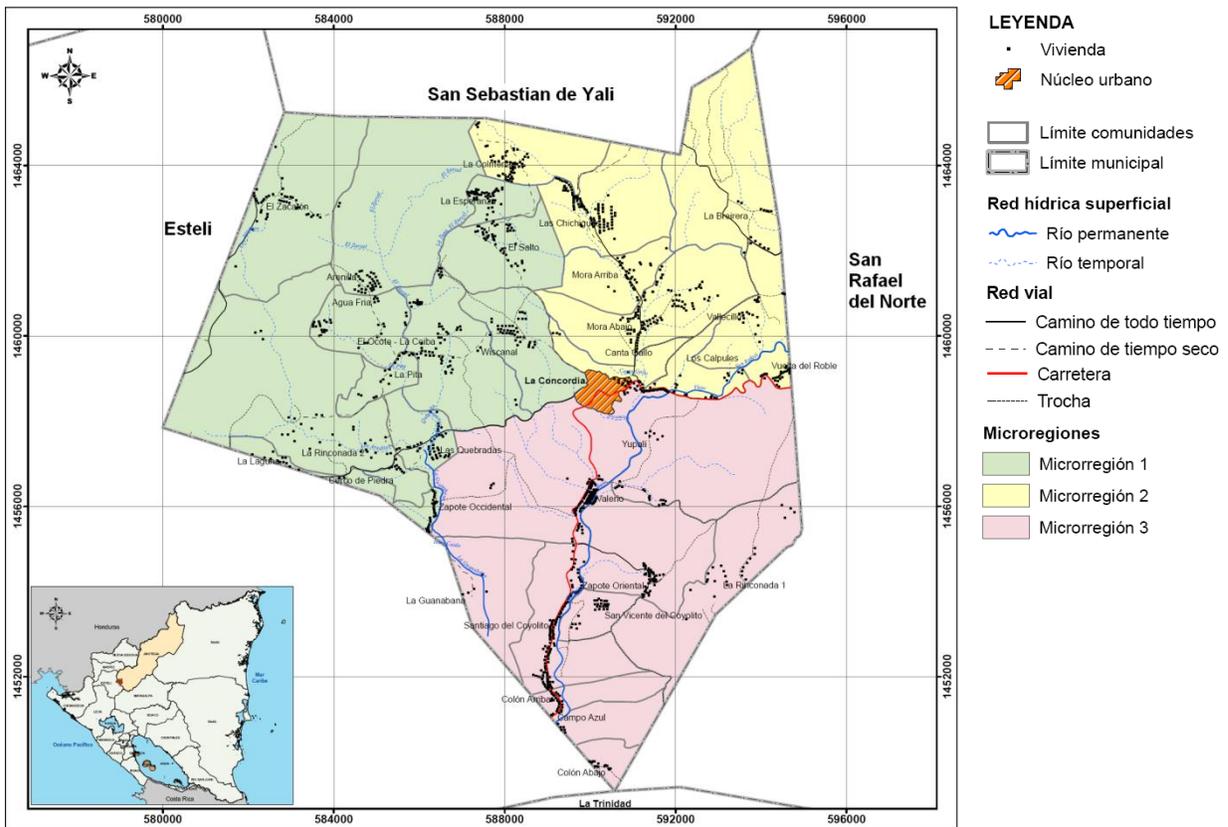
Al Este: Municipio de San Rafael del Norte

Al Oeste: Municipio de Estelí

---

Alcaldía Municipal de La Concordia (2009). Caracterización Municipal

## Mapa 1. Límites Territoriales y Asentamientos Humanos.



Fuente: Alcaldía Municipal de La Concordia – Programa Terrena

- Posición Geográfica

Se localiza entre las coordenadas 13° 11' latitud norte y 86° 10' longitud oeste.

- Distancia a Managua

La distancia a la capital de nuestro país es de 175 km.

- Distancia a la Cabecera Municipal

La Concordia es un municipio del Departamento de Jinotega, cuya cabecera departamental lleva el mismo nombre y está localizada a una distancia de 32 km del municipio.

- Extensión Territorial

La extensión territorial del Municipio de La Concordia es de 151km<sup>2</sup>.

- Clima del municipio

La temperatura media anual oscila entre 20 y 26 grados centígrados.

Presenta cinco zonas climáticas predominando el de Bosque Subtropical húmedo con transición a Sub Húmedo en el que predominan las temperaturas frescas, asociadas a elevaciones que varían de 720 a 1,671 metros sobre el nivel del mar. Un régimen de precipitación que varía en dos temporadas marcadas (primera y postrera) alcanzando un máximo de 1600 mm/año y un mínimo de 800 mm/año. Presenta una condición media de pérdidas de cosecha por sequía y presencia de período canicular definido.

- Zonas de Riesgo y Amenazas

La amenaza de inundación es la de mayor importancia en el municipio de La Concordia, las crecidas del Río Viejo han sido recurrentes en los últimos años afectando áreas pobladas en sus márgenes, su mayor crecida con el huracán Mitch alcanzó hasta un nivel mayor a 2.5 m en algunos lugares. De acuerdo a las observaciones de campo la situación de las comunidades asentadas en la llanura de inundación es complicada ya que deben ser reubicadas y no se podrá seguir autorizando el asentamiento en esos sitios. Se identificaron 24 sitios que requieren obras hidráulicas y de ellos 11 son sitios críticos.

- Agua potable y alcantarillado Sanitario

El servicio y abastecimiento de agua potable en el Municipio de La Concordia tiene diferentes modalidades, en el casco urbano se abastece del vital líquido mediante dos sistemas de captación, el primero en las cercanías a la ciudad y el segundo se ubica en la comunidad La Breiera, abasteciendo un tanque y con sistema de gravedad, en el casco urbano el servicio cuenta con 450 usuarios y la empresa es

propiedad de la Alcaldía Municipal; a nivel de las comunidades se cuenta con 8 sistema de agua potable, 12 sistema de mini acueductos por gravedad (MABE), 7 pozos y 3 ojos de agua.

Cabe mencionar que en el año 2010 fueron instalados medidores en las conexiones domiciliarias y se estableció el costo por M<sup>3</sup> con el objetivo de regular el consumo de agua.

En el municipio de La Concordia no existe un sistema de aguas negras ni aguas pluviales y se utilizan letrinas en el casco urbano y en las 33 comunidades del municipio, se reportan 220 letrinas instaladas en el casco urbano y 260 en la zona rural requiriéndose la instalación al menos de unas 820 letrinas más. Durante el período 2009 - 2012, el Gobierno Municipal logró la ejecución de cuatro proyectos de letrinas para ir respondiendo a la demanda de dicho servicio.

El servicio de Agua potable es administrado por la Alcaldía Municipal que cuenta con el Responsable de la Unidad Municipal de Agua y Saneamiento (UMAS) y con un encargado de operación y mantenimiento, la lectura de medidores y el cobro del servicio es realizado por el área de Finanzas de la Comuna.

- Altitud del municipio

Ubicados en las llanuras de Colón Abajo alcanza los 600 msnm y los 1,600 msnm en la parte del Cerro Azul y La Breiera, el Casco Urbano se encuentra a una altitud de 899.11 msnm.

### 3.1.2. Población

- Densidad Poblacional

La densidad poblacional es de 48 hab/Km<sup>2</sup> y la tasa de crecimiento anual de la población es de 0.7% habitantes según datos suministrados por la Alcaldía Municipal

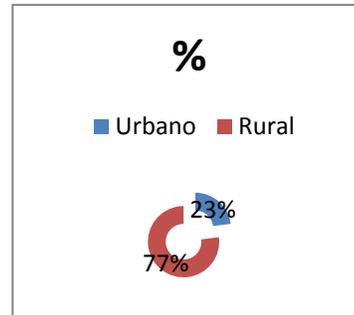
- Total de población del municipio.

El número de habitantes del Municipio de La Concordia es de 7,200 habitantes, según fuente INIDE – 2012.

Tabla 1. Población Urbana y Rural

Urbana	1,654	%	22.97
Rural	5,546	%	77.03
<b>Total</b>	<b>7,200</b>	<b>%</b>	<b>100.00</b>

Fuente, INIDE – 2012



### 3.1.3 Recursos Hídricos del Municipio

- Cuencas Hidrográficas

La cuenca es una unidad natural y su funcionamiento está relacionado a los elementos que definen el comportamiento del sistema hídrico. Existe una interacción entre el sistema natural suelo, agua y bosque (vegetación) y el sistema socioeconómico, (no tiene un límite físico), si depende de la oferta, calidad y disposición de los recursos. Las personas, familias, comunidades y ciudades, se ubican en algún espacio de la cuenca e interactúan con los recursos naturales, generando efectos positivos como la producción de alimentos, bienes y servicios en general, sin embargo, estos generan efectos negativos como contaminación, disponibilidad (cantidad y calidad) del agua cada vez más reducida, uso inadecuado de la tierra y por ende la degradación de los recursos naturales en la cuenca vertiente.

Los recursos hídricos en el municipio según las microcuencas delimitadas muestran parámetros morfo métricos que favorecen las escorrentías superficiales ya que las formas que tienen oblonga las microcuencas del Río Viejo y Río La Guanábana, indican que la respuesta a los eventos lluviosos es rápida lo que manifiesta un incremento en la escorrentía superficial. Sumado a esto las pendientes medias mayores a 19%, así como las elevaciones medias mayores a los 1056 msnm.

favorecen aún más los procesos erosivos junto con el cambio de uso de la tierra de bosque, café con sombra a cultivos anuales, hortalizas o pasturas.

- Hidrología Superficial

El territorio del municipio de La Concordia contiene una red de drenaje que fluye de norte a sur con un patrón de drenaje superficial dendrítico. El territorio cobra importancia ya que en él nacen dos de las tres principales vertientes que forman el nacimiento del Río Viejo formada por dos ríos secundarios, río Las Chichiguas, la microcuenca Comarca La Peña y un tercer ramal que nace como vertiente del mismo nombre en el Municipio de San Rafael del Norte.

El patrón de drenaje conforma una red fluvial que conforma un total de 20 micro cuencas de las cuales siete microcuencas están contenidas completamente en el área municipal con un total de 12,685.48 ha. el resto del área comparte con las subcuencas del Río Estelí (Microcuenca las Trojas), Río Yalí comparte el área total de la microcuenca del río Los Araditos y parcialmente las microcuencas del Río La Naranja y Río Los Prendedizos. La red de drenaje está conformada por un total de 153,826.46 m de ríos de los cuales el 4% corresponde al Río Viejo de flujo constante y el río La Guanábana con flujo principal inconstante.

Tabla 2. Sub cuencas y microcuencas del municipio

N°	Sub cuencas/microcuencas	Área
1	Estelí	1,874.60 ha
2	Las Trojas	1,874.60 ha
3	Río Viejo	24,257.05 ha
4	Com. La Peña	1,616.12 ha
5	Com. Namanjí	1,640.59 ha
6	Com. San Rafael del Norte	2,392.85 ha
7	Com. San Vicente de Coyolito	3,705.38 ha
8	El Bejuco	2,656.72 ha
9	Hato Grande	993.96 ha



- Flora del Municipio

En la zona se distinguen estratos aislados de bosque de pino (*Pinusoocarpa*) sin áreas de conectividad. En asocio con estas áreas de pino (*Pinusoocarpa* y *Pinustecunumanii*) se encuentra el Roble Encino (*Quercus* sp.), Cedro Cocuma (*Carapa* sp.), Nogal (Junglas sp.) y Liquidámbar (*Liquidámbar styraciflua*), Coyote (*Platimysciumdimorphadrum*), Frijolillo (*Leucaenasalvadorensis*), Granadillo (*Dalmergiaglomerata*), entre otras. En las áreas de café se encuentran en abundancia Guabas (*Ingas* sp.), Matasano (*Casimoroatetrameria*), Aguacate Canelo (*Ocoteaveraguensis*), Aguacate Prosan, entre otros.

- Fauna del Municipio

Aunque no existen estudios específicos de Fauna, se ha identificado la presencia de aves como Tucán, Jilguero, Quetzal (zona alta), Oropéndolas, Zopilotes y Chocoyos. No hay mucha presencia de mamíferos aunque aún se observan venados, Gato Ostoche (*Urocyoncinereoargenteus*), Guatusas (*Dasyproctapunctata*) y Guardatinajas (*Agouti paca*), Puercoespín (*Coendoumexicanus*), Zorro mión (*Conepatussemistriatus*), ardillas (*Sciurusvulgaris*) Pizote (*Nasuanarica*) y Mapaches (*Procyonlotor*), Perico lerdo (*Tamandua mexicana*), guardiolas y cusucos (*Dasypusnwmecinctus*). En la parte más baja predomina los Conejos silvestres (*Sylvilagus* sp), el zorro Cola Pelada (*Didelphis* sp), las Urracas (*Calocittaformosa*), el Zanate Clarinero (*Quiscalusnicaraguensis*), Tijul (*Molothrusaeneus*), Guardabarranco (*Eumotasperciliosa*), gavilanes, Paloma de San Nicolás, Arrocerito, relojero, el Garrobo negro (*Ctenosaurasimilis*), Iguanas (*Iguana iguana*), pichete verde (*Sceloporusmalachiticus*), Boa (*Boa constructor*), Cascabel (*Crotalusdurissus*) y otros reptiles.

- Recursos geológicos existentes

Los terrenos se incluyen en la Provincia Volcánica Terciaria, con la excepción de los terrenos que ocupan el sector norte, los cuales pertenecen a la Plataforma Paleozoica (McBirney y Williams, 1968; Fenzl, 1989).

La Provincia Volcánica Terciaria, que en el sector **NW** descansa sobre la Plataforma Paleo-Mesozoica ocupa todo el Sector Central y en parte el Sector Nor-Oriental. Está representada por el Grupo Coyol (**Tmcd**) y por la Formación Matagalpa (**Tomm**).  
área estudiada (Departamentos de Matagalpa y Jinotega) y se caracteriza por intercalaciones de lavas basálticas, andesíticas y dacíticas, aglomerados, ignimbritas, de composición dacítica y andesítica y tobas intermedias y ácidas.

En discordancia angular (ó por interdigitación) debajo del Grupo Coyol (**Tmcd**) yace la Formación Matagalpa (**Tomm**), que ocupa el Sector **NE**. Comprende rocas Vulcano-Sedimentarias-Lacustres, piroclásticostobáceas, tobas ignimbríticas y lavas, localmente fracturadas y con intensa alteración hidrotermal.

La Plataforma Paleo-Mesozoica comprende rocas metamórficas Paleozoicas, rocas sedimentarias plegadas y deformadas e intrusivos Cretácicos-Terciarios. Los principales sistemas de fallas que atraviesan estas regiones son el Sistema de Fallas de Punta Huete (NE-SO) y el Sistema de Fallas Matiguás(NO-SE) (Fenzl, 1989).

En cuanto a la secuencia litoestratigráfica local, fueron descritas y documentadas de la siguiente forma: Iniciando con la más reciente hasta finalizar con la más antigua.

#### Sedimentos Antiguos y Recientes (Q<sub>IV</sub>)

Compuestos por guijarros muy bien clasificados, arenas, suelo arcilloso, lo que se encuentra depositado en antiguas y actuales terrazas coluvial-aluvial ubicados en las riveras de los ríos actuales y paleo cauces. Comprenden un área de 1,038.24 hectáreas.

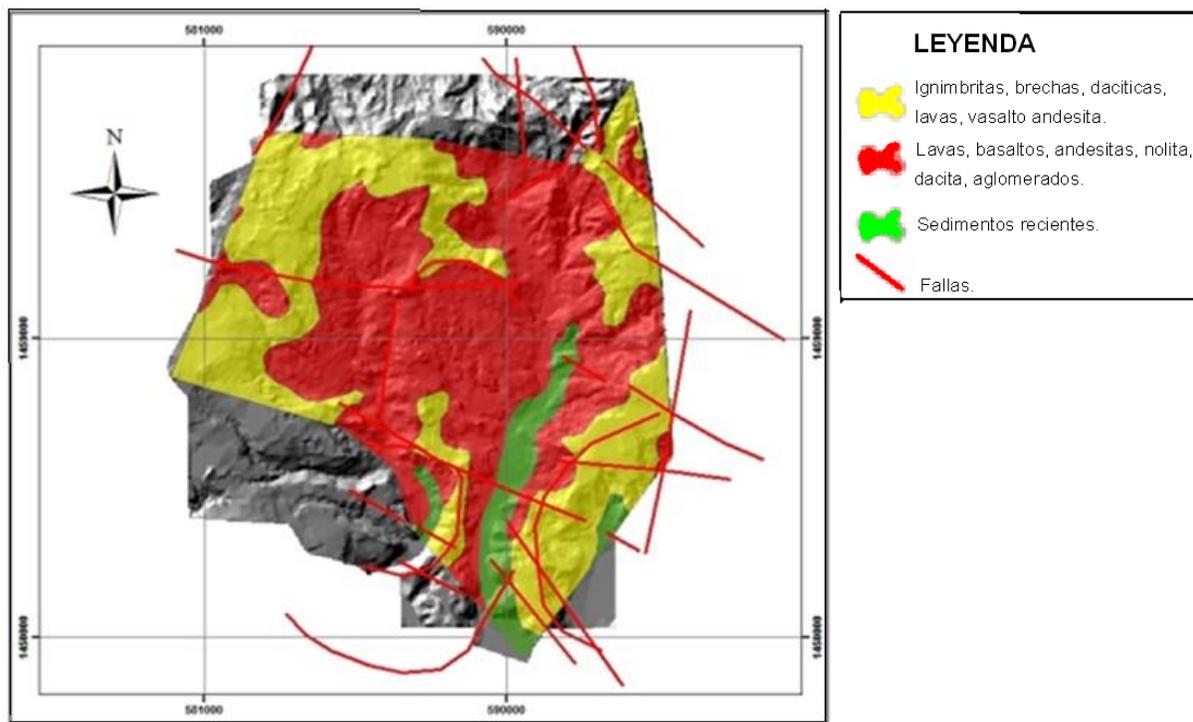
#### Grupo Coyol Superior (Tmcd)

Compuesta por rocas ignimbritas, brechas dacíticas, lava basáltica-andesítica. Distribuidas en un área de 5,864.34 hectáreas. Es la formación con mayor porcentaje en área distribuida en las partes altas del municipio.

## Grupo Coyol Inferior (Tmci)

Supra yacen discordantemente los depósitos Vulcano-Sedimentarios del Grupo Matagalpa (Tomm) y están compuestas por rocas: lava basáltica, andesita, reolitas-dacíticas y aglomerados. Son las rocas más abundantes en el municipio. Distribuidas en un área de 7,933.74 hectáreas.

Mapa 3. Geología de la Zona.



Fuente: Alcaldía Municipal de La Concordia.

### 3.1.4. Características básicas del sistema de abastecimiento

El sistema de abastecimiento de agua de La Concordia es un mini acueducto construido en 1983 que consistía originalmente en un conjunto de tuberías de pequeño diámetro ubicadas en las calles principales alimentadas por varios manantiales ubicados al noroeste de la localidad. El acueducto fue rehabilitado y ampliado en 1997 incorporando una nueva fuente de abastecimiento denominada la Breiera. En el año de 1999 se efectuaron reparaciones en la captación de la Breiera

que resulto severamente dañada por el huracán Mitch y se construyeron obras de pretratamiento.

- Componentes del sistema

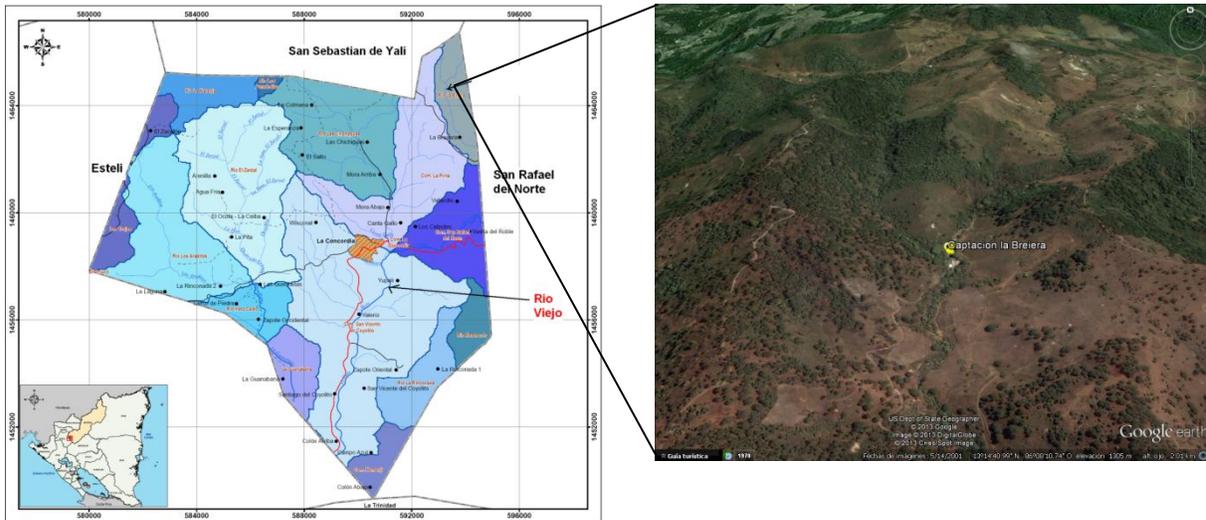
En el casco urbano del municipio de La Concordia el sistema de abastecimiento de agua potable es un sistema convencional que funciona por la influencia de la gravedad y depende básicamente de dos fuentes de abastecimiento, la primera ubicada en el casco urbano y la segunda ubicada en el sitio conocido como la Breiera. Este sistema tiene los siguientes componentes:

- Captación.

El sistema cuenta con dos captaciones: La primera y más antigua es la ubicada en las laderas de una colina en la parte noroeste del poblado y consta de tres cajas de captación de manantial, cuyo flujo es conducido mediante tubería a un tanque de mampostería, según estudios realizados en el 2008 el caudal de aportación asciende a 1.6 l/s (25 gpm). La Cuenca de 0.3km<sup>2</sup> de extensión ha sido reforestada y está ubicada en las coordenadas latitud 13°11'49" N y longitud 86°10'10" O.

La segunda captación, denomina la Breiera, se encuentra a 8Km al noreste del municipio de San Rafael del Norte es la de mayor importancia por su contribución en caudal obteniendo aportes de 6.3 l/s (100 gpm), aunque en la estación seca se reduce considerablemente. La cuenca de esta fuente es de 1.5km<sup>2</sup> y el caudal es aportado por dos pequeños arroyos que se encuentra ubicada en las coordenadas latitud 13°14'56" N y longitud 86°08'19" O, a una altura de 1254 msnm.

Figura 1. Ubicación de Captación la Breiera



Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google Earth

- Desarenador: Esta ubicado en la captación de la Breiera tiene una longitud de 12.90 mts, con un ancho de 2.75mts, y una profundidad aproximada de 2.10mts.
- Sistema de filtración: Está compuesto por una pileta de 9.50x5.52 metros de tres recámaras que funciona mediante filtración ascendente. La profundidad no fue posible calcularla, además que se carece de planos constructivos y se le da muy poco mantenimiento a esta infraestructura.
- Línea de conducción.

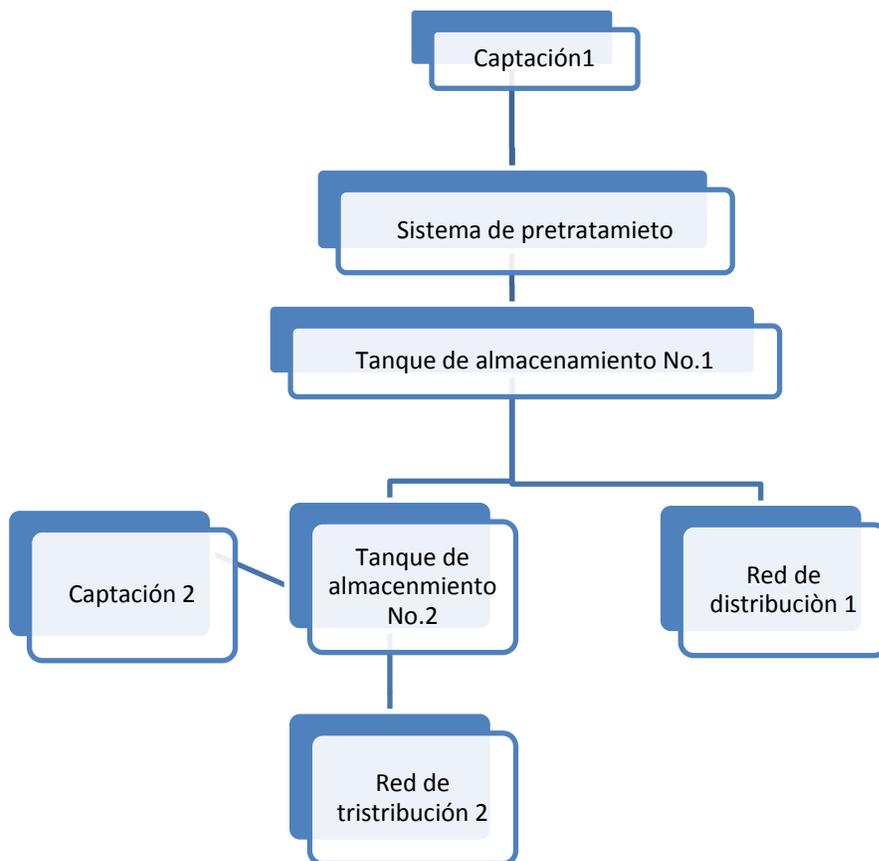
Desde las captaciones existentes, parten líneas de conducción con funcionamiento por gravedad hacia los tanques de almacenamientos localizados en la parte noroeste de la localidad.

La línea de conducción desde la fuente de la Breiera consta de 4.6 km de tubería PVC de 100mm (4") de diámetro y 4km de pvc en 3". Por efectos combinados de la



- Red de distribución: Compuesta de tubería pvc y básicamente se divide en dos redes una que va del tanque número 1(de mayor altura), al barrio la Cruz y otra que distribuye el agua en el resto de los barrios y se alimenta del tanque número dos.
- Conexiones domiciliarias. El sistema tiene 450 conexiones domiciliarias

Figura 3. Esquema del funcionamiento del sistema.



Fuente: Elaboración propia (Febrero del 2013)

### 3.2. Fuentes de agua

En la naturaleza existen tres fuentes de agua (Ministerio del Agua [MIDA], 2007), la cuales son:

- Atmosféricas: La constituyen el agua de lluvia, sin embargo ésta no es fuente constante, se almacena en época de lluvia para la sequía. Su uso es limitado, para consumo humano se debe hervir.
- Superficiales: Éstas son aguas provenientes de ríos, lagos, arroyos y represas. Para consumo humano pueden usarse sólo después del tratamiento.
- Subterráneas: Son formadas por aguas que se infiltran en la tierra y se almacenan en zonas porosas a diferentes profundidades. Incluyen a pozos, manantiales y galerías filtrantes. Generalmente no necesitan tratamiento.

### 3.3. Sistemas Convencionales de abastecimiento de agua

Se considera como sistema “convencional” aquel que brinda un servicio público de abastecimiento de agua al nivel de vivienda mediante conexiones domiciliarias, empleando un sistema de distribución de agua diseñado para proporcionar la calidad y cantidad de agua establecidas por las normas de diseño, y constan de uno o más de los siguientes componentes (Castro R y Pérez R, 2009)

- Captación o pozo
- Línea de conducción o impulsión
- Planta de tratamiento o estación elevadora de agua
- Reservorio o tanque de almacenamiento
- Red de distribución
- Conexiones domiciliarias.

Los sistemas suelen denominarse como sistemas por gravedad si la fuente esta a mayor altura en relación a la población y suministran agua por la influencia de la gravedad; y sistemas por bombeo, en los cuales la fuente de agua está en un nivel más bajo en relación con la comunidad. Se necesita un equipo de bombeo para elevar el agua y dar presión en la red de distribución. (MIDA, 2007).

### 3.4. Calidad del Agua

La calidad del agua es relativa es decir depende del uso que se le va a dar y para aseverar que determinada agua es apta para un propósito particular, debe cumplir los requisitos de calidad relacionados con su uso. (Castro M. 87). El agua apta para el consumo humano debe cumplir con ciertos parámetros que determinan la aceptabilidad e inocuidad de la misma (OMS, 2006). La calidad del agua en Nicaragua esta regula por las normas CAPRE.

### 3.5. Parámetros indicadores de la Calidad del Agua

Los principales parámetros indicadores de calidad del agua son: Parámetros Organolépticos, Parámetros Físicos Químicos y Parámetros Bacteriológicos, Cada uno de los cuales está orientado a evaluar la calidad del agua buscando indicadores que puedan afectar la salud de los consumidores. Siendo los parámetros bacteriológicos y organolépticos los que suelen presentar más problemas en sistemas de abastecimiento, ya que estos pueden presentar cambios en cortos períodos de tiempo por la influencia de factores externos. En cambio los parámetros Físicoquímicos tienden a ser más estables a excepción de ciertos parámetros de tipo físicos que cambian bruscamente por la influencia de fenómenos meteorológicos.

#### 3.5.1- Parámetros Organolépticos

Estos parámetros permiten detectar la aceptabilidad del agua por la persecución de nuestros sentidos y son los de mayor impacto en el consumidor, ya que estos pueden llevar al rechazo del agua suministrada.

A continuación se describen los principales parámetros organolépticos de importancia según las normas CAPRE.

- Color Verdadero

El color es la capacidad del agua para absorber ciertas radiaciones del espectro visible. En general, el agua presenta colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos. Normalmente el color se mide en un laboratorio por comparación de un estándar arbitrario a base de cloruro de cobalto,  $\text{Cl}_2\text{Co}$  y Cloroplatinato de potasio,  $\text{Cl}_6\text{PtK}_2$  y se expresa en una escala de unidades de Pt-Co (unidad Hazen) o Pt las aguas superficiales pueden alcanzar varios centenares de ppm de Pt (OMS, 1998)

- Turbiedad

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos (Perés y Urrea. s/f) y es la medida de la cantidad de estos materiales en suspensión. Se expresa en unidades nefelométricas de turbiedad (UTM) y se mide en un turbidímetro (OMS, 1998)

Para la determinación de la turbiedad se recomienda el método Nephelométrico que mide la fracción de luz que es dispersa 90 grados con respecto a la luz incidente. Para lo cual se utiliza un instrumento llamado Nephelométrico y un patrón de referencia a base de polímero fromazina (Sulfato de hidrazina, hexametilentetramina y agua destilada), que generalmente tiene una turbiedad de 400 unidades, aún cuando algunos casos se elaboran con 4000 unidades de turbiedad. Otro método para medir la turbiedad es denominado turbidímetro de bujía (Guevara, A. 1996).

- Olor

Este parámetro es de determinación organoléptica y subjetiva, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación ni registros ni unidades de medida. El olor de agua se debe principalmente a la presencia de sustancias orgánicas. Algunos olores indican un incremento en la actividad biológica, otros pueden tener su origen en la contaminación industrial (OMS, 1995).

- Sabor

Al igual que el olor este parámetro es determinación organoléptica y subjetiva. Sin embargo, la ausencia de sabor no proporciona garantía de que esté libre de gérmenes patógenos o de algunas sustancias químicas inorgánicas tóxicas. Para el consumidor el sabor puede ser lo más importante y generalmente en sistemas de agua potable son los que presentan mayor cantidad de quejas por los consumidores (Perés y Urrea s/f)

En el agua se pueden considerar cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo (Barrenechea A, s/f).

### 3.5.2. Parámetros fisicoquímicos

En general la composición física y química de las aguas se debe a la presencia de muchos compuestos en estado coloidal o disueltos, que provienen de diversas fuentes, tales como: la erosión de suelos y rocas, reacciones de disolución y precipitación que ocurren bajo la superficie de la tierra y también de los efectos que resultan de las diversas actividades del hombre. (Castro M. 87).

Los parámetros fisicoquímicos que determinan la calidad del agua según las normas CAPRE se describen a continuación.

- Temperatura

La temperatura es una medida del grado de calor o frío producida por el contacto de un cuerpo, se expresa en unidades de grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) y se mide con un termómetro de mercurio o digital. (Zhen, B. 2009). Éste es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. (Barrenechea A, s/f)

- Potencial Hidrógeno

El pH puede definirse como una medida que expresa el grado de acidez o basicidad de una solución en una escala que varía entre 0 y 14. La acidez aumenta cuando el pH disminuye. Una solución con un pH menor a 7 se dice que es ácida, mientras que si es mayor a 7 se clasifica como básica. Una solución con pH 7 será neutra (Gollenola G. 2007)

El PH tiene que ver con la concentración del ion hidrógeno en el agua y sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua. (Torres. V. 2007)

- Cloro Residual

El Cloro residual es la cantidad de cloro presente en el agua capaz de ejercer la acción de desinfectante y oxidante luego de un período específico de tiempo de ser aplicado (CEPIS, 2001). Según las normas CAPRE la concentración de cloro residual que debe permanecer en los puntos más alejados de la red de distribución deberá ser 0.5-0.1 mg/l después de un período de contacto de 30 minutos antes de que llegue el primer consumidor aunque en condiciones adversas se acepta un mínimo de 10 minutos.

Su determinación puede efectuarse por varios métodos, pero el más recomendado por su exactitud y precisión es el DPD (reactivo de color, N-N- dietil-Fenilenediamina), el cual puede realizarse colorimétricamente o titulométricamente. El primero tiene mejor aplicación en el campo con un comparador, mientras que el segundo es preferiblemente para análisis de laboratorio. (Guevara, A. 1996)

- Cloruros

Las aguas superficiales normalmente no contienen cloruros en concentraciones tan altas como para afectar el sabor, excepto en aquellas fuentes provenientes de terrenos salinos o de acuíferos con influencia de corrientes marinas; por lo general no son los cloruros sino los sulfatos y los carbonatos los principales responsables de la salinidad en este tipo de aguas. (Barrenechea A, s/f).

- Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad es la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica y es una medida indirecta de la cantidad de iones en solución (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio). La conductividad en los cuerpos de agua dulce se encuentra primariamente determinada por la geología del área a través de la cual fluye el agua (cuenca). Debe tenerse en cuenta que derrames de hidrocarburos (aceites, petróleo), compuestos orgánicos como aceites, fenol, alcohol, azúcar y otros compuestos no ionizables (aunque contaminantes), no modifican mayormente la conductividad. (Gollenola G. 2007).

La Unidad de medida de la conductividad es Microsiemens por cm ( $\mu$ siemens/cm) (Perés y Urrea. s/f)

- Dureza

La dureza del agua, derivada de la presencia de calcio y magnesio, generalmente se pone de manifiesto por la precipitación de restos de jabón y la necesidad de utilizar más jabón para conseguir la limpieza deseada. (OMS 2006)

El valor del umbral gustativo del ión calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/l, dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor que el del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/l. (Ibid)

El agua con una dureza mayor que aproximadamente 200 mg/l, en función de la interacción de otros factores como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución y las tuberías y depósitos de los edificios. Otra consecuencia será el consumo excesivo de jabón y la consiguiente formación de restos insolubles de jabón. Las aguas duras, al calentarlas, forman precipitados de carbonato cálcico. Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor que 100 mg/l, pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, por tanto, más corrosivas para las tuberías. (Ibid).

- Sulfatos

Los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo, en la industria química. Se liberan al agua procedentes de residuos industriales y mediante precipitación desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales. (OMS 2006).

El bióxido de azufre atmosférico (SO<sub>2</sub>), que se forma por la combustión de los derivados del petróleo puede contribuir al contenido de sulfatos del agua superficial. El sulfato disuelto se considera como un soluto permanente del agua, la mayoría son solubles en agua, con excepción de los sulfatos de plomo, bario y estroncio. Existe

una correlación inversa entre los sulfatos y los bicarbonatos, especialmente en las aguas con baja alcalinidad (Allan 1995, citado por Zhen, B. 2009 ).

- Aluminio

Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales, responsables de la turbiedad del agua. Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 y 10 ppm, sin embargo el mayor problema lo constituyen las aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo, debido a sus propiedades anfóteras, que hacen que sus sales se hidrolicen formando ácidos débiles. (Barrenechea A, s/f)

- Calcio

La concentración de calcio conjuntamente con la de magnesio es utilizada para caracterizar las aguas duras y blandas. Es un metal alcalino-térreo, es el principal constituyente de muchas rocas minerales comunes y tiene un solo estado de oxidación  $Ca^{2+}$ . Su comportamiento en los sistemas naturales acuosos está gobernado por la disponibilidad de los sólidos más solubles que contienen calcio y por el equilibrio que involucra las especies de bióxido de carbono o por la disponibilidad de azufre en la forma de sulfatos. La presencia de calcio proviene del paso del agua a través de depósitos de caliza, dolomita, yeso y pizarras yesíferas. Las concentraciones de calcio varían de 10 y 250 ppm en aguas dulces, pudiendo llegar a 600 ppm en aguas selenitosas (Custodio & Llamas, 2001 citado por Caballero Y, 2007 ).

- Cobre

La presencia de cobre en un sistema de abastecimiento de agua de consumo se debe, por lo general, a la acción corrosiva del agua que disuelve las tuberías de

cobre. El cobre en el agua de consumo puede aumentar la corrosión de accesorios de acero y hierro galvanizados. Cuando la concentración de cobre del agua es mayor que 1 mg/l, mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios. A niveles mayores que 5 mg/l, el cobre también tiñe el agua y confiere un sabor amargo no deseado. Aunque el cobre puede conferir sabor al agua, es seguramente aceptable a concentraciones iguales al valor de referencia basado en efectos sobre la salud. (OMS, 2006)

- Magnesio.

El magnesio no existe libre en la naturaleza. Se encuentra combinado como carbonato,  $MgCO_3$ , constituyendo el mineral llamado magnesita o giobertita. Se encuentra generalmente en las aguas en cantidades mucho menores que el calcio, pero su importancia biológica es grande, ya que es indispensable en el desarrollo de ciertos sistemas enzimáticos, actuando igualmente en la constitución de los huesos. Una persona adulta debe de tomar por término medio 200 a 300 mg por día. Si la cantidad de magnesio en el agua es muy grande, puede esta actuar como laxante e incluso adquirir un sabor amargo (Rodríguez J. 2009).

- Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Los sólidos totales disueltos (STD) es la materia disuelta en el agua y comprenden las sales inorgánicas y pequeñas cantidades de materia orgánica. Los STD en el agua pueden deberse a fuentes naturales, descargas de afluentes de aguas servidas, descargas de desechos industriales y escurrimientos urbanos. (Torres, F. 2009). La mayoría de la materia orgánica presente en el agua para consumo humano se encuentra en forma de sólidos disueltos y consiste en sales y gases disueltos. Los iones predominantes son el bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, sodio, potasio, calcio y magnesio. Estas sustancias influyen sobre otras características del agua, tales como el sabor, dureza y tendencias a la incrustación (APHA, et al 1985, citado por Zhen, B. 2009).

- Zinc

Las aguas naturales pueden contener cinc en concentraciones bastante bajas. En el agua de suministro, el cinc proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas o de bronce. El cinc es un elemento esencial y benéfico para el metabolismo humano, ya que muchas enzimas dependen de él para la descomposición del ácido carbónico y de la insulina, hormona esencial en el metabolismo de los hidratos de carbono. (Barrenechea A, s/f).

La salubridad del cinc es variable y depende del pH y de la alcalinidad. Diferentes estudios han demostrado que el cinc no tiene efectos sobre la salud, pero en concentraciones altas tiene un marcado efecto sobre el sabor; por ello su contenido debe limitarse. (Ibid)

Debido a su influencia en el sabor las normas CAPRE recomiendan que la concentración de cinc en aguas de consumo no exceda los 3 mg/L.

### 3.5.3. Parámetros Bacteriológicos

Existe una amplia gama de indicadores bacteriológicos entre los representantes del reino vegetal, animal y monera. Este estudio se orientará más al grupo de bacterias indicadoras de calidad sanitaria del agua, ya que en términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Si no se garantiza la seguridad del agua, la comunidad puede quedar expuesta al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. (OMS, 2006), siendo los de mayor importancia los siguientes:

- Coliformes Totales.

El grupo de coliformes se define como todas las bacterias Gram negativas en forma bacilar (Todos los coliformes de cualquier origen) que fermentan la lactosa a temperatura de 35° a 37°C, produciendo ácido y gas (CO<sub>2</sub>) en 24 horas, aerobias o anaerobias facultativas, no forman esporas y presentan actividad enzimática (Ministerio de Salud. 1998, citado por Carrillo, E. y Losano, A. 2009). Las bacterias coliformes totales se detectan con los métodos de membrana de filtración y tubos múltiples, con medios específicos, y se incuban a 35-37 °C hasta 48 horas. Los análisis de coliformes pueden efectuarse en un laboratorio de nivel básico o también en el campo. Esta última es una forma práctica de analizar una muestra de agua, para lo cual se necesitan un equipo de campo y algunos materiales complementarios. (Aurazo, M 2004).

La presencia de coliformes totales en muestras agua sólo indican la existencia de contaminación pero no aseguran su origen de hecho se ha considerado la presencia de coliformes totales únicamente como un indicador de la sanidad del agua. (Ibid)

- Coliformes Fecales

Los coliformes fecales también denominados coliformes termotolerantes, llamados así porque soportan temperaturas hasta de 45° C, y fermentan la lactosa a esta temperatura. (Carrillo, E. y Losano, A. 2009). En los análisis de agua para consumo humano la presencia de coliformes fecales se considera un buen indicador de contaminación fecal y es el parámetro más utilizado para el monitoreo de calidad del agua.

- Escherichia Coli (E-Coli).

Escherichia Coli (E-Coli) es una bacteria que pertenece a la familia de Enterobacteriaceae, es un huésped constante del intestino del hombre y de los

animales de sangre caliente, que puede causar infecciones gastrointestinales (APHA, et al 1985, citado por Zhen, B. 2009).

En los sistemas de distribución la temperatura y las concentraciones de nutrientes del agua no son, por lo general, suficientemente altas para sustentar la proliferación de *E. coli* (ni de otras bacterias entéricas patógenas) con formación de biopelículas, por tal motivo se considera que la presencia de *E. coli* es indicadora de contaminación fecal reciente. (OMS, 2006). Los casos de brotes de enfermedades transmitidas por el agua debido a la presencia de *E. coli*, generalmente son abastecimientos de agua subterránea sin desinfectar o agua superficial contaminada por heces. (Reasoner, D, 1998 )

### 3.6. Control de la calidad del agua

El conjunto de actividades ejercidas en forma continua por el abastecedor con el objetivo de verificar que la calidad del agua suministrada a la población cumpla con la legislación". Es decir que el abastecedor de agua es responsable de la calidad del agua que produce y distribuye, y de la seguridad del sistema que opera. Ello es posible a través de una combinación de mantenimiento preventivo y de buenas prácticas operativas, acompañadas con la evaluación continua de la calidad de las fuentes, de los procesos de tratamiento y del sistema de distribución, conjuntamente con las inspecciones sanitarias, lo que asegura la buena calidad del agua y la ausencia de su recontaminación en el sistema de distribución. Dentro de la empresa el área encargada del control de la calidad del agua tiene la responsabilidad de la planificación, toma de muestras, inspección, registro, identificación de las medidas de apoyo y seguimiento de las medidas correctivas y deberá actuar como un órgano de apoyo en la toma de decisiones trabajando y coordinando con los más altos niveles de la empresa (Rojas, R. 2002)

### 3.6.1 Inspección Sanitaria

Es la revisión in situ de la fuente de agua, instalaciones, equipo y O&M de un sistema público de agua a fin de evaluar la suficiencia de dicha fuente, instalaciones, equipo y O&M para producir y distribuir agua de bebida segura”. La definición se ha ampliado para incluir la evaluación de las prácticas de gestión (CEPIS, 2001). La inspección sanitaria ayuda a interpretar en forma correcta los resultados de las pruebas de laboratorio. Ningún resultado de laboratorio, por más cuidado que se haya puesto en su realización, puede sustituir al conocimiento completo de las condiciones físicas existentes en la fuente de abastecimiento, planta de tratamiento y sistema de distribución de agua. A diferencia de los resultados de laboratorio que revelan las condiciones del agua en un determinado momento y notifican la presencia de contaminación luego de haber ocurrido el suceso, la inspección sanitaria identifica con antelación los riesgos que conllevan a la contaminación del agua o fallas en la operación o mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua. (Rojas, R. 2002)

La inspección Sanitaria constituye un complemento esencial de los análisis de calidad del agua, como parte de los programas de control de la calidad del agua y estos permiten una evaluación de la gran cantidad de factores asociados a un sistema de abastecimiento de agua, incluyendo las obras de captación y tratamiento y el sistema de distribución de agua. Además la evaluación puede ser confirmada y verificada posteriormente mediante análisis microbiológico que indicarán la gravedad de los defectos. La inspección sanitaria brinda un método directo para individualizar y señalar con precisión posibles problemas y fuentes de contaminación. (CEPIS/Guevara. A, 1996)

### 3.6.2. Operación y mantenimiento del sistema

Las actividades de operación y mantenimiento son de gran importancia porque garantizan la cantidad y calidad del agua de la fuente y son actividades de monitoreo rutinario en todo el sistema de abastecimiento.

Operar es hacer funcionar en forma correcta el sistema de abastecimiento de agua a través de acciones ejecutadas en forma permanente y sistemática en las instalaciones y equipos para asegurar a la comunidad agua de buena calidad, servicio constante y cantidad de agua suficiente y mantenimiento se refiere a las acciones que deben realizarse en las instalaciones o equipos para prevenir o reparar daños (MIDA, 2007).

- Las actividades de mantenimiento se clasifican en dos tipos:

**a) Mantenimiento preventivo**

Son todas las acciones y actividades que se planifican y realizan con el objetivo de que no aparezcan daños en el equipo e instalaciones del sistema de agua, pero también ayudan a disminuir la gravedad de las fallas que podrían presentarse. Estas actividades están enmarcadas en la revisión periódica de todos los componentes del sistema. (Ordóñez. J. 2002). El mantenimiento preventivo disminuye costos y garantiza un servicio de agua constante (MIDA, 2007).

**b) Mantenimiento Correctivo**

Son todas aquellas acciones que se ejecutan para reparar daños en el equipo e instalaciones ya sean estos causados por accidentes o deterioro a causa del uso. (Ordóñez. J. 2002).

### 3.7. Vigilancia de la Calidad del agua

La vigilancia sanitaria es el conjunto de acciones adoptadas por la autoridad competente para evaluar el riesgo que representa a la salud pública la calidad del agua suministrada por los sistemas públicos y privados de abastecimiento de agua, así como para valorar el grado de cumplimiento de la legislación vinculada con la calidad del agua". Es una actividad de investigación realizada generalmente por la autoridad competente de salud pública, dirigida a identificar y evaluar los factores de

riesgo asociados a los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano que puedan significar un peligro para la salud de la población. También es una actividad tanto preventiva como correctiva para asegurar la confiabilidad y seguridad del agua para consumo humano. La vigilancia es preventiva porque permite detectar oportunamente los factores de riesgo de modo que puedan tomarse acciones antes que se produzcan anomalías en la calidad del agua o efectos sobre la salud. Es correctiva porque permite identificar los focos de brotes de enfermedades relacionados con el agua para poder actuar sobre ellos, restablecer la calidad del agua y controlar la propagación del mal. El buen uso de la información que surja de este tipo de análisis o evaluaciones permite el mejoramiento de los procedimientos de operación, mantenimiento, distribución y almacenamiento, y la reglamentación vinculada con el diseño, construcción y materiales o productos químicos empleados en el tratamiento del agua.(Rojas, R. 2002)

En la mayoría de los países, el organismo responsable de la vigilancia de los servicios de abastecimiento de agua de consumo es el ministerio de salud (o de salud pública) y sus oficinas regionales o departamentales (OMS, 2006)

### 3.8. Aspectos de riesgos, vulnerabilidad y seguridad en sistemas de agua

Los aspectos de riesgos, vulnerabilidad y seguridad en sistemas de agua son los principales indicadores de la eficiencia y operatividad de un sistema.

#### 3.8.1. Aspectos de riesgos para la salud

Los sistemas de agua y saneamiento están expuestos a riesgos de contaminación fecal del ambiente, agua, manos y alimentos, creándose condiciones favorables para la propagación de enfermedades diarreicas. Por ello es de vital importancia mantener de manera sostenida las acciones educativas a todo nivel a través de la educación sanitaria incorporando criterios epidemiológicos básicos a fin de cortar las cadenas de transmisión de enfermedades. En efecto, el impacto de la promoción de la higiene

personal y de la vivienda en la incidencia de diarreas puede permitir una reducción de hasta 40% de la incidencia de estas enfermedades.

Las intervenciones educativas se deben basar en un conocimiento cabal de las percepciones, hábitos y costumbres de la población. Al respecto, no existe una única fórmula o estrategia educativa válida para todo el país por lo que se deben diversificar los métodos e instrumentos educativos para cada realidad específica.

Dentro del ámbito de la educación sanitaria es de gran importancia las acciones de promoción y educación sanitaria orientadas a la adecuada selección, uso y mantenimiento de los sistemas a nivel del usuario y la capacitación de los responsables de la operación y mantenimiento de los sistemas para lo cual se deben contar con manuales adecuados. (OPS-COSUDE, 2006)

- En relación a los sistemas de agua potable

Si el agua tiene una apariencia de estar limpia, pero el agua que no ha sido tratada puede contener microorganismos y sustancias que causan enfermedades o incluso la muerte. Los riesgos para la salud asociados con la contaminación química y biológica del agua son diferentes. Los contaminantes químicos producen, en su mayor parte efectos adversos sobre la salud después de la exposición crónica a largo plazo. Es el caso de las sustancias tóxicas que se acumulan en uno o varios órganos del cuerpo humano durante varios años. En cambio los contaminantes biológicos del agua pueden producir problemas de salud inmediatos, agudos, de gran impacto sobre la familia como son las enfermedades diarreicas agudas, cólera, disentería y por tal motivo estos últimos deben ser monitoreados de forma permanente. Por ello, en los sistemas de abastecimiento de agua se debe efectuar el tratamiento de aguas que llegan a estas instalaciones conteniendo, entre otros, microorganismos patógenos los que ponen en riesgo la salud del personal responsable de las labores de operación y mantenimiento. Así mismo, a nivel del domicilio es necesario que los usuarios adopten medidas de uso y mantenimiento de

las instalaciones de tal forma que eviten poner en riesgo su salud. (OPS-COSUDE, 2006)

### 3.8.2. Aspectos de vulnerabilidad

Vulnerabilidad es el factor de riesgo interno que tiene una población, infraestructura o sistema que está expuesto a una amenaza y corresponde a su disposición intrínseca de ser afectado o susceptible de sufrir daños. La probabilidad de que se produzcan daños sobre un sistema por la acción de un fenómeno natural o antrópico, será mayor cuanto más sea su intensidad y la vulnerabilidad del mismo y viceversa (OPS-COSUDE, 2006). Puede ser ambiental-ecológica, física, social y económica, entre otras. (INAA, 2011)

Es necesario que los sistemas de abastecimiento de agua incorporen medidas de mitigación frente a desastres naturales, para reducir los daños y asegurar el mantenimiento de los servicios con posterioridad a un posible desastre. Para ello los proyectos de abastecimiento de agua potable deberán tener en cuenta la vulnerabilidad de la zona ante posibles desastres naturales. Se deberá recabar la información existente y tomar referencias históricas de la comunidad para considerar en el proyecto los puntos más vulnerables de colapso por sismos, aluviones y otros, así como las posibles causas de contaminación del sistema de agua y otros cuerpos hídricos. (OPS-COSUDE, 2006).

- Medidas de mitigación y emergencia

La Mitigación es el conjunto de medidas que aminoran o eliminan el impacto de las amenazas naturales o antrópicas, mediante la reducción de la vulnerabilidad del contexto social, funcional o físico. Dado que el riesgo de que se produzca un desastre se fundamenta en la intervención de dos factores (la amenaza y la vulnerabilidad), además de las acciones de prevención es necesario mitigar los efectos de los fenómenos naturales reduciendo o eliminando la vulnerabilidad de las personas, infraestructura, organizaciones a fin de que no sufran daños o pérdidas. La mitigación se asocia a un tipo de amenaza y se realiza en mayor o menor grado

según sea el riesgo que esta origina; también influye el estado de las estructuras. (María. O. 2004).

Las medidas de mitigación se pueden centrar en dos aspectos fundamentales (OPS-COSUDE, 2006):

- Aspectos administrativos y operativos

La reducción de la vulnerabilidad operativa y administrativa se puede lograr con medidas como: mejoras en el sistema de comunicación, previsión del adecuado número y tipo de vehículos de transporte, previsión de generadores auxiliares, frecuencia de inspecciones en el sistema, detección de deslizamientos lentos, corrección de fugas en áreas de suelos inestables; planificación para atención de emergencias.

- Aspectos físicos

Las medidas de mitigación para los componentes físicos pueden corresponder a obras de reforzamiento, sustitución, rehabilitación, colocación de equipos redundantes, mejoramiento de accesos, etc. Junto a cada componente se debe indicar la prioridad de atención que corresponderá a los que tengan: mayor tiempo de rehabilitación, mayor frecuencia, y/o componentes críticos. Así mismo deben indicarse los costos asociados a la implementación de dichas medidas. Algunas de las medidas de mitigación que pueden ser consideradas para reducir la vulnerabilidad por las condiciones desfavorables del estado actual de algunos de los componentes en los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento son:

- Reemplazar el componente, equipo o accesorio si su estado de conservación es malo, monitorearlo periódicamente si su estado es regular.
- Reparar los elementos, equipos y accesorios con funcionamiento defectuoso.

- Reemplazar los elementos, equipos y accesorios no adecuados o sin funcionamiento.
  
- Adquirir componentes, equipos y accesorios faltantes, manteniendo un mínimo de repuestos vitales para el funcionamiento del sistema.
  
- En caso de deslizamientos activos: reubicar si es posible o implementar zanjas drenantes; construir pequeños muros de sostenimiento o pequeños anclajes para las tuberías; cambiar elementos rígidos y colocar tubería flexible; enterrar en roca firme la tubería en caso de laderas con poco suelo de cobertura.
  
- En caso de sismos: reforzamiento estructural de los elementos; protección del sitio contra deslizamientos, caídas de rocas y crecidas; reforzamiento

## IV. DISEÑO METODOLÒGICO

### 4.1. Tipo de Estudio

Según el nivel de profundidad del estudio y su orientación en el tiempo, la investigación realizada es de tipo descriptivo y transversal, ya que en él se especificaran los principales parámetros relacionados con la calidad del agua para consumo humano y a demás se identifican las tendencias o factores que influyen en la misma.

### 4.2. Población

La población de estudio está conformada por los 1654 habitantes del casco urbano del municipio de La Concordia; concentrados en 450 conexiones domiciliarias además, de considerarse como población de estudio todos los componentes del sistema de abasteciendo.

### 4.3. Muestra

La muestra está dividida en dos categorías: Viviendas con conexiones domiciliarias para realización de encuestas e inspecciones de viviendas y sitios de muestreo para análisis de parámetros de calidad del agua.

Para el cálculo del tamaño de la muestra con conexiones domiciliarias se utilizó el muestreo probabilístico aleatorio definida matemáticamente en la ecuación 1 descrita a continuación:

$$n = \frac{z^2 pq N}{Ne + z^2 pq} \quad (\text{EC.1})$$

Donde:

n: tamaño de la muestra.

Z: nivel de confianza.

P: probabilidad a favor.

q: probabilidad en contra.

N: tamaño del universo.

e: error de estimación

El valor de z para un nivel de confianza del 95% se obtuvo de la tabla de distribución normal, donde  $z=1.96$ . Considerando que el nivel de confiabilidad es del 95%, se trabajó con un error de estimación del 5%.

De los datos conseguidos.

N= 450 viviendas.

P: por conveniencia se asume un valor de 0.60 y  $q= 0.40$ ,

$$n = \frac{(3.84)(0.60)(0.4)(450)}{(450)(0.0025) + (3.84)(0.6)(0.4)}$$

$$n = \frac{414.72}{2.0466} \quad n = 202.6 \approx 203$$

El tamaño de la muestra obtenida fue de 203 viviendas, representando el 45% de las viviendas que tienen conexiones domiciliarias en el casco urbano que serán tomadas de forma aleatoria, debido a que no existe una marcada diferencia de estratos sociales en cuanto a zonas residenciales. Este 45% es una muestra bastante representativa teniendo en cuenta la cantidad de habitantes, así como la cantidad de viviendas.

En relación a los componentes del sistema la muestra consistirá en ubicar siete puntos específicos representativos del sistema para los análisis de calidad del agua. En este caso no es necesario utilizar procedimientos matemáticos para determinar el tamaño de la muestra, ya que se considera que no existen variaciones significativas en la calidad del agua en las diferentes conexiones domiciliarias, sin embargo el muestreo fue distribuido en puntos específicos de la red y de la fuente.

#### 4.3.1. Selección de puntos de muestreo

Debido a la exposición ante la influencia de fenómenos meteorológicos y a la lejanía con respecto al casco urbano que dificulta la realización de actividades de operación y mantenimiento se decidió analizar la fuente de la Breiera como base para determinar la calidad del agua en sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de La Concordia, además de considera que esta es la fuente que provee el mayor caudal al sistema y la fuente ubicada en el casco urbano no presenta tanta dificultades y es muy fácil para el operador del sistema detectar irregularidades en la misma.

Para los análisis de los parámetros indicadores de calidad del agua los siete puntos de muestreo fueron ubicados de la siguiente forma.

- Cinco puntos de muestreo en grifos (dos en el barrio la Cruz, Dos en el barrio Luis Octavio Payan y uno en el barrio Germán Pomares).
- Un punto de muestreo en el tanque de almacenamiento.
- Un punto de muestreo en la fuente.

#### 4.4. Operacionalización de variables

Tipo	Variable	Definición	Sub-Variable	Indicador	Valor	Escala
Independiente	Calidad del agua para consumo humano	Agua apta para el consumo humano que cumple con las normas y criterios establecidos para tal efecto	Población	Personas por vivienda. Población total.	Número de personas	Cuantitativa
			Parámetros indicadores de la calidad del agua.	Concentraciones de sustancias y bacterias presentes en el agua	Aceptable/Inaceptable	Cuantitativa
			Control de la calidad del agua	Pruebas de laboratorio.	Se realiza/No se realiza.	Cualitativa
			Vigilancia y control de la calidad del agua	Niveles	I-II-III-IV-V	Cualitativo
Dependiente.	Sistema de abastecimiento de agua potable.	Infraestructura diseñada para captar almacenar y distribuir agua a una población determinada.	Operación del sistema	Funcionamiento del sistema	Alto/Medio/Bajo	Cualitativa
			Mantenimiento del sistema.	Reparación y mejoramiento del sistema	Suficiente/Insuficiente	Cuantitativa.
			Inspección Sanitaria	Análisis del funcionamiento de Componentes del sistema	Se realiza/No se realiza.	Cualitativa
			Riesgo Sanitario.	Vulnerabilidad Amenazas	Alta/Media/Baja	Cualitativa.

#### 4.5. Trabajo de campo

##### 4.5.1. Encuesta y visitas domiciliarias.

Se utilizó para obtener información relacionada con el manejo del agua y a la vez levantar información referida a las condiciones higiénicas de la vivienda y de las personas; también se conoció la opinión de la población sobre la calidad del agua que se les suministra.

##### 4.5.2. Entrevista

Se entrevistó a los responsables de la administración del sistema observando y anotando todo lo requerido en los formularios correspondientes. Con la entrevista se conoció la forma de administración y se recogió información sobre las principales actividades de operación y mantenimiento del sistema.

##### 4.5.3. Inspección Sanitaria

Se realizó un recorrido por todos los componentes del sistema con el fin de detectar deficiencias que podrían incidir en la calidad del agua utilizando los formularios requeridos.

Mediante la inspección sanitaria se recoge información requerida para ciertos índices que ayudan a valorar el nivel de riesgo sanitario en el sistema de abastecimiento de agua potable.

Inspección en diferentes componentes del sistema.

Figura 4. Inspección del desarenador durante la primera semana



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Inspección del arroyo y captación durante la primera semana.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.4. Muestreo

Se realizó muestreo para los parámetros organolépticos físico-químicos y bacteriológicos siguiendo la programación descrita en la tabla No. 3

Tabla 3. Programación de análisis de los parámetros objeto del estudio

Parámetros	Semanas					No. De muestras.	Puntos de muestreo
	1	2	3	4	5		
Temperatura	x				x	3	Captación y tanque de almacenamiento.
Color Verdadero	x				x	3	
Turbiedad	x	x	x	x	x	15	Captación, y grifos
Olor	x	x	x	x	x	10	Captación y grifos
Sabor	x	x	x			3	Grifos
PH	x				x	4	Captación
Cloro Residual	x	x	x	x	x	15	Grifos
Cloruros	x				x	3	Captación y grifos
Conductividad eléctrica (CE)	x				x	4	
Dureza	x				x	4	
Sulfatos	x				x	4	
Aluminio	x				x	4	
Calcio	x				x	4	
Cobre	x				x	4	
Magnesio	x				x	4	
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	x				x	4	Captación y grifos
Zinc	x				x	4	Captación y Grifos
Coliformes Totales.	x				x	4	Captación y grifos
Coliformes Fecales	x	x	x	x	x	15	
Escherichia Coli (E-Coli)	x				x	4	Captación y Grifos

Fuente: Elaboración propia

## 4.6 Metodología para la Recolección de muestras

Las metodologías para la recolección de muestras garantizan que los procedimientos se realicen conforme a los estándares establecidos por las normas de calidad del agua, con el fin de garantizar muestras confiables que reflejen la realidad del sistema.

### 4.6.1. Análisis físico-químico

Las muestras para los análisis fisicoquímicos fueron captadas, preservadas, transportadas y analizadas siguiendo los Procedimientos establecidos en las Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano 2002 y fueron sometidas a los análisis de calidad de agua del CIRA que utilizó los procedimientos estandarizados para esta clase de análisis.

Figura 6. Toma de muestras en la captación y en grifos.



Fuente: Elaboración propia

### 4.6.2. Análisis Bacteriológico

Las muestras para análisis de Coliformes Totales, Coliformes Termotolerantes, Escherichia coli fueron tomadas en recipientes de plástico, de 1 litro y de material no tóxico (polipropileno), cubiertos con papel de aluminio. Luego fueron transportadas al laboratorio en un termo con hielo, para posteriormente ser analizadas de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio este procedimiento se realizó en

la primera semana y la última semana. En el caso de análisis intermedio comprendido entre la primera semana y la semana número cinco se realizó el análisis bacteriológico únicamente para coliformes fecales mediante un laboratorio portátil por el método de membrana filtrante (figura 7).

Figura 7. Muestra analizada con laboratorio portátil



Fuente: Elaboración propia

#### 4.7. Metodología para la determinación del riesgo sanitario

Para determinar el Riesgo Sanitario se adaptó la metodología de la Ing. Alicia Chacana compuesto por cinco subíndices para evaluar tanto el riesgo como la exposición, que incluye entre otros factores la calidad del agua, eficiencia de la desinfección en caso de existir, fragilidad de la fuente y sensibilidad de la población.

El índice de riesgo propuesto está compuesto por cinco subíndices cuya fórmula general se muestra a continuación:

$$\text{INDI} = 2 \times \text{Icagua} + \text{Ifuente} + 2 \times \text{labastecimiento} + 2 \times \text{lagrup} + \text{Isocio} \quad (\text{EC.2})$$

Con:

Icagua = Indicador de calidad del agua

Ifuente = Indicador de fragilidad de la fuente

labastecimiento = Indicador de fragilidad del abastecimiento

lagrup = Indicador de agrupación de viviendas

Isocio = Indicador de sensibilidad de la población

#### 4.7.1. Indicador de calidad del agua.

El indicador de calidad del agua muestra el comportamiento de otros sub indicadores, descritos como: indicador de calidad de la fuente, indicador de calidad en la red (promedio del indicador físico- químico e indicador bacteriológico) y el indicador de calidad de desinfección (promedio del indicador de proporción cloro e indicador de coliformes totales). A continuación se presentan las tablas y las ecuaciones necesarias para el cálculo de este indicador, para facilitar los cálculos se propuso la ecuación seis.

$$I_{cagua} = 1/3 (I_{cfuente} + I_{cred} + I_{cdesin}) \quad (EC.3)$$

Tabla 4.  $I_{cfuente}$ , Indicador de la calidad del agua en la fuente

Características de la fuente.	$I_{C. Fuente}$
Cumple con los requisitos bacteriológicos y fisicoquímicos del estudio.	0
Cumple con los requisitos bacteriológicos y no cumple con los fco-qcos	30
Cumple con requisitos fisicoquímicos y no cumple con los bacteriológicos	60
No cumple con los requisitos bacteriológicos ni con los fisicoquímicos	100

Fuente: Chacana, A. (2002).

$$I_{cred}: \text{Indicador de la calidad del agua en la red, } I_{cred} = \frac{1}{2} (I_{fq} + I_{bact}), \quad (EC.4)$$

Tabla 5.  $I_f$ , indicador de la calidad fisicoquímico del agua en la red

Característica fisicoquímica en la red	$I_f$
Cumple con los parámetros que causan efectos en el sabor y aspecto del agua (Turbiedad y color)	0
No cumple con los parámetros que afectan el sabor y aspecto del agua.	50
No Cumple con los parámetros que afectan el sabor y aspecto del agua.	100

Fuente: Chacana, A. (2002).

Tabla 6. Ibact, indicador de la calidad bacteriológica del agua en la red

Coliformes Fecales	I bact
0	0
1 al 15	30
>15	100

Fuente: Chacana, A. (2002).

I cdesin: Indicador de la calidad de la desinfección,  $I_{cdesin} = \frac{1}{2} (I_{cloro} + I_{ct})$ , (EC.5)

Tabla 7. Icloro, Indicador de la proporción de cloro

Concentración de cloro mg/l	Icloro
$0,5 \leq x \leq 1$	0
>1	25
$0 < x < 0,5$	50
Sin desinfección	100

Fuente: Chacana, A. (2002).

Ict : Indicador de la proporción de coliformes TOTALES

Tabla 8. Análisis a considerar para el cálculo del Ict si hay un sistema de desinfección

Presencia de CT	Ict
$CT_{red} / CT_{fuente} > 1$	100
$CT_{red} / CT_{fuente} = 1$	80
$0.5 < CT_{red} / CT_{fuente} < 1$	60
$0 < CT_{red} / CT_{fuente} < 0.5$	40
No se detectan CT en red	0

Fuente: Chacana, A. (2002).

Tabla 9. Análisis a considera para el cálculo del Ict si no hay un sistema de desinfección

Presencia de CT	Ict
$CT_{red} > CT_{fuente}$	100
$C_{tred} = C_{tfuente}$	50

Fuente: Chacana, A. (2002).

Las ecuaciones tres, cuatro y cinco se pueden generalizar en la ecuación descrita a continuación:

$$I_{cagua} = \frac{1}{3} (I_{cfuente} + I_{cred} + I_{cdesin})$$

$$I_{\text{agua}} = 1/3 \left[ I_{\text{fuente}} + \frac{1}{2} (I_{\text{fq}} + I_{\text{bact}}) + \frac{1}{2} (I_{\text{cloro}} + I_{\text{ct}}) \right]$$

$$I_{\text{agua}} = 1/3 \left[ I_{\text{fuente}} + \frac{1}{2} (I_{\text{fq}} + I_{\text{bact}} + I_{\text{cloro}} + I_{\text{ct}}) \right] \quad (\text{EC.6})$$

#### 4.7.2. Indicador de fragilidad de la fuente

El indicador de fragilidad de la fuente ( $I_{\text{fuente}}$ ) reúne el índice de vulnerabilidad por focos de contaminación más el índice de vulnerabilidad del terreno descrito en la ecuación siete y cuya aplicación depende de la asignación de valores en las tablas diez, once y doce de acuerdo con la información de campo que se obtenga en las inspecciones sanitarias.

$$I_{\text{fuente}} = ( I_{\text{vulnerabilidad}} \times I_{\text{focos de contaminación}} ) + I_{\text{variabilidad}} \quad (\text{EC. 7})$$

Tabla 10. I vulnerabilidad, Índice de vulnerabilidad del terreno

Vulnerabilidad	Ivulnerabilidad
Baja	0.1
Media Alta	0.4
Baja	0.7
Alta	1

Para vertiente considerar una vulnerabilidad “alta”

Fuente: Chacana, A. (2002).

Tabla 11. I focos de contaminación

$I_{\text{focos de contaminación}} = \Sigma (\text{puntos})$

Focos de contaminación	Abastecimiento superficial o de vertiente (Hasta un km aguas arriba de la captación)
Descarga de aguas servidas	70
Zona de cultivo con uso de pesticidas	50
Crianzas de animales	70
Basurales	50
Descargas de industrias	50
Canal	70
Zona minera, otras descargas	50

Fuente: Chacana, A. (2002).

Tabla 12. I variabilidad, índice de variabilidad de la calidad de la fuente.

Aspecto o cantidad del agua	Ivariabilidad
Cambia según la estación (sequía, lluvia...)	50
no hay problema de variabilidad	0

Fuente: Chacana, A. (2002).

#### 4.7.3. Indicador de fragilidad del abastecimiento

Este indicador (Iabastecimiento) permite valorar la vulnerabilidad de la captación, estanque y red de distribución para lo cual es necesario la inspección sanitaria de estos componentes y asignar un valor a las deficiencias encontradas conforme a las tablas 13, 14 y 15. Con los valores asignados se puede aplicar posteriormente aplica la ecuación 8 que nos dará en índice de fragilidad de la fuente.

$$I_{abastecimiento} = 1/9 (I_{captación} + I_{estanque} + I_{red}) \quad (EC. 8)$$

Tabla 13. Valoración de captación superficial o de vertiente:

$$I_{captación} = \sum \text{puntos}$$

Puntos	0	50	100
Represa de captación.	Buen estado	Mal estado	No existe
Desarenador	Buen estado	Mal estado	No existe.
Filtro	Buen estado	Mal estado	No existe
Otro tratamiento.	Buen estado	Mal estado	No existe

Fuente: Chacana, A. (2002).

Tabla 14. Iestanque, índice del estanque.

$$I_{estanque} = \sum \text{puntos}$$

Puntos	0	50	100
Tapa	Tapa hermética	Tapa con filtración	Sin tapa
Tanque de almacenamiento	Buen estado	Estado medio	Presenta filtraciones
Desague rebalse	Presencia	1 elemento falta	No hay ninguno.

Si no hay estanque de acumulación asignar 300 puntos a Iestanque

Fuente: Chacana, A. (2002).

Tabla 15. Ired, índice de la red. **I red =  $\Sigma$  puntos**

Puntos Item	0	50	100
Material	PVC/ cobre	Una parte en plansa	Plansa
Estado	Buen estado	Medio cañería antigua	Presenta filtraciones
Protección	Cañería enterrada	Par. Enterrada	Descubierta.

Si no hay red y la gente saca el agua con balde asignar 300 puntos Ired.

Fuente: Chacana, A. (2002).

#### 4.7.4. Indicador de la agrupación de viviendas.

Para el cálculo del indicador de agrupación de viviendas (Igrup) se utiliza, la ecuación 9, con los datos asignados en las tablas 16 y 17.

$$I_{grup} = I_{hab} \times \text{Concentración} \quad (\text{EC. 9})$$

Tabla 16. Ihab, Valoración para el índice de habitantes.

Habitantes estables	Ihab
>150 habitantes	100
Entre 90 y 150 hab	70
Entre 60 y 90 habitantes	40
<60 habitantes	0

Corrección: Si en periodo de turismo la población aumenta para alcanzar el nivel superior, añadir 20 puntos a Ihab.

Fuente: Chacana, A. (2002).

Tabla 17. Iconcentración, índice de concentración de viviendas.

Concentración	Concentración
>15 viv/km	1
<15viv en la localidad	1
<15viv/km	0.8

Fuente: Chacana, A. (2002).

#### 4.7.5. Indicador de sensibilidad de la población

El indicador de sensibilidad de la población (Isocio) es considerado como el promedio entre el indicador de la edad y el indicador económico de la localidad en estudio.

$$\text{Isocio} = \frac{1}{2} (\text{ledad} + \text{leco}) \quad (\text{EC. 10})$$

Esta ecuación requiere el cálculo del indicador de la edad y el indicador económico de la población como se muestra en la ecuación 10 y 11.

$$\text{ledad} = \frac{1}{2} (\text{I menos de 5 años} + \text{I más de 65 años}) \quad (\text{EC. 11})$$

Nótese en esta ecuación que el indicador de la edad reúne los rangos de edades más vulnerables ante contaminación bacteriológica o fisicoquímica en suministros de agua potable, combinado con el indicador económico que no es más que la relación existente entre el porcentaje de ingreso que percibe la población y el acceso al servicio de salud.

Tabla 18. I menos de 5 años. (Índice menores de 5 años)

Porcentaje menores de 5 años	Puntos
>22%	100
18% -22%	75
14%-18%	50
10%-14%	25
<10%	0

Fuente: Chacana, A. (2002).

Tabla 19: I más de 65 años (Índice mayores de 65 años)

Porcentaje de mayores de 65 años	Puntos
6%-10%	100
2%-6%	70
<2%	0

Fuente: Chacana, A. (2002).

leco: indicador económico,  $leco = \text{Puntos} * \text{Factor}$  (EC. 12)

Tabla 20. Puntos (Puntos por ingreso familiar)

Ingreso promedio	Puntos.
< \$ 100.00	100
\$100-\$200	50
>\$200	0

Fuente: Chacana, A. (2002).

Tabla 21. Factor (Factor de consideración de acceso a la salud)

Población con sistema de salud	Factor
Mayor al 80 % de la población	1
Menor al 80% de la población	1.5

Fuente: Chacana, A. (2002).

Para el cálculo del indicador de sensibilidad de la población se ha combinado la ecuaciones diez, once y doce generalizándose en la ecuación trece descrita a continuación.

$$Isocio = \frac{1}{2} (\text{Iedad} + \text{leco})$$

$$Isocio = \frac{1}{2} [\frac{1}{2} (\text{I menos de 5 años} + \text{I más de 65 años}) + \text{Puntos} * \text{Factor}] \quad (\text{EC. 13})$$

Una vez calculados los indicadores se aplica la ecuación dos y se clasifica el riesgo de acuerdo con la tabla 22.

Tabla 22. Clasificación del Riesgo y color.

Rangos del INDI	Riesgo	Color
Mayor o igual a 600	Alto	Rojo
500-599	Medio-Alto	Amarillo
400-499	Medio	Azul
<400	Bajo	Verde

Fuente: Chacana, A. (2002).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Calidad del Agua

La calidad del agua en el sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de la Concordia varía en dependencia de la época del año, teniendo una mayor incidencia en la época de invierno, ya que la influencia de fenómenos externos como el incremento de las precipitaciones tiene un gran impacto en el sistema de abastecimiento de agua y esta clase de fenómenos tiende a modificar las características físicas y bacteriológicas del agua incrementado el nivel de riesgo sanitario y exigiendo una mayor beligerancia en las actividades de operación, mantenimiento, administración y control de la calidad del agua.

### 5.2. Parámetros indicadores de la Calidad del Agua

La evaluación de la calidad del agua conlleva el observar y comparar aquellos parámetros, que definen la aceptabilidad y seguridad para los usuarios de un sistema, lo cual se consiguió con normas que regulen y definan dichos parámetros de tal manera que puedan ser una guía al momento de tomar decisiones que influyen en la búsqueda de mejoras en los sistemas de tratamiento.

Durante el primer análisis de los parámetros indicadores de la calidad del agua en base a las normas CAPRE, se obtuvieron resultados que demuestran variación únicamente en los parámetros bacteriológicos, lo cual se controla con un adecuado sistema de cloración y con la implementación de actividades de control de calidad del agua, como el monitoreo permanente de las concentraciones de cloro. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de los parámetros organolépticos fisicoquímicos y bacteriológicos durante la primera y última semana, en las siguientes secciones se discute cada parámetro de manera individual.

Tabla 23. Resultados de los parámetros de estudio.

Parámetros	Unidades	Resultados			
		Primera semana		Ultima semana	
		Captación	Grifos	Captación	Grifos
Temperatura	°C	23°	24°	22°	22°
Color Verdadero	mg/l Pt-Co	20	10	50	100
Turbiedad	UNT	1.8	2.10	28.5	160.50
PH.	Unidades de PH	7.32	7.75	7.29	7.66
Cloro Residual.			0.8		0.2
Cloruros	mg/l	3.81	3.06	5	7
Conductividad eléctrica (CE).	Ms/cm	50.60	160.80	69.30	8.30
Dureza.	mg/l	9.90	50	14.41	16.46
Sulfatos	mg/l	2.95	3.54	16.8	26.56
Calcio	mg/l	3.17	12.50	3.30	2.89
Magnesio.	mg/l	0.48	4.57	1.50	2.25
Sodio	mg/l	6.93	13	7.67	7.67
Potasio	mg/l	2.61	4.78	5.33	6.74
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	ml/l	48.57	155.64	53.98	72.08
Coliformes Totales.	NMP/100ml	22	<1.8	790	49000
Coliformes Fecales	NMP/100ml	7.8	<1.8	790	33000
Escherichia Coli (E-Coli).	NMP/100ml	7.8	<1.8	790	17000

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.1. Parámetros Organolépticos

- Color Verdadero

Este parámetro únicamente se puede medir mediante instrumentos de laboratorio y fue analizado durante la primera y la última semana estudio. Según los resultados obtenidos y presentados en la tabla 24 para la época seca (Primera semana de estudio) únicamente la muestra analizada en grifos del casco urbano cumple con las normas CAPRE; pero en la captación presenta una diferencia de cinco unidades con respecto al valor máximo admisible; durante la época lluviosa (última semana de estudio) los resultados se encuentran muy por encima del valor máximo permisible.

Tabla 24. Resultados Color verdadero del agua en los sitios de muestreo

Época/Color verdadero (U-Pt-Co)		
Sitios	Época seca	Época lluviosa
Captación	20	50
Grifo	10	100

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa que en la época lluviosa el color verdadero se incrementa en más del doble, además para esta misma época en los grifos se refleja el doble que en la captación, lo cual es fundamentalmente a las deficiencias en las actividades de operación y mantenimiento del sistema.

- Turbiedad

Las concentraciones de unidades nefelométricas de turbiedad (UNT), fue mucho mayor en la época lluviosa que en la época seca. Llegando a alcanzar un máximo de 160.50 UNT, este valor está muy por encima del recomendado por las normas CAPRE. Los Resultados de turbiedad se muestran en la tabla 25.

Tabla 25. Turbiedad del agua en los sitios de muestreo durante la primera y última semana del estudio

Época/Turbiedad (UNT)		
Sitios	Época seca	Época lluviosa
Captación	1.8	28.5
Grifo	2.10	160.50

Fuente: Elaboración propia.

Este parámetro se relaciona con la sedimentación en el sentido y depende de la cantidad de materia en suspensión, por tanto estos deterioran la calidad del agua. El suelo de las áreas aledañas a la captación presenta pendientes pronunciadas (Figura 8), por lo que facilita el arrastre de sedimentos por escorrentía superficial y se refleja en un incremento significativo durante la época lluviosa. Cabe señalar que el segundo muestreo de la época lluviosa se realizó un día después de una precipitación. También es notoria la gran diferencia que existe entre el valor reflejado en la captación y el valor de los grifos, lo que evidencia serios problemas en el sistema de tratamiento y en las actividades de mantenimiento.

Figura 8. Pendiente alrededor del arroyo y arrastre de sedimentos.



Fuente: Elaboración propia

- Olor

El olor del agua se mantuvo estable durante las primeras cinco semanas de estudio, pero debido a un incremento en los niveles de turbiedad durante la sexta semana, fue difícil definir un cambio significativo, precisamente porque no es agradable probar este tipo de agua con una apariencia de suciedad. Durante el periodo de época lluviosa es cuando más se producen los reclamos de calidad del agua en el sistema sobre todo por la apariencia del agua.

### 5.2.2. Parámetros Físico-Químicos

Estos parámetros son de gran importancia porque demuestran la variable de la calidad del agua con respecto al cambio del clima, la influencia de la precipitación, y actividades agrícolas.

- Temperatura

La temperatura del agua como era de esperarse se mantiene dentro de lo establecido para aguas de consumo, por tal motivo se considera que varía de acuerdo a la estación del año pero sin exceder los límites permisibles.

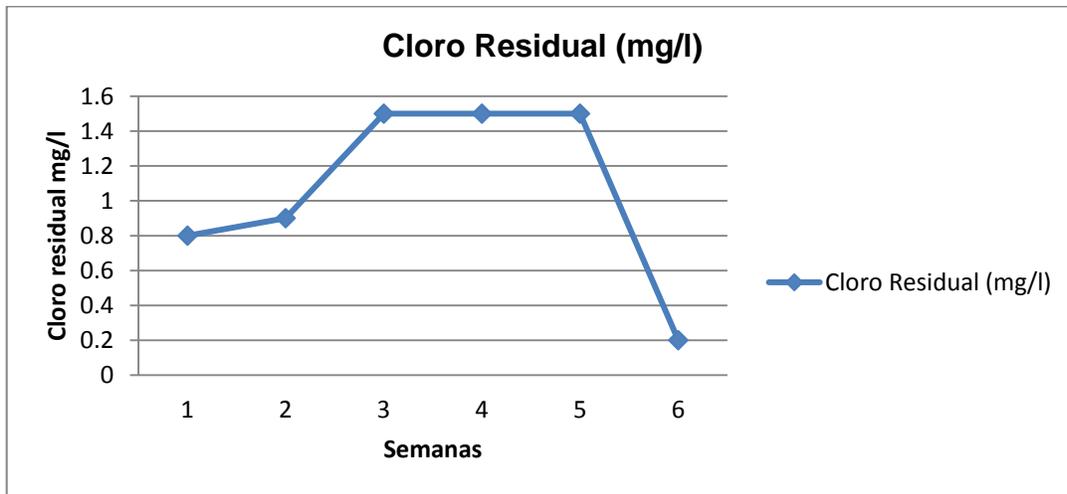
- Potencial Hidrógeno

El PH que presenta el agua del sistema de abastecimiento es de 7.32; pero en la época de invierno observamos un incremento llegando a medir 7.66 lo cual demuestra un posible efecto de las precipitaciones sobre este valor, principalmente en el arrastre de material calcario. Sin embargo el parámetro se mantiene dentro del rango establecido para aguas de consumo.

- Cloro Residual

El cloro residual durante las primeras cinco semanas se mantuvo estable y por encima de la dosis requerida, registrándose de 0.8 a 1.5, (Figura 9), pero a inicios de la sexta semana y después de las primeras precipitaciones se dio un incremento en el volumen de agua, el nivel de servicio se mantiene durante más horas y al mismo tiempo se da una reducción en el cloro residual cayendo hasta 0.2 estabilizándose a medida que el volumen de agua disminuye.

Figura 9. Gráfica del comportamiento del cloro residual durante seis semanas



Fuente: Elaboración propia.

- Cloruros

Por tratarse de aguas superficiales las concentraciones de cloruros en los respectivos análisis no fueron significativas tal como se muestran en la tabla No 26.

Tabla No. 26. Concentraciones de cloruros en época seca y época de invierno.

Época/Cloruros (ml/l)		
Sitios	Época seca	Época lluviosa
Captación	3.81	5
Grifo	3.06	7

Fuente: Elaboración propia.

El valor máximo admisible por las normas CAPRE, es de 250 mg/l por tanto se observa que se mantiene por debajo de este valor.

- Conductividad eléctrica (CE).

Este parámetro puede servir de referencia para el monitoreo de descarga de aguas geotérmicas, ya que estas tienen conductividad eléctrica en entre 1600 y 1800 mc/cm. Además, es un indicador de infiltración de aguas salina sencilla, rápida y barata. La conductividad en los nacientes es bajas entre (39 y 294 ms/cm) (Zhen, B. 2009).

Los resultados de conductividad eléctrica se presentan tabla No 27.

Tabla 27. Conductividad durante el primer y último muestreo.

Época/Conductividad ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )		
Sitios	Época seca	Época lluviosa
Captación	50.60	69.36
Grifo	160.80	88.30

Fuente: Elaboración propia.

- Dureza

Las normas CAPRE no establecen un límite específico para la dureza en el agua para consumo humano, los resultados obtenidos en los análisis realizados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 28. Concentraciones de dureza durante la primera y última semana.

Época/Dureza Total como $\text{CaCO}_3$ (mg/l)			
Sitio	Época seca	Época lluviosa	Media (mg/l)
Captación	9.90	14.41	12
Grifo	50	16.46	33.23

Fuente: Elaboración propia.

Obsérvese que existe una variación significativa en la dureza del agua en las muestras de la captación y las muestras del grifo en el primer análisis de la época seca, lo cual se debe fundamentalmente a que durante este periodo el muestreo del grifo se realizó en un momento en el cual se presentó un corte en el suministro de agua y se utilizó una

segunda fuente de abastecimiento, por tanto no corresponde al mismo tipo de agua y lo cual evidencia que la fuente No. 2 tiene mayor dureza.

Para obtener el grado de dureza se puede utilizar la escala de Meerch (Pérez, F. & Urrea M. (s.f.)) tal como se describe a continuación.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ }^\circ\text{F} &= 10 \text{ ppm de CO}_3\text{Ca} \\
 &= 10 \text{ CO}_3\text{Ca /l} \\
 &= 0.2 \text{ meq/l}
 \end{aligned}$$

Tome un mg/l = ppm

Tabla 29. Clasificación del grado de dureza

Tipo de agua	°F
Muy blanda	< 7.9
Blandas	8 - 14.9
Semiduras	15 - 32.9
Duras	33 - 54.9
Muy duras	> 55

Fuente: Pérez, F. & Urrea M. (s.f.)

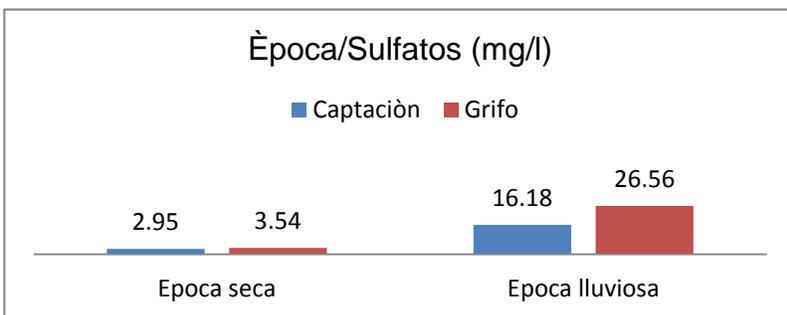
En base a los resultados reflejados en la tabla el agua se clasifica como agua muy blanda y en este aspecto se considera apta para el consumo humano.

Las aguas duras son tan satisfactorias para el consumo humano como las aguas blandas. Sin embargo no son adecuadas para fines de limpieza por sus efectos adversos sobre los jabones (Sawyer et al. 2004 citado por Zhen, B. 2009).

- Sulfatos

Los resultados de las concentraciones de sulfatos se muestran la figura 10.

Figura 10. Concentraciones de sulfato durante la primera y última semana.



Fuente: Elaboraciòn propia.

Las concentraciones de sulfatos en los dos muestreos realizados se encuentran por debajo del límite máximo establecido por las normas CAPRE. Notándose un pequeño incremento durante la época de invierno.

- Aluminio

Con referencia a este parámetro no fue posible realizar el análisis correspondiente, ya que los laboratorios de calidad del agua existentes en Nicaragua no realizan análisis para este parámetro sin embargo, las concentraciones en el agua natural no presentan variaciones importantes, con excepción de aquellas en las cuales la lluvia ácida modifica el ph de lagos y aguas subterráneas, provocando un aumento en la concentración de este metal (Acevedo, O. 2007), por consiguiente en los análisis del ph no se mostró variación significativa y por tanto se concluye que no existen concentraciones altas de aluminio.

- Calcio

Para el primer muestreo realizado el calcio presentó concentraciones de 3.17 mg/l en fuente de captación y 12.50 mg/l en los grifos de la red y en el caso del segundo muestreo correspondiente a la época lluviosa las concentraciones registradas fueron de 2.89 mg/l en la captación y 3.30 mg/l en la red. Estos valores se encuentran por debajo de las concentraciones usuales para agua dulce que debería estar entre 10 a 250 mg/l (Lillo, J. sf.), a excepción del primer muestreo realizado en los grifos sin embargo, las normas CAPRE no establecen un límite para las concentraciones de calcio en aguas de consumo humano. Las bajas concentraciones de calcio concuerdan con la clasificación de agua blanda.

- Cobre

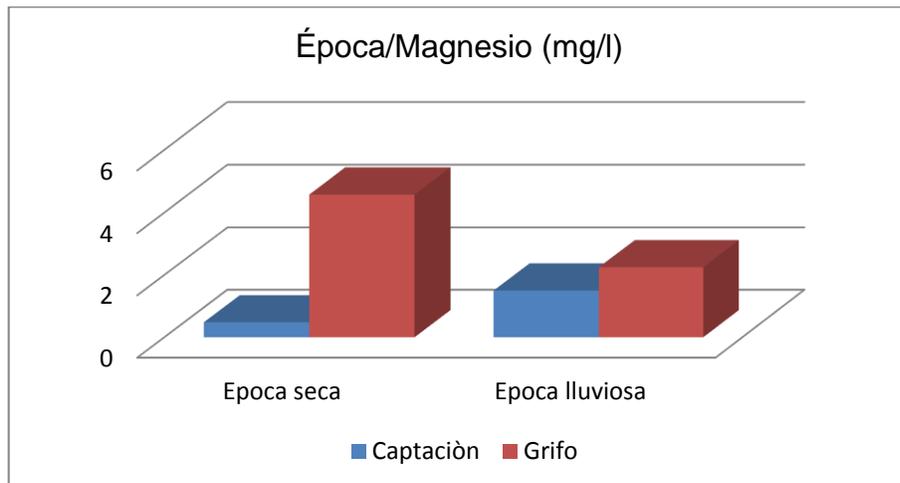
Este parámetro no fue analizado debido a que, igual que el aluminio no se realiza pruebas de laboratorio en nuestro país para éste. Las normas CAPRE establecen como valor máximo admisible 2mg/l. Si se ingiere agua contaminada con niveles de cobre que superan los límites permitidos por las normas de calidad, a corto plazo pueden generarse molestias gastrointestinales. Exposiciones al cobre a largo plazo podrían causar lesiones

hepáticas o renales. (Barrenechea, A. s.f.). En este caso se puede desprestigiar la concentración de cobre por encima del valor requerido, ya que la mayor parte de la tubería de conducción es de PVC.

- Magnesio.

Es uno de los minerales que junto con el calcio produce la dureza del agua. En cantidades importantes puede producir efectos laxantes. (Orellana, J. 2005). Los resultados para este parámetro se muestran en la siguiente figura:

Figura 11. Comportamiento del magnesio durante la primera y última semana.



Fuente: Elaboración propia.

Como era de esperarse las concentraciones de magnesio se mantienen bajas debido a que el tipo de agua analizado se clasificó como agua blanda y los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio se encuentran por debajo de los 50 mg/l que es el límite máximo establecido en las normas CAPRE para agua de consumo.

- Sólidos Disueltos Totales (SDT)

En los resultados obtenidos se observó poca variación con respecto a este parámetro registrándose durante en el primer muestreo de la época seca 48.57 mg/l en la captación y 155 mg/l en la red, además durante el segundo muestreo correspondiente a la época

lluviosa los valores fueron de 53.38 mg/l en la fuente y 72.08 mg/l en la red. Estos valores se encuentran por debajo del límite establecido en las normas CAPRE para agua de consumo (1000mg/l), con lo cual se comprueba que no existen afectaciones con respecto a la cantidad de sólidos totales disueltos en el agua.

- Zinc

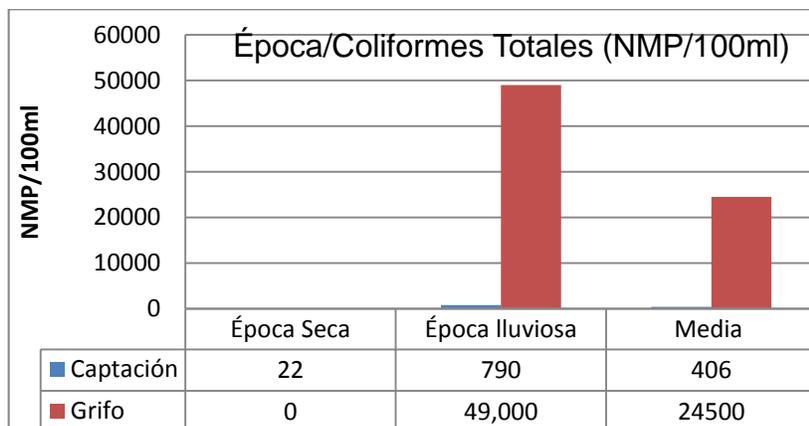
Éste es el tercer parámetro que el laboratorio de bacteriología no realiza en nuestro país, sin embargo como ya se explicó al inicio de este documento las concentraciones de zinc en aguas naturales tienden a mantenerse estables y la mayor influencia de este parámetro se refleja en el sabor del agua.

### 5.2.3. Parámetros Bacteriológicos

- Coliformes Totales.

El primer muestreo realizado en la época seca demuestra que el tratamiento del agua es efectivo, ya que en la fuente se registraron concentraciones de coliformes totales, pero en los grifos domiciliarios no se detectó la presencia de coliformes totales, sin embargo, durante el último análisis en época de lluvia se encontró presencia de coliformes totales en la fuente y en los grifos se incremento la cantidad.

Figura 12. Coliformes Totales en la época seca, época lluviosa y la media

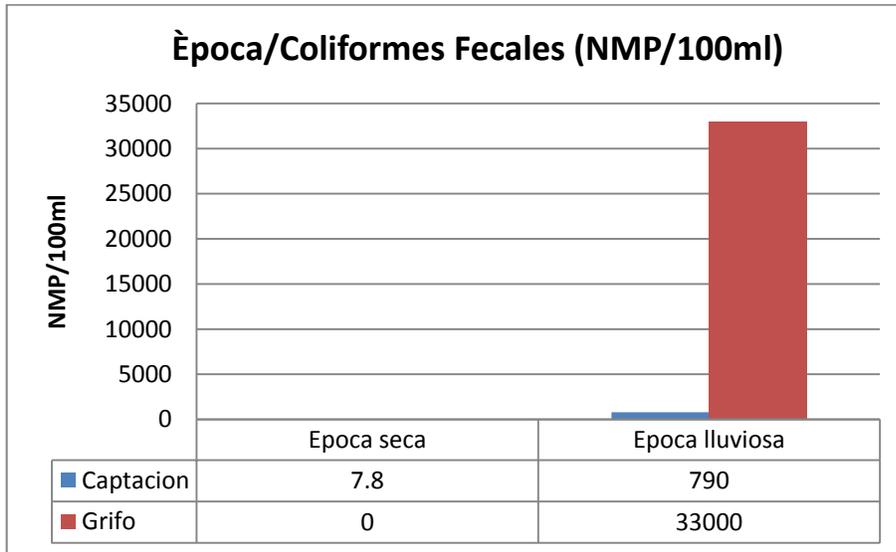


Fuente: Elaboración propia.

- Coliformes Fecales

La cantidad de coliformes fecales detectados en los análisis durante la primera y última semana se muestran en la siguiente figura:

Figura 13. Coliformes fecales en época seca y época lluviosa.



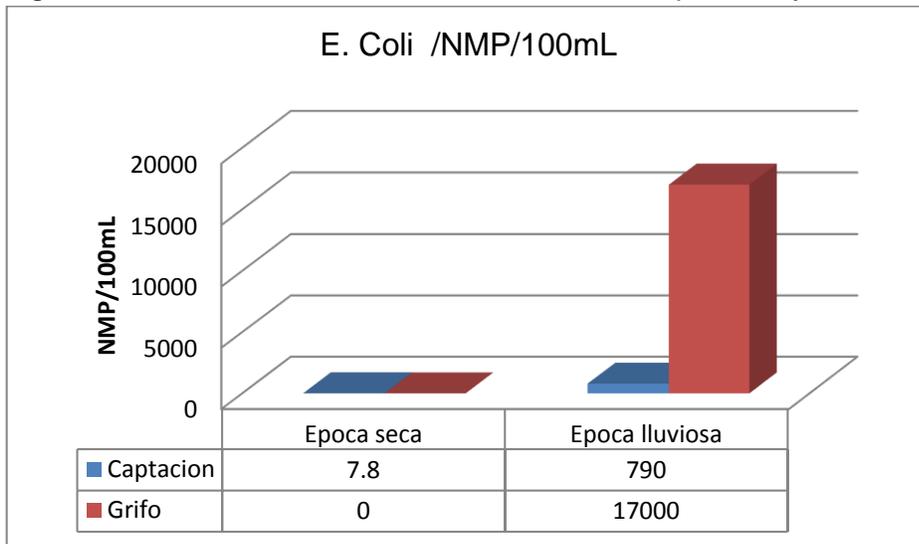
Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de observar el comportamiento de este parámetro a lo largo de cuatro semanas en época seca, se realizaron análisis por el método de membrana filtrante, durante la época lluviosa no fue posible realizar esta clase de análisis, ya que los niveles de turbiedad dificultan la precisión del método. En la mayor parte de estos análisis no se encontraron colonias, debido principalmente al efecto del cloro residual.

- Escherichia Coli (E-Coli).

Las concentraciones encontradas de E. coli en los diferentes análisis realizados se muestran en el siguiente gráfico:

Figura 14. Concentraciones de E. Coli durante primera y última semana.



Fuente: Elaboración Propia.

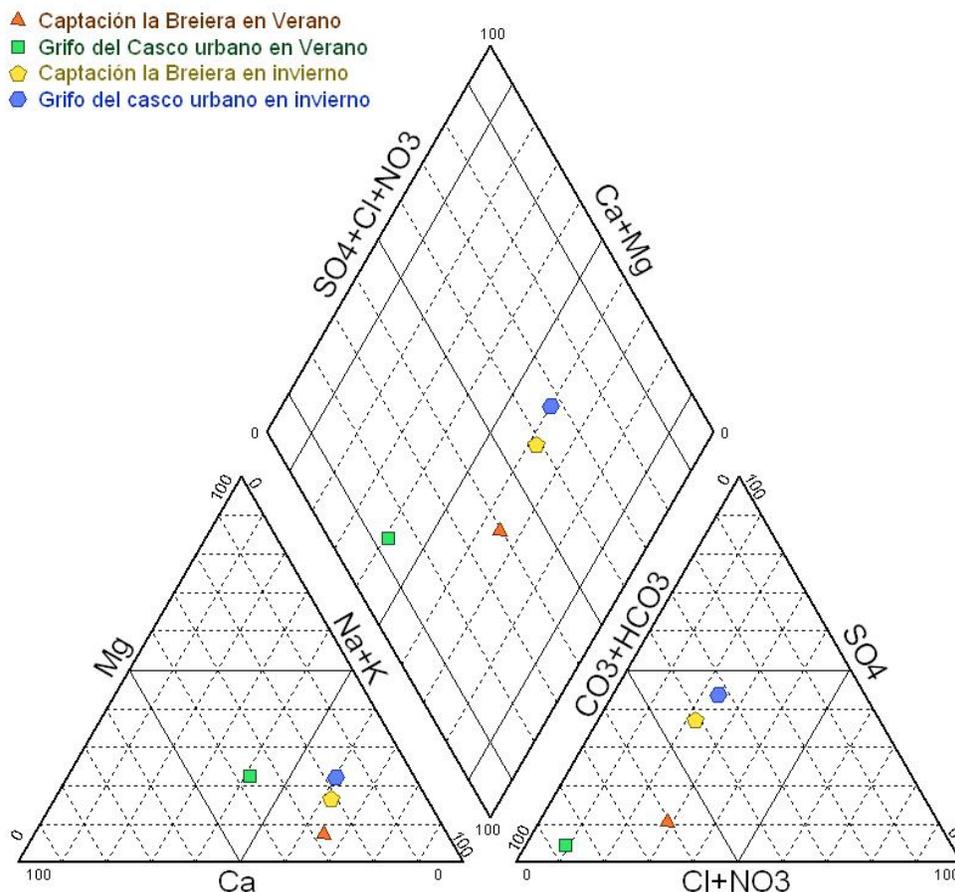
Estos resultados demuestran contaminación reciente en la fuente de captación durante la época seca y de igual manera se observa en la época lluviosa, sin embargo debido a la influencia de las precipitaciones y sobre todo al arrastre de material sedimentario el nivel de contaminación registrado durante la época lluviosa es excesivo y se incrementa aun más en la red de distribución, por tal motivo debe prestarse importancia al mejoramiento de la calidad del agua y los sistemas de tratamiento.

### 5.3. Tipo Hidroquímico del agua.

De acuerdo con el diagrama de Piper se determinó que el agua presenta variaciones de acuerdo con la época del año, observándose que en verano es clasificada como bicarbonatada sódica en la captación de la Breiera y en los grifos es bicarbonatada cálcica, esta diferencia en la clasificación se debe a que se trata de agua de dos fuentes diferentes, la muestra de los grifos es de la captación del casco urbano lo que demuestra que esta última presenta mayores concentraciones de calcio y se asemeja a la clasificación para aguas subterráneas. En el caso de la época de invierno ambas muestras son de la misma fuente (La Breiera) una de la captación y otra de un grifo del casco urbano, en este caso el tipo de agua se clasifica como sulfatada sódica para

ambas muestras. En la figura 15 se ilustra el tipo hidroquímico del agua de acuerdo con la estación del año.

Figura 15. Diagrama de Piper tipo hidroquímico (HCO<sub>3</sub> – Ca) de muestras de agua por estación del año.



Fuente: Elaboración propia utilizando el *software* Diagrammes

#### 5.4. Control de la calidad del agua

El control de la calidad del agua en el sistema de abastecimiento de agua potable del casco urbano del municipio de La Concordia está bajo la dirección del área de servicios municipales de la Alcaldía y las principales actividades que realizan son:

- Inspección Sanitaria: Esta se realiza cada vez que se observan variaciones en el caudal de entrada al tanque de almacenamiento y tiene como finalidad detectar irregularidades en los componentes del sistema.
- Operación y mantenimiento del sistema: Estas actividades están orientadas principalmente a la realización de actividades de básicas de operación del sistema, actividades de limpieza de tanques de almacenamiento y actividades de mantenimiento correctivo.

Figura 16. Operador del sistema realizando revisión del desarenador



Fuente. Elaboración propia.

A pesar de que se realizan algunas actividades en materia de control de la calidad del agua no existe un registro de tales actividades ni programación de las mismas, además no se monitorea calidad del agua suministrada y no se cuenta con equipo ni personal calificado para la realización de pruebas básicas de cloración, PH y turbiedad.

#### 5.5. Vigilancia de la Calidad del agua

La vigilancia de la calidad del agua la realiza el Ministerio de Salud a través del área de bacteriología. Cuenta con un personal capacitado y con un laboratorio portátil para el análisis de muestras de agua utilizando el método de membrana filtrante además, de contar con el apoyo del SILAIS departamental y nacional a través de los cuales se programan análisis Físicoquímicos de manera anual. Para tal efecto correlacionan brotes

epidemiológicos y programan muestreos de calidad bacteriológica en el casco urbano y comunidades del municipio. Generalmente están trabajando de manera coordinada con el área de servicios municipales y emiten informes sobre irregularidades detectadas en la calidad del agua.

#### 5.6. Aspectos de riesgos, vulnerabilidad y seguridad en sistemas de agua

La pobreza extrema, degradación ambiental y el cambio climático ha propiciado el aumento del riesgo frente a amenazas naturales como: deslizamientos, lluvias intensas, huracanes, sequías, incendios y terremotos. Asimismo, el crecimiento urbano acelerado y no planificado se traduce en un aumento de los asentamientos en terrenos inestables o inundables y de muy alto riesgo donde los fenómenos naturales tienen consecuencias devastadoras. Todos estos factores socioeconómicos incrementan la vulnerabilidad de las comunidades y también de la infraestructura y los servicios básicos. Las deficiencias y la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua pueden reflejar el riesgo de un sistema de abastecimiento de agua potable (OPS et al, 2006 citado por Làrez. N, 2010).

Con el objetivo de reflexionar y hacer conciencia sobre las normas sanitarias y uso adecuado del agua, durante el año 2010 la Alcaldía Municipal de La Concordia implementó un plan de capacitaciones en las escuelas y hogares del municipio de igual manera el Ministerio de Salud realiza campañas de sensibilización en diferentes temas relacionados con la salud; pero a pesar de todo existen series deficiencias en cuanto al uso adecuado del agua, ya que no todas las personas pagan el servicio de agua y existe un alto índice de desperdicio por la falta de medidores y de normas que establezcan el servicio de agua potable del municipio.

##### 5.6.1. Aspectos de riesgos para la salud

El deterioro de la calidad del agua, se debe a sedimentos suspendidos, en su mayoría provenientes de la erosión de suelos como producto de presencia de urbanizaciones, deforestación, actividades agrícolas y ganaderas, siendo este tipo de actividades las que mayor impacto causa en la calidad del agua, sobre todo la actividad ganadera que

representa riesgos de contaminación fecal. La actividad ganadera en la fuente de abastecimiento de agua potable del casco del municipio de La Concordia es uno de los principales problemas, ya que se comprobó que no existe protección de la fuente, además del problema de deforestación que contribuye a la disminución del caudal durante el verano.

Figura 17. Actividad ganadera en el arroyo, a unos 80 m de la captación.



Fuente: Elaboración propia.

### 5.6.2. Aspectos de vulnerabilidad

La vulnerabilidad del sistema de abastecimiento, se caracteriza por la falta acciones de mejoramiento de los componentes del sistema, fundamentalmente en la captación, que se encuentra expuesta a deslizamientos, contaminación con heces de animales y deforestación.

- Aspectos administrativos y operativos

El sistema de agua potable en el casco urbano del municipio de La Concordia ésta bajó la administración del área de servicios municipales de la alcaldía, que cuenta con un personal compuesto por cuatro miembros: un responsable, un operador, un parquero y una secretaria, aunque, en ocasiones y dependiendo de la necesidad se auxilia de personal externo contratado por tiempo definido.

La tarifa del agua se encuentra regulada a un costo de 3 C\$/m<sup>3</sup>, sin embargo, existe una alta tasa de morosidad y de 450 usuarios solamente pagan el servicio de agua el 12%, además no todos los usuarios tienen medidores instalados, a la vez que se carece de normativas que regulen y establezcan sanciones respecto al pago del agua y al cuidado de los medidores.

Se ha comprobado que los gastos derivados de la operación y el mantenimiento incluyendo el pago del personal son subsidiados por la alcaldía y las recaudaciones en concepto de pago de agua, es baja.

Uno de los problemas que presenta el sistema es la ubicación de la captación, que dificulta el acceso, además de no contar con un plan de monitoreo y seguimiento del comportamiento de la calidad del agua. Generalmente para las actividades de inspección de la fuente se dispone de una motocicleta como medio de transporte prioritario y se utiliza alternativamente un camión pequeño, pero estos medios se utilizan para múltiples actividades de la municipalidad, por tanto al momento de una emergencia esto sería una limitante.

- Aspectos físicos

Los principales componentes del sistema que ameritan obras de mitigación son la captación y el tanque de almacenamiento.

Durante el desarrollo de la presente investigación la municipalidad realizó ciertas obras de mitigación que contribuyeron a mejorar la captación mediante la construcción de un dique de concreto (Figura. 18 lado izquierdo) sin embargo se observa la acumulación de lodos.

Figura 18. Captación y desarenador en la Breiera



Fuente: Elaboración propia.

Es evidente la vulnerabilidad del desarenador ante los deslizamientos por la falta de un muro de contención y actividades de mantenimiento (figura 18 lado derecho). A lo largo del estudio se observó que se mejoró la captación; pero no se realizaron actividades de limpieza en el desarenador, y no fue sino hasta que se presentaron las primeras lluvias que se realizó esta actividad, cabe señalar que parte de los sedimentos acumulados fueron arrastrados al filtro y esto contribuye al deterioro de los mismos que ya tiene más de dos años de no ser limpiados.

En el tanque de almacenamiento se observó que la tapa de revisión se encuentra removida (Figura 19); pero esta no puede ser ubicada en su lugar debido a que se instaló un sistema de cloración con tuberías de acceso al tanque por este sitio, sin embargo este sistema no está funcionando, ya que contaba con un panel solar que suministraba la potencia necesaria para su funcionamiento, pero fue robado hace más de un año y en su lugar se instaló un sistema de cloración denominado CTI-8.

Figura 19: Tanque de almacenamiento en el casco urbano.



Fuente: Elaboración propia

### 5.7. Índice de Riesgo

$$\text{INDI} = 2 \times \text{Icagua} + \text{Ifuente} + 2 \times \text{Iabastecimiento} + 2 \times \text{Iagrup} + \text{Isocio} \quad (\text{EC.2})$$

Según la fórmula general del índice de riesgo se debe calcular cada uno de los indicadores incluidos dentro de la misma, para lo cual se utilizan los datos obtenidos en la inspección sanitaria, encuestas, entrevistas y resultados de los análisis de calidad bacteriológica y fisicoquímica de las muestras de agua, tomando como parámetro dos índices, que corresponden a la primera y última semana del estudio, lo cual concuerda con la época seca y época lluviosa.

#### 5.7.1. Calculo del Indicador de calidad

Para el cálculo del indicador de calidad se utilizó los resultados de laboratorio de los parámetros de estudio durante la primera semana y durante la última semana asignando el puntaje conforme a los rangos establecidos en las tablas 4, 5, 6, 7 y 8. El puntaje asignado a cada indicador correspondiente a esta sección se muestra en la tabla 30.

Tabla 30. Datos calculados de indicadores de calidad del agua

Indicador	Valoración, primer semana	Valoración última semana	Referencia de valoración
IC fuente	60	60	Tabla 4
lfq	0	50	Tabla 5
lbact	0	100	Tabla 6
lcloro	25	50	Tabla 7
ict	0	100	Tabla 8

Fuente: Elaboración propia.

Con los de la tabla se aplica la ecuación seis y se calcula el indicador de calidad del agua para la primera semana y para la última semana tal como se describe a continuación.

- Indicador de calidad del agua para la primera semana de estudio.

$$Icagua = 1/3 \left[ Icfuente + \frac{1}{2} (lfq + lbact + lcloro + ict) \right]$$

$$Icagua = 1/3 \left[ 60 + \frac{1}{2} (0 + 0 + 25 + 0) \right]$$

$$Icagua = 24.17$$

- Indicador de calidad del agua para la última semana de estudio.

$$Icagua = 1/3 \left[ 60 + \frac{1}{2} (50 + 100) + \frac{1}{2} (50 + 100) \right]$$

$$Icagua = 70$$

#### 5.7.2. Calculo del Indicador de fragilidad de la fuente (Ifuente).

Para el cálculo del indicador de fragilidad de la fuente se utilizó la información de las inspecciones sanitarias realizadas durante la primera semana de estudio y durante la última semana los valores asignados a cada indicador se muestran en la tabla 31.

Tabla 31. Datos calculados para indicador de fragilidad de la fuente.

Indicador	Valoración, primer semana	Valoración última semana	Referencia de valoración
I vulnerabilidad	1	1	Tabla 10
Focos de contaminación	70	70	Tabla 11
I variabilidad	50	50	Tabla 12

Fuente: Elaboración propia.

El índice de vulnerabilidad del terreno fue considerado alto, debido a que se trata de un arroyo en la cual las zonas aledañas presentan pendientes pronunciadas y se observó el avance del despale que propicia la erosión del suelo y la disminución del caudal en la fuente.

Los focos de contaminación encontrados son principalmente la actividad ganadera alrededor y a lo largo del arroyo en la parte alta de la fuente.

Fue evidente la variabilidad de la calidad en la fuente que cambia su caudal de acuerdo con la estación del año, llegando a ser crítico en el mes de abril, produciéndose racionamiento de agua en el sistema con un suministro de agua por un tiempo de 5 horas diarias lo cual cambia en invierno con un suministro por 24 horas.

Al calcular el índice de la fuente con los datos de la tabla y con la aplicación de la ecuación 7 se obtiene:

$$I_{\text{fuente}} = ( I_{\text{vulnerabilidad}} \times I_{\text{focos de contaminación}} ) + I_{\text{variabilidad}}$$

$$I_{\text{fuente}} = ( 1 \times 70 ) + 50$$

$$I_{\text{fuente}} = 120$$

Este dato del indicar de fragilidad de la fuente se considera el mismo tanto para la primera semana como para la última, ya que las condiciones de la fuente no cambian.

### 5.7.3. Indicador fragilidad del abastecimiento.

El indicador de fragilidad del abastecimiento permitió observar la fragilidad en la captación, estanque y red de distribución aplicando la ecuación ocho con los datos registrados en la tabla 31.

Tabla 32. Datos para el Indicador de fragilidad del abastecimiento.

Indicador	Valoración, primer semana	Valoración última semana	Referencia de valoración
I Captación	50	50	13
I Estanque	200	100	14
I Red	50	50	15

Fuente: Elaboración propia.

- Indicador de fragilidad del abastecimiento para la primera semana de estudio.

$$\text{labastecimiento} = 1/9 (\text{I captación} + \text{IEstanque} + \text{Ired})$$

$$\text{labastecimiento} = \frac{1}{9} (50+200+50)$$

$$\text{labastecimiento} = 33.33$$

- Indicador de fragilidad del abastecimiento para la última semana de estudio.

$$\text{labastecimiento} = 1/9 (50 + 100 + 50)$$

$$\text{labastecimiento} = \frac{1}{9} (50+200+50)$$

$$\text{labastecimiento} = 22.22$$

Debido a las mejoras que se realizaron en la captación el índice del estanque disminuyó durante la última semana.

#### 5.7.4. Indicador de agrupación de viviendas.

Par el cálculo del indicador de agrupación de viviendas utilizamos los datos de la tabla 33. Con la aplicación de la ecuación nueve.

Tabla 33. Datos para el cálculo del indicador de agrupación de viviendas.

Indicador	Valoración, primer semana	Valoración última semana	Referencia de valoración
I Habitantes	100	100	Tabla 16
Concentración.	1	1	Tabla 17

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{lagrup} = \text{Ihab} \times \text{Concentración}$$

$$\text{lagrup} = 100 \times 1$$

lagrup = 100

El índice de agrupación de viviendas se considera el mismo para la primera y última semana de estudio, por no considerarse variaciones en los indicadores.

#### 5.7.5. Isocio: Indicador de la sensibilidad de la población.

Los datos obtenidos que correspondientes a este indicador son los siguientes:

Tabla 34: Datos para el cálculo del indicador de sensibilidad de la población

Indicador	Valoración, primer semana	Valoración última semana	Referencia de valoración
I menos de 5 años	25	25	Tabla 18
I más de 65 años	70	70	Tabla 19
Puntos	50	50	Tabla 20
Factor	1	1	Tabla 21

Fuente: Elaboración propia

Al aplicar la ecuación 13 con los datos de la tabla se obtiene:

$$\text{Isocio} = \frac{1}{2} [\frac{1}{2} (\text{I menos de 5 años} + \text{I más de 65 años}) + \text{Puntos} * \text{Factor}]$$

$$\text{Isocio} = \frac{1}{2} [\frac{1}{2} (0 + 70) + 50 * 1]$$

$$\text{Isocio} = 42.5$$

Este indicador se toma con el mismo valor para las semanas de estudio por considerar que no existen cambios en los datos incluidos.

#### 5.7.6. Riesgo Calculado

Tabla 35. Resumen de indicadores

Indicador	Resultado, primer semana	Resultado última semana
Icagua	24.17	70
Ifuente	120	120
Iabastecimiento	33.33	22.22
lagrup	100	100
Isocio	42.5	42.5

Fuente: Elaboración propia

Al aplicar la formula:  $INDI = 2 \times I_{cagua} + I_{fuente} + 2 \times I_{abastecimiento} + 2 \times I_{agrup} + I_{socio}$ , con los datos del resumen de la tabla 34 se obtienen los siguientes resultados

Tabla 36. Riesgo Calculado

Época	Grado	Nivel de Riesgo	INDI
Seca	B	RM	477.50
lluviosa	C	RMA	546.94

RM: Riesgo medio, RMA: Riesgo Medio Alto.

Referencia para clasificación: Tabla No. 22

Para la determinación del riesgo durante la época seca se tomó como referencia el primer muestreo realizado en el mes de abril y para la época lluviosa el muestreo realizado durante la primera semana del mes de junio. Los resultados muestran el deterioro de la calidad del agua en el sistema, en la época seca se tiene un riesgo medio y este incrementa durante la época lluviosa hasta el rango de medio alto. Los parámetros que más influyen en este índice son los bacteriológicos y parámetros organolépticos. Además de ser un factor determinante la vulnerabilidad del sistema ante contaminación y deslizamiento.

## VI. CONCLUSIONES

Con respecto a los parámetros de detección organolépticas la calidad del agua no es la más óptima, siendo crítico los valores detectados durante los muestreos realizados en la época de entrada del invierno, sobrepasando en esta época los valores recomendados por las normas CAPRE en lo que corresponde al Color y Turbiedad. De igual manera en la época de invierno la mayor parte de la población manifiesta que el agua que se les suministra es de pésima calidad sobre todo por el aspecto de suciedad, producto de material sedimentario en disolución. Estos resultados demuestran que el agua no está recibiendo un tratamiento adecuado producto de las deficiencias de mantenimiento del sistema de filtración. Se observó además que influye negativamente en la calidad bacteriológica del agua la protección de la fuente que se ve afectada por la actividad ganadera a lo largo del arroyo.

El agua en el sistema de abastecimiento del casco urbano del municipio de La Concordia presenta variaciones significativas en los parámetros bacteriológicos, de tal manera que en la época de verano cumple con dichos parámetros, debido fundamentalmente al efecto del cloro residual; pero durante la época de invierno no cumple con éstos, siendo evidente la contaminación con heces al detectarse Coliformes fecales en cantidades considerablemente altas, además que la presencia de E-Coli evidencia contaminación reciente en el sistema y deteriora a un más la calidad bacteriológica del agua en este sistema.

La calidad Fisicoquímica no presentó mayores variaciones, por tal motivo se determinó que cumple con los parámetros de estudio tanto durante la época seca como durante la época de invierno, a excepción , del cloro residual, que no se mantiene estable presentando disminución de la concentración recomendada durante la época de invierno, además este parámetro está ligado con la turbiedad del agua, siendo ineficaz si los niveles se incrementan a valores como los observados en este estudio durante la época de invierno.

Las actividades de control de calidad del agua no están orientadas a buscar mejoras en el sistema de tratamiento, ni a dar seguimiento a la calidad de la misma y las únicas actividades que se realizan son las de reparación de tuberías e inspección Sanitaria cuando se detecta cualquier deficiencia en el suministro. Además de encontrarse serias dificultades en la parte administrativa, al tener un sistema que es subsidiado por la alcaldía debido a la alta tasa de morosidad en el pago del servicio y a la vez se carece de planos y libros de registros que faciliten las inspecciones sanitarias y permitan dar un seguimiento en las actividades de control.

Las actividades de vigilancia las está ejerciendo el Ministerio de Salud; pero hace falta mayor beligerancia por parte del abastecedor, para acatar la orientaciones y recomendaciones emitidas por éstos.

El riesgo sanitario calculado en el sistema de abastecimiento pone de manifiesto la vulnerabilidad de éste en la época de invierno, producto principalmente de las deficiencias encontradas en la operación y mantenimiento del mismo.

## VII. RECOMENDACIONES

Realizar acciones de protección de la fuente para evitar el acceso de animales a los arroyos que alimentan la captación, para tal efecto se recomienda comprar las propiedades aledañas a la captación y establecer un perímetro de protección.

Establecer un programa de monitoreo y seguimiento de la calidad del agua con la finalidad de controlar las concentraciones de cloro residual y niveles de turbiedad en la red para tal efecto es necesario que el abastecedor se apropie y tome medidas relacionadas con la funcionalidad del sistema, capacitación y adquisición de las herramientas y equipos requeridos.

Es importancia que la Alcaldía Municipal realice inspección sanitaria en los componentes del sistema de manera periódica para evaluar la funcionalidad de cada uno de estos y la vez detectar las posibles deficiencias que afectan la calidad del agua.

Realizar obras de mitigación en la fuente, tales como la construcción de un muro de retención que proteja el desarenador.

Implementar acciones de mantenimiento y evaluación de la funcionalidad de los filtros, los cuales según los datos obtenidos en esta investigación no están funcionando adecuadamente.

Aplicar normas y sanciones a los usuarios con el objetivo de mejorar las recaudaciones.

Implementar campañas de educación sanitaria a los usuarios del servicio.

Atendiendo la alta dependencia que tiene el sistema de la fuente de captación en la Breiera, es necesario profundizar con estudios sobre la calidad del agua e incluir otros parámetros no considerados en este estudio como son los parámetros para pesticida.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Acevedo, O. (2007). Aluminio, un indicador de calidad ambiental en suelos de carga variable. Tesis para obtener el grado de doctor en química no publicada, Universidad Nacional Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado el 09 de abril del 2013 de: [http://www.uaeh.edu.mx/nuestro\\_alumnado/icbi/doctorado/documentos/Aluminio%20un%20indicador%20de%20calidad.pdf](http://www.uaeh.edu.mx/nuestro_alumnado/icbi/doctorado/documentos/Aluminio%20un%20indicador%20de%20calidad.pdf)
- ALMC (Alcaldía Municipal de La Concordia & Programa TERRENA). (2011), Plan de ordenamiento y desarrollo territorial PMODT. La Concordia, Nicaragua 2011, P112.
- ALMC (2012), Caracterización Municipal. La Concordia Nicaragua. 2012, P113
- Aurazo, M. (2004). Manual para análisis Básico de Calidad del Agua de Bebida, OPS/CEPIS/PUB/02.93. Recuperado el 31 de julio del 2012 de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/manual.pdf>
- Barrenechea, A. (s.f.). ASPECTOS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA, Capitulo 1. Recuperado el 31 de julio del 2012 de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual/ tomol/uno.pdf>
- Caballero, Y. (2007). Potencial Hídrico y Calidad de las aguas superficiales en la subcuenca del rio ochomogo. Tesis de Master en Ciencias del Agua no publicada, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Recuperado el 31 de julio del 2012 de <http://www.cira-unan.edu.ni/media/documentos/YCaballero.pdf>
- Carrillo, E. & Losano. (2008). Validación de Detección de Coliformes Totales y Fecales en Agua Potable utilizando Agar Chromocult. Tesis de grado no publicada, Universidad Javeriana, Bogota D.C. Recuperada el 31 de julio del 2012 de [http://prwreri.uprm.edu/publications/PR\\_2009\\_01.pdf](http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf)

- Castro, M. (1987). Parámetros Físico-Químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua”, Cursos taller sobre control de calidad del agua. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/000276/000276-00.pdf>.
- Castro, R. & Pérez, R. (2009). Saneamiento rural y salud: Guía para acciones a nivel local. Recuperado el 5 de agosto del 2012 de <http://www.ops.org.bo/textocompleto/isa30732.pdf>
- CEPIS. (s.f.). Guía para la desinfección del agua para consumo en sistemas rurales de abastecimiento de agua por gravedad y bombeo. Recuperado el 31 de julio del 2012 de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan3/041894.pdf>
- CEPIS. (2001). Cómo realizar inspecciones sanitarias en pequeños sistemas de agua. Recuperado el 31 de julio del 2012 de [http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/agua/inspecciones\\_sanitarias%20.pdf](http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/agua/inspecciones_sanitarias%20.pdf)
- Cuba, F. (2003). Potabilización: Capacitación para la EPSA Boliviana No. 9. Recuperado el 31 de julio del 2012 de <http://www.proapac.org/publicaciones/sm/Mod09.pdf>
- Chacana, A. (2002). Diagnostico y análisis de Riesgo Sanitario por consumo de agua de sistemas precarios de la región metropolitana de Chile. Recuperado el 20 de noviembre del 2012 de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/ix-008.pdf>
- Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico. Tesis de grado obtenida no publicada. UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO. Recuperado del 31 de julio del 2012, de [http://prwreri.uprm.edu/publications/PR\\_2009\\_01.pdf](http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf)
- ENACAL. (2006). ABC SOBRE EL RECURSO AGUA Y SU SITUACION EN NICARAGUA. Managua: ENACAL-OPS. Recuperado el 1 de agosto del 2012, de [http://new.paho.org/tierra/images/pdf/agua\\_y\\_saneamiento\\_web.pdf](http://new.paho.org/tierra/images/pdf/agua_y_saneamiento_web.pdf)

Goyenola, G. (2007). Guía para la utilización de las Valijas Viajeras - Determinación del pH": Cartilla. Recuperado el 5 de septiembre del 2012, de [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/Determinacion%20del%20pH.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Determinacion%20del%20pH.pdf)

Goyenola, G. (2007). Guía para la utilización de las Valijas Viajeras – Conductividad: Cartilla. Recuperado el 5 de septiembre del 2012, de [http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso\\_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf](http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/Conductividad.pdf)

Guevara, A (1996). Métodos de Análisis para la evaluación de la calidad del agua: OPS/CEPIS/96. Recuperado el 22 de agosto del 2012, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/031279/031279.pdf>

INAA. (2011). Guía para la reducción de la vulnerabilidad en Sistemas de agua potable y saneamiento. Managua: INAA-COSUDE. Recuperado el 6 de septiembre del 2012, de [http://aguasan.org/images/reduccion\\_vulnerabilidad\\_agua.pdf](http://aguasan.org/images/reduccion_vulnerabilidad_agua.pdf)

Làrez, N. (2010). Desarrollo de un instrumento para valorar los niveles de gestión institucional de riesgos mediante el uso de indicadores. Trabajo de grado obtenido no publicado. para optar al título de Magíster Scientae en Gestión de Recursos Naturales Renovables y Medio Ambiente (Con énfasis en estudio de impacto ambiental). UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. Recuperado el 31 de julio del 2012, de <http://cigir.org/documentos/Tesis/TesisNarlysLarez.pdf>

María, O. (2004). Riesgos. La Paz – Bolivia: ANESAPA. Recuperado el 6 de noviembre del 2012, de <http://www.proapac.org/publicaciones/sm/Mod22.pdf>

MIDA. (2007). Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua rurales. La paz- Bolivia: Ministerio del Agua. Recuperado el 1 de agosto del 2012, de <http://www.emagua.gob.bo/bmmaya/DOCS/VARIOS/04%20MAN%20OpeMan%20SAP%20rural.pdf>

OMS (1985). Guías para calidad del agua potable. Volumen 3. (1985). Recuperado el 14 de agosto del 2012, de <http://books.google.com.ni/books?id=X9QgncMbnsYC&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22World+Health+Organization+Pan+American+Health+Organization%22&source=bl&ots=nBL8MFkGbo&sig=DQa8XsJbznz1gqtmqD4dvldXdAY&hl=es#v=onepage&q&f=false>

OMS (Organización mundial de la salud, US). (1998). Guías para calidad del agua potable. Vigilancia y control de los abastecimientos de agua a la comunidad. 2ed. Ginebra: OMS.V.3, 255P.

Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías para la calidad del agua potable. Primer Apéndice a la Tercera Edición, Volumen 1. Recomendaciones. Recuperado el 1 de agosto del 2012, de <http://www.infomipyme.com/Docs/NI/Offline/Gu%C3%ADa%20para%20realizar%20un%20Diagnostico%20FODA.pdf>

OPS-COSUDE. (2006). Criterios básicos para la implementación de sistemas de agua y saneamiento en los ámbitos rurales y de pequeñas ciudades, Lima OPS-COSUDE. Recuperado el 6 de noviembre del 2012, de [http://www.bv\\_sde.ops-ms.org/tecapro/documentos/miscela/criteriosAS.pdf](http://www.bv_sde.ops-ms.org/tecapro/documentos/miscela/criteriosAS.pdf)

OPS. (2011). Agua y saneamiento: Evidencias para políticas públicas con enfoque en derechos humanos y resultados en salud pública. OPS-OMS- 2011. Recuperado el 1 de agosto del 2012, de [http://new.paho.org/tierra/images/pdf/agua\\_y\\_saneamiento\\_web.pdf](http://new.paho.org/tierra/images/pdf/agua_y_saneamiento_web.pdf)

Ordóñez, J (2002). Operación y mantenimiento de sistemas de agua. Guatemala: Cruz Roja Americana. Recuperado el 1 de octubre del 2012, de <http://ewbelsalvador.wikispaces.com/file/view/Manual-OyM.pdf>

Orellana, J (2005). Características del Agua potable. Ingeniería Sanitaria Recuperado el 22 de agosto del 2012, de <http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/>

[civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria Sanitaria A4 Capitulo 03 Caracteristicas del Agua Potable.pdf](#)

Pérez, F. & Urrea M. (s.f.). Características Físicoquímicas del agua. Universidad Politécnica de Cartagena: Diapositiva en pdf Abastecimiento de Aguas. Recuperado el 17 de julio del 2012, de [http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6015/modresource/content/1/Tema04\\_CARACTFIS\\_QUIM.pdf](http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6015/modresource/content/1/Tema04_CARACTFIS_QUIM.pdf)

Rojas, R. (2002). Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para Consumo humano. Lima: OPS/CEPIS. Recuperado el 29 de mayo del 2012 [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d25/075%20vigilanciaycontrol\\_calidaddeagua/cepis\\_guia\\_vigilanciaycontrol\\_calidaddeagua.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d25/075%20vigilanciaycontrol_calidaddeagua/cepis_guia_vigilanciaycontrol_calidaddeagua.pdf)

Rodríguez, J. (2008). Parámetros físicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008. Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica. Vol. 9. 2009. Recuperado el 6 de noviembre del 2012, de <http://www.latindex.ucr.ac.cr/pnsac-09-2009/pnsac-2009-12-13-11.pdf>

Romero. J. (1999). Potabilización del Agua. Escuela colombiana de Ingeniería. 3ª, México. D.F. ALFAOMEGA GRUPO EDITORIAL, S.A. DE C.V.

Sequeira, V. (1997). Investigar es Facil: Manual de Investigacion. 2da ed. – Managua, Nicaragua. UNAN, 1997, 111P.

Sequeira, V. (2000). Investigar es Facil II: Manual de Investigacion. 2da ed. – Managua, Nicaragua. UNAN, 2000, 107P

Torres, F. (2009). Desarrollo y Aplicación de un Índice de Calidad de Agua para ríos en Puerto Rico. Tesis de grado obtenido no publicada. UNIVERSIDAD DE PUERTO

RICO. Recuperado del 31 de julio del 2012, de  
<[http://prwreri.uprm.edu/publications/PR\\_2009\\_01.pdf](http://prwreri.uprm.edu/publications/PR_2009_01.pdf)

Vargas, L. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida: Lima, **OPS/CEPIS/PUB/04.109** <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/indice.pdf>

Zhen, B. (2009). Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008. Tesis de grado obtenido no publicada, Universidad Estatal A Distancia de San José de Costa Rica. Recuperado el 31 de julio del 2012, [http://www.uned.ac.cr/investigacion/documents/Tesis\\_BiYun\\_Zhen.pdf](http://www.uned.ac.cr/investigacion/documents/Tesis_BiYun_Zhen.pdf)

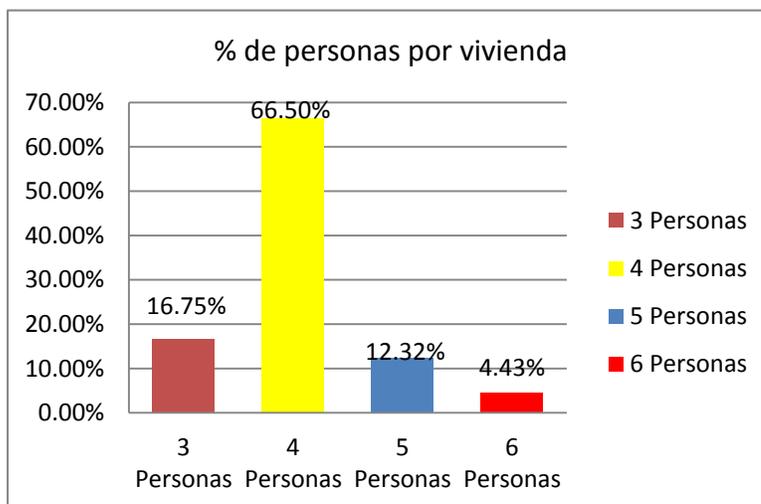
# **ANEXO 1**

## **FORMATOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.**

## Encuesta a pobladores<sup>1</sup>

1. No de casa: \_\_\_\_\_
2. ¿Cuántas personas habitan en su hogar?
  - a. 3 personas.
  - b. 4 personas.
  - c. 5 personas.
  - d. 6 personas.
  - e. Más de 6 personas.

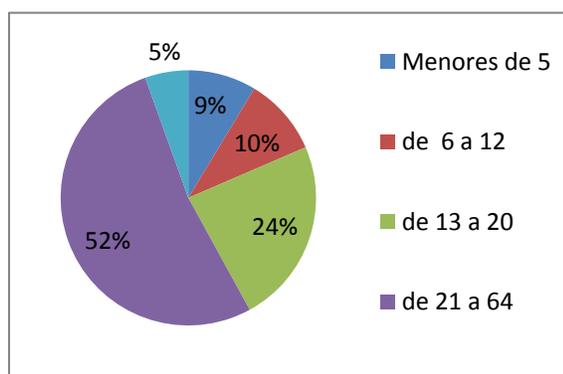
Figura 20. Porcentaje de personas por vivienda



Fuente: Elaboración propia

3. ¿Qué edad tienen las personas que habitan en su hogar?
  - a. Niños menores o igual a 5 años
  - b. De 5 a 9 años.
  - c. De 10 a 19 años.
  - d. De 19 a 64 años.
  - e. Adultos mayores 65.

Figura 21. Distribución de la población por grupos de edades



Fuente elaboración propia

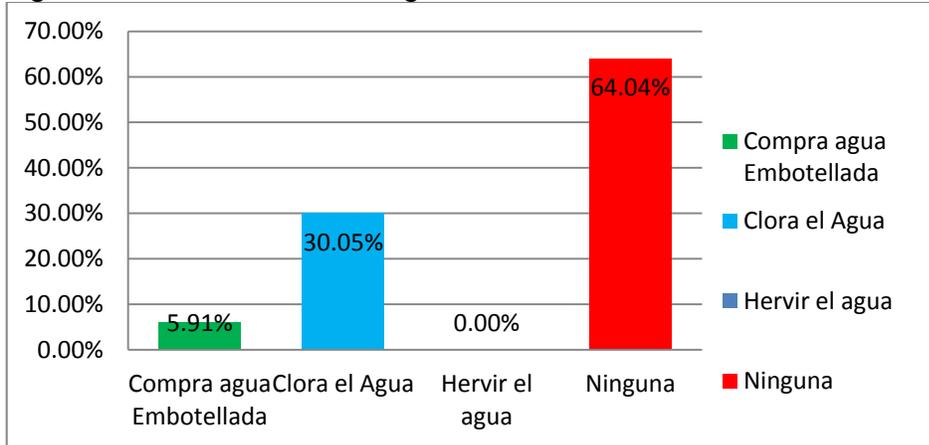
<sup>1</sup> Elaboración propia.



7. Para el agua de consumo ¿qué medidas de tratamiento utiliza?

Compra agua embotellada\_\_ Clora el agua \_\_\_ Hervir el agua \_\_ Ninguna \_\_

Figura 24. Tratamiento del agua de consumo a nivel domiciliar.

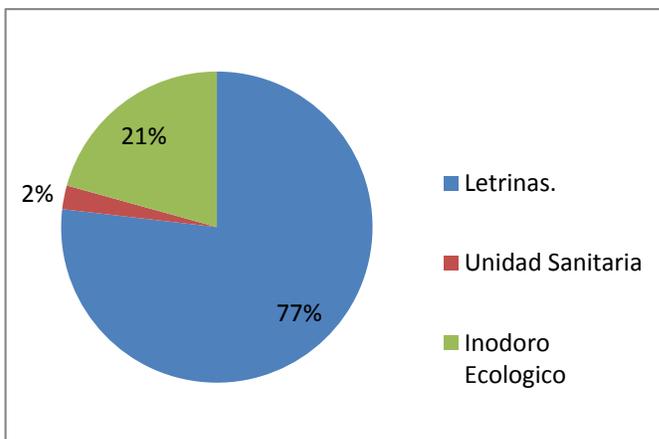


Fuente: Elaboración propia.

8. Sistema de disposición de excretas de la vivienda.

Letrinas \_\_ Unidad Sanitaria \_\_ Inodoro Ecológico\_\_

Figura 25. Tipos de sistema de disposición de excretas

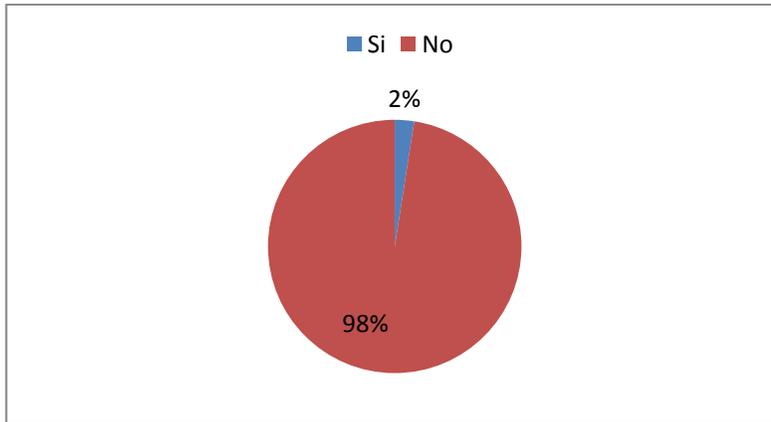


Fuente: Elaboración propia.

9. ¿Se han presentado diarreas en los últimos 15 días?

Si \_\_\_ No\_\_\_

Figura 26. Porcentaje de viviendas en las que se presento enfermedades diarreicas.



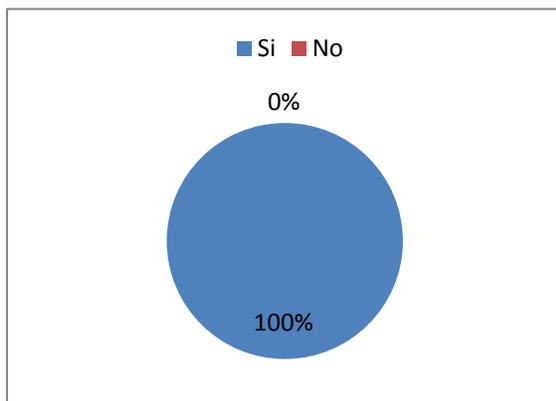
Fuente: Elaboración propia.

10. ¿Se lavan las manos?

Si\_\_\_ No\_\_\_\_\_

Al contestar esta pregunta las personas no siempre dan la respuesta correcta y pueden decir que si, aun cuando no tienen el habito de lavarse las manos.

Figura 27. Porcentaje de viviendas en las que tienen el hábito de lavarse las manos

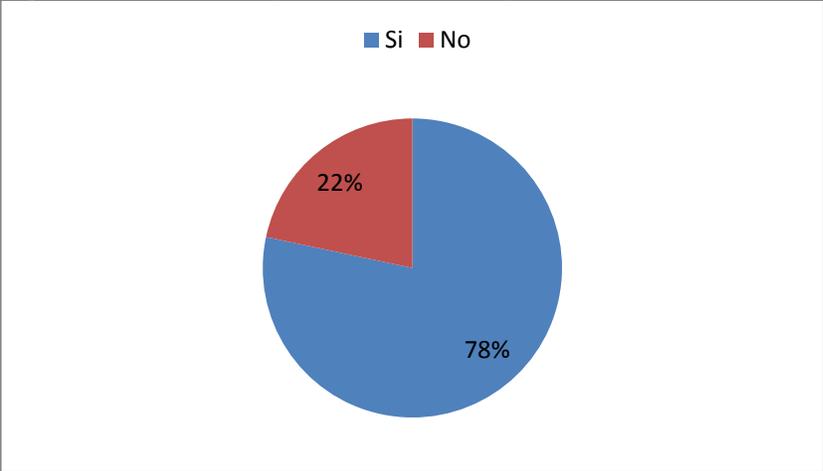


Fuente: Elaboración propia.

11. ¿Han recibido educación sanitaria?

Si\_\_ No:\_\_\_\_

Figura 28. Porcentaje de viviendas que han recibido educación sanitaria

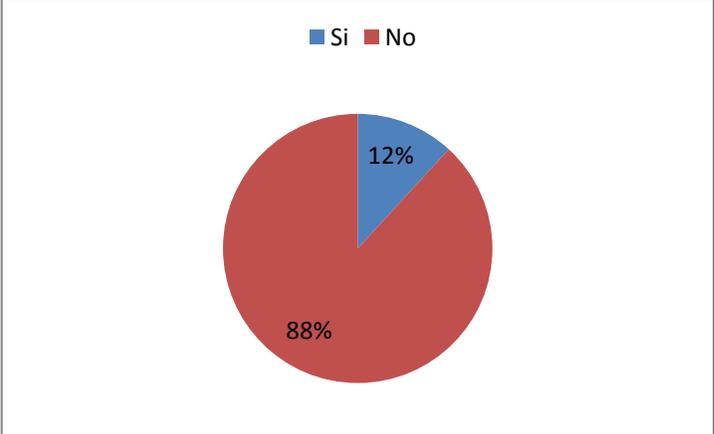


Fuente: Elaboración propia.

12. ¿Paga por el servicio de agua?

Si\_\_ No\_\_\_\_\_

Figura 29. Porcentaje de viviendas que pagan el agua



Fuente: Elaboración propia

13. Realizar inspección y observar.

a) ¿A cuántos mts. está el grifo?

Dentro de la vivienda \_\_\_\_\_

En el patio \_\_\_\_\_

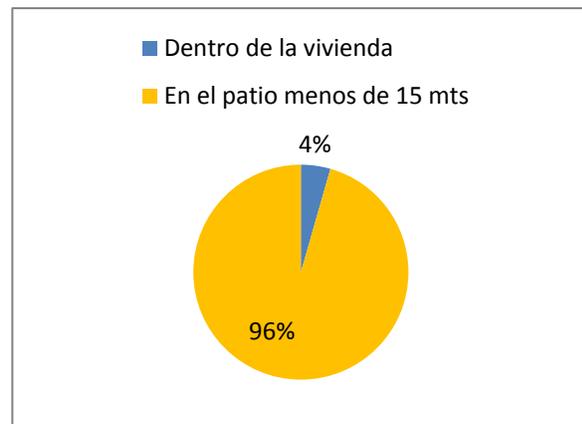
Menos de 15 mts \_\_\_\_\_

Entre 15 y 30 mts \_\_\_\_\_

Entre 30 y 50 mts \_\_\_\_\_

+ 50 mts \_\_\_\_\_

Figura 30. Ubicación del grifo en las viviendas

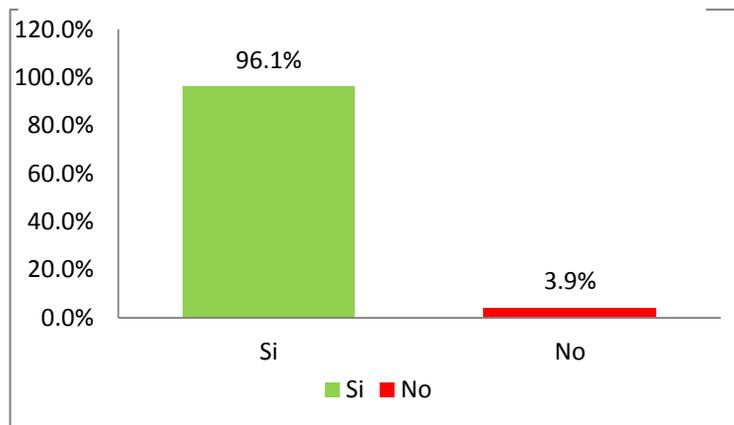


Fuente: Elaboración propia.

b) ¿Las personas lucen aseadas?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Figura 31. Aseo personal en las viviendas

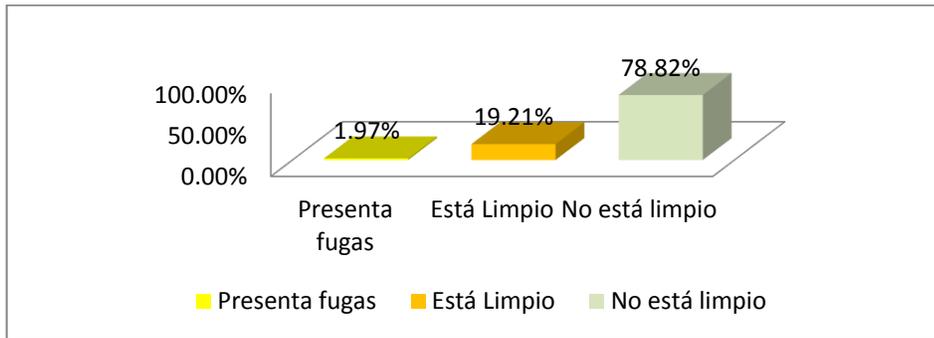


Fuente: Elaboración propia.

c) ¿Está el grifo de la vivienda limpio y en buen estado?

Presenta fugas \_\_\_\_\_ Esta limpio \_\_\_\_\_ No está limpio \_\_\_\_\_

Figura 32. Aseo del grifo en las viviendas



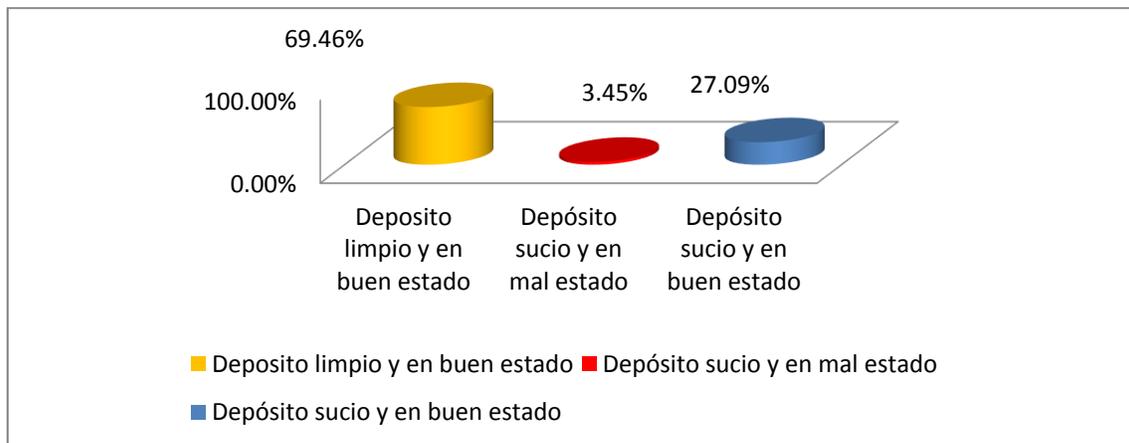
Fuente: Elaboración propia.

d) ¿El depósito de almacenamiento está limpio y en buen estado?

Depósito limpio y en buen estado\_\_\_ depósito sucio y en mal estado\_\_\_

Depósito sucio y en buen estado. \_\_\_

Figura 33. Aseo de los deposititos de almacenamiento

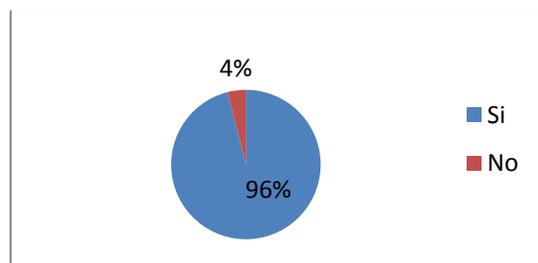


Fuente: Elaboración propia.

e) ¿Hay protección sanitaria del depósito?

Si\_\_\_ No\_\_\_

Figura 34. Protección sanitaria del depósito

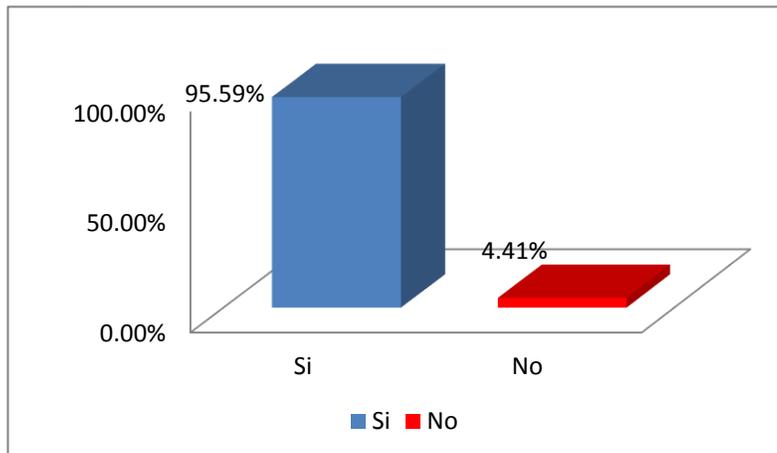


Fuente: Elaboración propia

f) ¿La Vivienda luce aseada?

Si\_\_ No\_\_

Figura 35. Aseo de las viviendas.

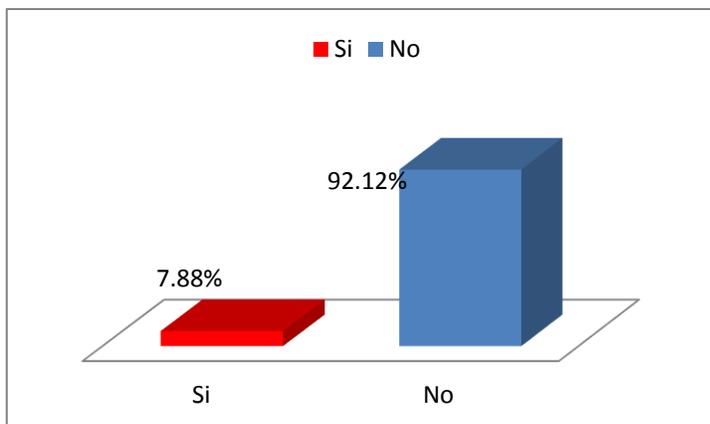


Fuente: Elaboración propia.

g) ¿Existe presencia de charcos cerca de grifos?

Si\_\_ No\_\_

Figura 36. Presencia de charcos cerca del grifo



Fuente: Elaboración propia

Observaciones:\_\_\_\_\_

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LA LOCALIDAD Y EL SISTEMA

**LOCALIDAD La Concordia**

**1 Información General**

Municipio. La Concordia  
Población Total 1654

Departamento: Jinotega  
N° viviendas  450 N° Familias

**2 Servicios de Saneamiento**

	SI	NO		
Agua Potable	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Alcantarillado	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Tanque séptico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Público	Domicilio <input checked="" type="checkbox"/>
Letrinas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

**3 Institución Supervisora de los Sistemas de Saneamiento**

No hay  MINSA  Municipio  EPS  Otra   
Distancia: local  <10 Km  entre 10 y 20 Km  20 y 50 Km  + 50 Km

Actividades respecto a

	Si	No	Mensual	Bimestral	Trimestral	Semestral	Anual	Otra
Agua potable	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Saneamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Administración	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

**4 Establecimiento Educativo de Mayor Nivel**

Preescolar  Primaria  Secundaria  Otros \_\_\_\_\_

**5.- Del Sistema de Agua Potable**

Aspectos Generales \_\_\_\_\_

El sistema fue construido en 1983 con una rehabilitación y ampliación en 1997 incorporando una nueva fuente de abastecimiento. En el año de 1999 se efectuaron reparaciones en la captación de la Breiera

Fecha de Ejecución \_\_\_\_\_  
Ejecutor \_\_\_\_\_ FISE \_\_\_\_\_  
Financiador \_\_\_\_\_ Gobierno central \_\_\_\_\_

Componentes del sistema

	Si	No	N°	mts	Diámetros
Captación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="2"/>		
Buzón de Reunión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="2"/>		
Línea de Conducción	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="1"/>	9000	4"
C.R.P. en Línea Conduc.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="4"/>		
Reservorio	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="2"/>		
Equipo cloración	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="1"/>		
Línea de Aducción	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="2"/>		
Red de Distribución	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="x"/>		
C.R.P. en Red	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>		
Piletas Públicas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>		
Conex Domiciliarias	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="450"/>		
Unidad Sanitaria	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="text"/>		
Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>		

**6.- DE LA INFORMACIÓN**

Fecha:13/05/2013

Persona Entrevistada

Nombre: Isabel Lumbi Cruz. (Vice Alcaldesa, Responsable de Servicios Municipales)

Entrevistador : Israel Castillo Palacios.

Firma



ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

LOCALIDAD LA CONCORDIA

1 RESPONSABLE DE LA ADMINISTRACIÓN

Comunidad  Municipalidad (Alcaldía)  Munic. Prov  EPS  Otro

Tiempo permanencia en cargos administ: < 2 años  2 a 4 años  + de 4 años

Tarifas	Monto en C\$/M3.				Fecha Vigencia				% Morosidad		
	< 0.50	0.50-1.00	1.05-2.00	.+2	<6m	6m-1año	1-2a	+2años	<20 %	20- 50 %	.+50%
Con. Dom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Pil. Publ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un. Sant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Disponen de:

	Si	No
Padrón de usuarios	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Libro de Caja	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Plano de Obra	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Plano de replanteo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Herramientas	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Material de consulta	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Otros	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.- OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

N° de operadores No hay  1  2  .+2

Herramientas: NO  SI  Suficientes  Insuficientes

Horas de trabajo por semana  A necesidad  <4h  4-10 h  10-20 h

Remun. mensual: No  Si  <S/.5  +S/.10  Otra forma

Control:

Se realiza No  SI

Forma: Cuaderno  Reporte oral  Inspección  Otro

Responsable : Pdte Administrac  Miembro de Administrac  Usuario  Otro

Tareas que se realizan

	No	Si Mensual	Bimest	Trimest	Semest	Anual	Demanda
Desinfección Instalac	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
Mantenimiento Instalac	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
Reparación Instalac	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
Reparación tuberías	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				

Inspección Sanitaria

Otras

Continuidad del servicio

Servicio Continuo  Servicio Discontinuo

Restricciones del servicio

En todas las zonas  En algunas zonas

Fecha última interrupción en todo el sistema 24/04/2013

Motivo:

Mantenimiento  Reparación  Problema de fuente  Otro

Tiempo de la interrupción

Menos de 4 horas  4 a 12 horas  1 día  2 días  Mas de 2 días

¿Se tomó alguna medida antes de la interrupción?

No  Si  Aviso anticipado a los usuarios  Otro

Se tomó alguna medida al reponer el sistema?

No  Si  Desinfección del sistema  Otro

¿Hay cierta periodicidad en la interrupción del servicio?

No  Si

Frecuencia: : Mensual  Bimestral  Trimestral  Semestral  Anual   
Otra

Observaciones

**3.- CAPACITACIÓN**

No  Si

Realizada por Ejecutora Financiera  MINSA  Otros

Oportunidad: Durante ejecución  Apenas terminada la obra  Posterior

Veces que se ha dado capacitación : 1 vez  2 veces  +2 veces

Operadores actuales capacitados Si  No

Capacitaron a Operadores  Administradores  Grupo mayor  Toda la pob

Duración : Menos 1 día  Menos 1 día  2 a 5 días  1 semana  .+ 1 sem

Aspectos Tratados

	SI	NO
Administ. del sistema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Operación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mantenimiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### 4.- DE LA INFORMACIÓN

Fecha:13/05/2013

Persona Entrevistada

Nombre: Isabel Lumbi Cruz. (Vice Alcalsea, Responsable de Servicios Municipales)

Entrevistador : Israel Castillo Palacios.

Firma



## INSPECCIÓN SANITARIA DEL SISTEMA

LOCALIDAD .....

Código .....

### 1.- CAPTACIONES Y BUZÓN DE REUNIÓN

CARACTERISTICAS	CAPTACIONES			BUZÓN REUNIÓN
	1	2	3	
¿Hay cerco que evita el acceso de personas y animales?				
¿Está la estructura en buen estado, sin rajaduras ni fugas?				
¿Existe losa de protección?				
¿Hay cámara de válvulas?				
¿Tiene tapa sanitaria de inspección?				
¿Tiene seguro en la tapa?				
¿Están los accesorios completos?				
¿El rebose y desagüe no forman charcos?				
¿ Está el rebose protegido?				
¿Los accesorios están en buen estado de mantenimiento?				
¿Hay ausencia de materiales extraños en el interior?				
¿Existe cuneta de coronación?				
¿Está la cuneta en buen estado?				
¿Hay ausencia de elementos contaminantes en las cercanías?				
Código de Muestra				

Observaciones .....

### 2.- LÍNEA DE CONDUCCIÓN

CARACTERISTICAS	TUBERIAS
¿Hay ausencia de fugas y roturas?	
¿Es el enterramiento/tendido apropiado?	
¿Están los cruces aéreos protegidos y en buen estado?	

Observaciones .....

Nº tuberías de ventilación ..... Nº cajas rompe - presión .....

CARACTERÍSTICAS	TUB. DE VENTILAC.	C.R.P.
¿ Está el acceso protegido?		
¿ Está la estructura en buen estado?		
¿ Tiene tapa sanitaria?		
¿ Está el rebose protegido?		
¿ Están los accesorios completos?		
¿ Los accesorios están en buen estado de mantenimiento?		
¿ Hay ausencia de elementos contaminantes en las cercanías?		

Observaciones .....

### 3.- RESERVORIO

CARACTERÍSTICAS	R1	R2
¿Hay cerco que evita el acceso de personas y animales?		
¿Está la estructura en buen estado, sin rajaduras ni fugas?		
¿Existe cubierta de protección?		
¿Tiene tapa sanitaria de inspección?		
¿Tiene seguro en la tapa?		
¿Hay cámara de válvulas?		
¿Están los accesorios completos?		
¿El rebose y desagüe no forman charcos?		
¿Están el rebose y la ventilación protegidos?		
¿Los accesorios están en buen estado de mantenimiento?		
¿Hay ausencia de materiales extraños en el interior?		
¿Hay ausencia de elementos contaminantes en las cercanías?		
Código de Muestra		

Observaciones .....

.....

### 4.- CLORACIÓN

Cloración del sistema: Permanente  Eventual  Nunca

Condiciones de almacenamiento adecuadas: Sí  No

Motivo para no clorar:

Ignoran necesidad  Sabor del agua  Costo  Dificultad de compra  Otro  .....

Compra de cloro:

Lugar: Dependencia MINSA  Ferretería  EPS  Otro  .....

Frecuencia: Mensual  Bimestral  Trimestral  Semestral  Anual  A demanda

CARACTERÍSTICAS	R1	R2
¿Efectúan la cloración regularmente?		
¿Existe equipo de cloración?		
¿Está el equipo en buen estado?		
¿Está el equipo en uso en el momento de la visita?		
¿Es suficiente la cantidad de cloro?		

Observaciones .....

.....

### 5.- RED DE DISTRIBUCIÓN, CAJAS ROMPE PRESIÓN Y PILETAS PÚBLICA

CARACTERÍSTICAS	RED
¿Hay ausencia de fugas y roturas?	
¿Es el enterramiento/tendido adecuado?	
¿Están las válvulas operativas?	
¿Están las válvulas en cajas con tapa?	

N° cajas rompe presión ..... N° piletas públicas .....

CARACTERÍSTICAS	CRP	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5
¿Está la estructura en buen estado, sin rajaduras ni fugas?						
¿Está limpia la estructura?						
¿Están los accesorios y/o grifo completo y en buen estado?						
¿Se encuentra limpio el grifo?	-----					
¿Hay ausencia de charcos en las inmediaciones?						
¿Hay ausencia de posibilidades de contaminación?						

**6.- VISITAS DOMICILIARIAS**

CARACTERÍSTICAS	%	
Fuente		
¿A cuántos mts. está el grifo? Dentro de la vivienda En el patio Menos de 50 mts Entre 50 y 100 mts Entre 100 y 200 mts + 200 mts		
¿Está el grifo de la vivienda limpio y en buen estado?		
¿El depósito de almacenaje está limpio y en buen estado?		
¿Hay protección sanitaria del depósito?		
¿Usan desinfección casera?		
¿Las personas lucen aseadas?		
¿Se lavan las manos?		
¿La vivienda luce aseada?		
¿Están los utensilios en buen estado y limpios?		
¿Es imposible el acceso de los animales al recipiente de agua?		
¿Recibieron Educ. sanitaria?		
¿Saben si cloran el sistema?		
¿Tienen sistema de disposición de aguas grises?		
¿Tienen sistema de disposición de excretas?		
¿Se han presentado diarreas en los últimos 15 días?		

Observaciones

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**7.- DE LA INFORMACIÓN**

Personas entrevistadas

Nombre

Cargo

.....  
 .....  
 .....

..... Realizado por:..... Firma

..... Fecha .....

## ANEXO 2

# PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA SEGÚN NORMAS CAPRE

## Cuadro # 01. Parámetros bacteriológicos (a)<sup>2</sup>

Origen	Parámetro (b)	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible	Observaciones
A. Todo tipo de agua de bebida	Coliforme fecal	Neg	Neg	
B. Agua que entra al sistema de distribución	Coliforme fecal	Neg	Neg	
	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras no consecutivas
C. Agua en el sistema de distribución	Coliforme total	Neg	≤4	En muestras puntuales No debe ser detectado en el
	Coliforme fecal	Neg	Neg	95 % de las muestras anuales (c)

(a) NMP/100 ml, en caso de análisis por tubos múltiples o colonias/100 ml en el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la *E. Coli*, definida en el artículo 4. La bacteria Coliforme Total no es un indicador aceptable de la calidad sanitaria de acueductos rurales, particularmente en áreas tropicales donde muchas bacterias sin significado sanitario se encuentran en la mayoría de acueductos sin tratamiento.

(b) En los análisis de control de calidad se determina la presencia de coliformes totales.

En caso de detectarse una muestra positiva se procede al remuestreo y se investiga la presencia de coliforme fecal. Si el remuestreo da resultados negativos, no se toma en consideración la muestra positiva, para la valoración de calidad anual. Si el remuestreo da positivo se intensifican las actividades del programa de vigilancia sanitaria que se establezca en cada país. Las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no deben ser consideradas para la valoración anual de calidad.

(c) En los sistemas donde se recolectan menos de 20 muestras, al año, el porcentaje de negatividad debe ser ≥ 90 %.

<sup>2</sup> Fuente: Normas CAPRE (1994)

**Cuadro # 02. Parámetros Organolépticos<sup>2</sup>**

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo Admisible
Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	58
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25°C

**Cuadro # 03. Parámetros Físico – Químicos<sup>1</sup>**

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor máximo
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración de Iones	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Hidrógeno Cloro Residual	mg/L	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	µS/cm	400	
Dureza	mg/L CaCo <sub>3</sub>	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCo <sub>3</sub>	100	
Cobre	mg/L	1.0	2.0
Magnesio	mg/L CaCo <sub>3</sub>	30	50
Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sólidos Disueltos Totales	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3.0

(a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos.

(b) Cloro residual libre

**(c)** 5 mg/l en base a evidencias científicas las cuales han demostrado que este valor “residual” no afecta la salud. Por otro lado cada país deberá tomar en cuenta los aspectos económicos y organolépticos en la interpretación de este valor.

<sup>2</sup> Fuente: Normas CAPRE (1994)

## **ANEXO 3**

### **Resultados de pruebas de laboratorio.**

Cuadro 4. Parámetros Adicionales analizados por el laboratorio.

Parámetros	Unidades	Resultados			
		Primera semana		Ultima semana	
		Captación	Grifos	Captación	Grifos
Nitratos	mg/l	3.94	4.25	3.60	6.37
Nitritos	mg/l	0.003	0.007	0.007	0.020
Alcalinidad total como CaCo3	mg/l	18	75	19	21
Hierro Total	mg/l	0.05	0.15	0.95	3.55
Amonio	mg/l	<ld	<ld	<ld	0.268
Fluoruro	mg/l	0.42	<ld		

<ld por debajo del límite de detección.

Fuente: Elaboración propia.

















## Anexo: Fotos de la Investigación

Figura 37. Deficiencia de operación y mantenimiento en tanque de almacenamiento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 38. Deficiencia de operación y mantenimiento en desarenador.



Fuente: Elaboración propia

Figura 38. Deficiencia de diseño en la captación



Fuente: Elaboración propia

Figura 39. Deficiencia de mantenimiento en los filtros



Fuente: Elaboración propia.