



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA  
UNAN-MANAGUA

CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN  
EN RECURSOS ACUÁTICOS  
DE NICARAGUA



Trabajo de Tesis  
Para optar al grado de  
Máster en Ciencias del Agua

**Título:**

Disponibilidad hídrica superficial y vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua de la zona urbana de la Ciudad de Guaimaca, Francisco Morazán, Honduras.

**Autora**

Ing. María Rubenia Ortiz Guifarro

**Tutora:** MSc. Valeria Delgado Quezada (CIRA/UNAN-Managua)

**Asesores:** MSc. Maynor Ruiz (IHCIT-UNAH/Honduras)  
MSc. Juan Alberto Chavarría (UNA-Catacamas/Honduras)

**Managua, marzo del 2020**

Financiado por: El Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD); y el Centro Para la Investigación En Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN-Managua).

## **Acta de Aprobación de los miembros del jurado examinador**

## DEDICATORIA

*A Dios todopoderoso por darme la oportunidad de poder concluir mis estudios de postgrado, y porque su bien y su misericordia me acompañan todos los días de mi vida.*

*A mis padres, Manuel de Jesús Ortiz y Rubenia del Carmen Guifarro, por su apoyo incondicional en todos los proyectos que emprendo.*

*A mis hermanos, Wilmer, Roldán, Saira, Martha, Abigail, José Manuel, José René, José Carlos, Rebeca y Mayra. A mis sobrinos: Celeste, Edwin, Yeimi, Otoniel, Yadely, Noel, Samantha, Melany, Vanessa, José Roldán y Mario, ellos son mi inspiración.*

*Al motor de mi vida, mi hijo Jaden David, y a Henry Núñez, quienes me acompañaron durante todo el proceso de estudios y fueron mi fuerza emocional en todo momento.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, a Dios todo poderoso por abrir las puertas para tener la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado.

Infinitamente mi agradecimiento a toda mi familia, por su apoyo incondicional en todo el proceso de estudios de maestría.

Al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), por brindarme la oportunidad de una beca completa para realizar los estudios, y el aporte económico para desarrollo del trabajo de investigación.

Al personal del Área de Docencia y Coordinación de la Maestría Regional Centroamericana en Ciencias del Agua con énfasis en Calidad del Agua; y en general a todo el personal docente y de los laboratorios del Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN-Managua).

Un especial agradecimiento a mi tutora la Maestra Valeria Delgado y mis asesores los Maestros Maynor Ruíz y Juan Chavarría, por su apoyo y dedicación. Ellos fueron pilares fundamentales para concluir con el proyecto de investigación.

A Kelvin Salinas, Kevin Ponce, Manuel Varela, Ary Santos y Henry Núñez por su colaboración en el levantamiento de la información de campo.

A la alcaldía Municipal de Guaimaca y en particular al alcalde Doctor, Nelson René Chávez, por su colaboración logística y económica para realizar los análisis de muestras de agua.

## Índice General

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
1.1. Área de estudio .....	7
1.1.1. Ubicación del área de estudio .....	7
1.1.2. Descripción del sistema de abastecimiento de agua .....	8
1.2. Antecedentes .....	17
1.3. Planteamiento del problema .....	20
1.4. Objetivos .....	22
1.4.1 Objetivo general .....	22
1.4.2 Objetivos específicos .....	22
1.5. Justificación .....	23
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>25</b>
2.1. Información general del área de estudio .....	25
2.1.1. Aspectos Socioeconómicos del Municipio de Guaimaca .....	25
2.1.2. Aspectos biofísicos del municipio .....	26
2.1.3. Caracterización del área de estudio .....	27
2.1.4. Tipo de suelo .....	28
2.2. Marco conceptual .....	30
2.2.1 Balance Hídrico Superficial General .....	30
2.2.2. Calidad del Agua .....	31
2.2.3. Vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua potable.	35
2.2.4. Evaluación de la Vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable .....	36
2.3. Marco Referencial .....	38
2.3.1 Calidad para uso doméstico e ingesta .....	38
2.3.2. Situación actual del agua potable en la Ciudad de Guaimaca. ...	39
<b>II. DISEÑO METODOLOGICO</b> .....	<b>41</b>
3.1. Tipo de estudio .....	41
3.2. Recopilación de información secundaria .....	41
3.3. Reconocimiento del área de estudio .....	41
3.3.1. Levantamiento de información socioeconómica y de la oferta y demanda de agua .....	42

3.4. Disponibilidad hídrica .....	44
3.4.2. Estimación de la demanda .....	46
3.4.3. Estimación de déficit del recurso hídrico en las fuentes .....	47
3.4.4. Pruebas de infiltración .....	49
3.4.5. Toma de muestras de agua (puntos de muestreo).....	52
3.4.6. Toma de muestras para análisis de sólidos .....	52
3.4.7. Toma de muestras para herbicidas, triazinas y arsénico total....	53
3.4.8. Medición de parámetros <i>in situ</i> .....	54
3.4.9. Control de calidad de toma de muestras y de resultados analíticos .....	55
3.5. Análisis de la Vulnerabilidad .....	55
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
4.1. Resultados de la caracterización socioeconómica de Guaimaca. ....	58
4.2. Estimación de la disponibilidad .....	68
4.2.1. Caudales mensuales .....	68
4.2.2. Demanda de la población .....	70
4.3. Resultados físicos y químicos.....	73
4.3.1. Resultados de pH .....	73
4.3.2. Oxígeno Disuelto .....	74
4.3.3. Conductividad eléctrica (CE; en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).....	75
4.3.4. Resultados de análisis fisicoquímicos en época de invierno .....	76
4.3.5. Resultados de análisis fisicoquímicos en época de verano (abril 2016)	78
4.3.6. Tipo hidroquímico del agua.....	81
4.3.7. Concentración de sólidos en el agua .....	83
4.3.8. Concentración de nutrientes en el agua .....	84
4.3.9. Resultados de análisis bacteriológico .....	86
4.3.10. Resultados de análisis de herbicidas triazinas .....	87
4.3.11. Presencia de Arsénico en las fuentes .....	88
4.4. Análisis Completo del funcionamiento y el Estado Actual del Sistema de Abastecimiento de Agua de la Ciudad de Guaimaca. ....	88
4.5. Resultados de la valoración del sistema de abastecimiento de Guaimaca.....	90
4.5.1. Valoración de la vulnerabilidad de la red de distribución de La Marmajosa. ....	90

4.5.2.	Valoración de la vulnerabilidad de la quebrada de Lepaterique, en la toma del Destino.....	91
4.5.3.	Valoración de la vulnerabilidad de la quebrada de San Quín.....	93
4.5.4.	Valoración total de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad de Guaimaca.....	95
V.	CONCLUSIONES .....	97
VI.	RECOMENDACIONES .....	98
VII.	BIBLIOGRAFÍA .....	99
VIII.	ANEXOS .....	104

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Descripción de la obra toma del sistema de agua.....	10
<b>Tabla 2.</b> Descripción de la línea de conducción del sistema de agua. ....	12
<b>Tabla 3.</b> Distribución y cobertura del servicio de agua de la Ciudad de Guaimaca. ....	14
<b>Tabla 4.</b> Valores de parámetros bacteriológicos recomendados, según la Norma Técnica Nacional para agua Potable y Saneamiento (NTH, 1995).....	38
<b>Tabla 5.</b> Valores de parámetros organolépticos recomendados para la Norma Técnica para Agua Potable y Saneamiento de Honduras. ....	39
<b>Tabla 6.</b> Ubicación de los puntos de monitoreo de caudales y sitios de muestreo.....	42
<b>Tabla 7.</b> Estimación de N con la fórmula de la población finita (Bolaños, 2012) .....	43
<b>Tabla 8.</b> Proyección del crecimiento poblacional de la Ciudad de Guaimaca para el año 2020.....	46
<b>Tabla 9.</b> Resumen de los análisis realizados en los diferentes sitios de muestreo.....	53
<b>Tabla 10.</b> Evaluación matricial de la vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable (EPILAS/UNC, 2005).....	56
<b>Tabla 11.</b> Valoración cualitativa y cuantitativa de los componentes del sistema de agua potable (EPILAS/UNC, 2005). ....	57
<b>Tabla 12.</b> Evaluación general por componente y del sistema de agua potable (EPILAS/UNC, 2005).....	57
<b>Tabla 13.</b> Oferta de agua del sistema vs. demanda de la población.....	71
<b>Tabla 14.</b> Oferta versus demanda de agua en la Ciudad de Guaimaca.....	72
<b>Tabla 15.</b> Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en (invierno) diciembre del 2015 (SANAA).....	77
<b>Tabla 16.</b> Análisis fisicoquímicos realizados en época seca (abril 2016) en el CIRA.....	80
<b>Tabla 17.</b> Concentraciones de nutrientes en las quebradas de la microcuenca de estudio (verano 2016).....	84

<b>Tabla 18.</b> Resultados de análisis bacteriológicos en época seca (abril del 2016). .....	86
Tabla 19. Valoración de la vulnerabilidad de la toma del sistema de la Marmajosa (EPILAS/UNC, 2005). .....	91
<b>Tabla 20.</b> Valoración de la vulnerabilidad del sistema del Destino.....	92
<b>Tabla 21.</b> Valoración del sistema de agua de San Quín. ....	93
<b>Tabla 22.</b> Valoración total de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad de Guaimaca. ....	96

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Hombres y mujeres encuestados.....	58
<b>Gráfico 2.</b> Cantidad de personas por vivienda.....	58
<b>Gráfico 3.</b> Condición de las viviendas.....	59
<b>Gráfico 4.</b> Nivel de escolaridad de los encuestados. ....	59
<b>Gráfico 5.</b> Principal servicio por resolver. ....	60
<b>Gráfico 6.</b> Actividad en la que trabajan. ....	60
<b>Gráfico 7.</b> Satisfacción de la población con la entidad prestadora del servicio. ....	61
<b>Gráfico 8.</b> Personas que están de acuerdo con la tarifa que se paga por el agua.....	62
<b>Gráfico 9.</b> Personas de acuerdo con el racionamiento del servicio de agua. ....	63
<b>Gráfico 10.</b> Personas de acuerdo con el incremento de la tarifa, si se mejora la calidad del agua.....	64
<b>Gráfico 11.</b> Comunicación de los usuarios con los administradores del servicio de agua.....	65
<b>Gráfico 12.</b> Personas que compran agua para ingesta. ....	66
<b>Gráfico 13.</b> Caudal mensual promedio en las tres quebradas versus el caudal total disponible.....	68

<b>Gráfico 14.</b> Correlación entre el caudal mensual con la precipitación mensual. .....	69
<b>Gráfico 15.</b> Correlación entre la precipitación y el caudal en las tres quebradas (diciembre 2015-octubre 2016).....	72
<b>Gráfico 16.</b> Registro de valores de pH (unidades de pH) en siete puntos de muestreo (noviembre 2015-octubre 2016).....	73
<b>Gráfico 17.</b> Valores de Oxígeno Disuelto (noviembre 2015-octubre 2016)....	74
<b>Gráfico 18.</b> Conductividad eléctrica ( $\mu$ S/cm) en siete sitios de muestreos (noviembre 2015-octubre 2016). ....	75
<b>Gráfico 19.</b> Concentración de sólidos (ST, STD, SST, SVT, SFT) en cinco sitios de muestreo en época de verano 2016. ....	83

## LISTA DE MAPAS

<b>Mapa 1.</b> Ubicación del área de estudio. ....	4
<b>Mapa 2.</b> Red Hídrica y áreas protegidas en el área de estudio. ....	8
<b>Mapa 3.</b> Crecimiento demográfico tendencial del Municipio de Guaimaca. ...	26
<b>Mapa 4.</b> Mapa hidrogeológico del área de estudio. ....	28
<b>Mapa 5.</b> Clasificación de suelos en el área de según la clasificación de C.S. Simmons (FAO, 1969). ....	29
<b>Mapa 6.</b> Mapa de ubicación de los sitios de muestreo. ....	45
<b>Mapa 7.</b> Concentraciones de nutrientes en el agua de las Microcuencas (verano del año 2016).....	85
<b>Mapa 8.</b> Concentración bacteriológica en los sitios analizados.....	87

## LISTA DE ILUSTRACIONES

- Ilustración 2.** Identificación de zonas con potencial para perforación de pozos (MANOFM, 2012). ..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Ilustración 3.** Procedimiento para estimar la cantidad de agua superficial y el déficit y/o exceso de agua en la microcuenca. ... **¡Error! Marcador no definido.**

## LISTA DE IMAGENES

- Imagen 1.** Toma de agua La Marmajosa ..... 8
- Imagen 2.** Toma de agua La Marmajosa Nueva. .... 9
- Imagen 3.** Toma de agua de Lepaterique (El destino) ..... 9
- Imagen 4.** Toma de agua de San Quín. .... 9
- Imagen 5.** Tanque de almacenamiento 2. .... 12
- Imagen 6.** Tanque de almacenamiento 2. .... 12
- Imagen 7.** Medición de caudales mediante el método de flotadores. .... 46
- Imagen 8.** Ilustración de la instalación de dos pluviómetros (imágenes con fines ilustrativos; [www.penick.net](http://www.penick.net)). .... 47
- Imagen 9.** Prueba de infiltración, método de infiltrométero de doble anillo (método Müntz). .... 50
- Imagen 10.** Medición de parámetros de campo en las quebradas de la microcuenca de estudio. .... 54
- Imagen 11.** Comportamiento del caudal en época seca (abril 2016) e invierno (diciembre 2016) en la quebrada de San Quín. .... 68
- Imagen 12.** factores que amenazan la sostenibilidad del sistema de agua, la deforestación (izquierda) y la contaminación (derecha). .... 89
- Imagen 13.** Infraestructura de captación y condición de la Marmajosa. .... 90
- Imagen 14.** Infraestructura de captación de Lepaterique en la toma del Destino. .... 92
- Imagen 15.** Infraestructura de captación de la toma de San Quín. .... 93
- Imagen 16.** Condiciones actuales de la captación y distribución del sistema de agua de Guaimaca. .... 95

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diseño del sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad de Guaimaca. ....	5
<b>Figura 2.</b> Identificación de zonas con potencial para perforación de pozos (MANOFM, 2012). ....	18
<b>Figura 3.</b> Procedimiento para estimar la cantidad de agua superficial y el déficit y/o exceso de agua en la microcuenca. ....	51
<b>Figura 4.</b> Tipo hidro químico del agua en la microcuenca de estudio (verano 2016). ....	82

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Formato de encuesta aplicada.....	104
<b>Anexo 2.</b> Procedimiento para determina la evapotranspiración Potencial ...	105
<b>Anexo 4.</b> Parámetros físico químicos (OD,pH,CE) mensuales medidos en los siete (noviembre 2015 a octubre 2016) .....	108
<b>Anexo 5.</b> Aldeas y Caseríos del Municipio de Guaimaca.....	109
<b>Anexo 6.</b> Resultados del análisis fisicoquímico realizados en el SANAA ....	111
<b>Anexo 7.</b> Análisis fisicoquímicos realizados en el laboratorio de El CIRA ...	117
<b>Anexo 8.</b> Resultados de análisis de arsénico .....	120
<b>Anexo 9.</b> Resultado de análisis de Triazinas. ....	129

## RESUMEN

El municipio de Guaimaca está ubicado en la región central de Honduras, la zona urbana tiene un área de 809.04 km<sup>2</sup> y su población estimada al año 2016 es de 22,070 habitantes y proyectada al 2020 de 26,305 habitantes. El abastecimiento de agua para la Ciudad es a través del suministro de una red hídrica compuesta por tres quebradas Lepaterique, La Marmajosa y San Quín. El presente estudio se realizó con el propósito de determinar la disponibilidad hídrica superficial y vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua de la zona urbana de la Ciudad de Guaimaca; para tal efecto, en las tres quebradas se realizaron mediciones mensuales de caudales de noviembre 2015 a octubre 2016. La calidad del agua se evaluó mediante la medición mensual de parámetros fisicoquímicos, y la colecta de muestras de agua (diciembre 2015 y abril 2016) en siete sitios: las quebradas abastecedoras, en los dos (2) tanques de distribución y en dos (2) llaves de consumo doméstico para análisis fisicoquímico, bacteriológico y triazinas. Se aplicó una encuesta a 362 familias para identificar situaciones socioeconómicas que contribuyen a la disponibilidad del agua. El análisis del estado actual del sistema de agua se valoró con la matriz de vulnerabilidad empleada por la OPS para evaluación de sistemas de agua. Los resultados indican que existe una carencia de 61.52% en la oferta de agua en las fuentes superficiales abastecedoras; donde el mayor déficit se reporta para el mes de abril. De acuerdo con la NTH, las aguas son aptas para consumo humano; excepto en invierno por el alto contenido de sólidos que afecta su calidad organoléptica; y el arsénico que superó en T1(11.15 µg/l<sup>-1</sup>) y T2 (12.01 µg/l<sup>-1</sup>) los valores guía admisibles para consumo humano, conforme la OMS (2011). En el análisis del estado actual del sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Guaimaca presenta una alta vulnerabilidad (50), por lo que se deben tomar medidas integrales y sostenibles que garanticen el suministro de agua. Según las encuestas la población de Guaimaca reconoce la necesidad de resolver de manera inmediata la problemática de suministro de agua.

**Palabras clave:** disponibilidad hídrica, agua superficial, vulnerabilidad.

## I. INTRODUCCIÓN

El suministro continuo de agua potable está estrechamente relacionado con la disponibilidad de agua, su calidad y las condiciones de los sistemas de abastecimiento. Es responsabilidad de los gobernantes, beneficiarios y prestadores de servicio de agua, buscar alternativas orientadas a lograr un óptimo abastecimiento de agua potable.

El suministro de agua confiable en cantidad y calidad aceptable para la salud es uno de los principales retos que enfrentan los países de la región Centroamericana. En este contexto, el problema mayor radica en la incapacidad para establecer mecanismos sustentables de distribución y acceso a agua potable, con eficientes programas de gestión y distribución. Esta situación empeora por la deficiente inversión pública en el sector agua y saneamiento; falta de gobernabilidad en temas ambientales; contaminación y deterioro de los cuerpos de agua, debido a la débil aplicación de leyes restrictivas (Ramírez A. , 2019).

Según (Ballesteros, 2016), el 60% de las prestaciones de los servicios de agua y saneamiento en Centroamérica es deficiente. Aunque la demanda promedio es sólo un 8% de oferta hídrica que posee la región al año. Por lo tanto, se entiende que el problema no es de escasez física del agua, sino más bien el problema tiene que ver con una escasez económica, ya que estos países a pesar de tener suficientes recursos hídricos no tienen la infraestructura ni los recursos económicos poder satisfacer la demanda (Nuñez, 2016).

En el caso particular de Honduras, enfrenta problemas de planificación y manejo de los recursos hídricos relacionados con el alto crecimiento demográfico, déficit en el acceso de agua potable, rápida urbanización, aumento de la demanda e impacto de la variación climática; esto afecta la distribución y suministro de agua adecuado (GWP Centroamérica, 2015).

Según el balance hídrico de Honduras realizado por el Centro de Estudios Hidrográficos en el 2003, los porcentajes de extracción de agua por usos corresponde; el primer lugar al riego con un 52.40% y en segundo lugar para consumo humano con 14.32 % (Pérez, Álvarez , Brito , & Delgado , 2003).

La demanda actual de agua potable de Honduras sólo representa el 5% de la oferta existente. A pesar de que el país cuenta con una oferta hídrica importante, la demanda de agua potable no es satisfecha, debido a la carencia de regulación, infraestructura de almacenamiento y regulación de caudales la demanda. En cuanto a la cobertura total de acceso a agua potable aún existe una brecha de 15% a nivel nacional, 17% en lo rural, 7% en lo urbano (Asociación Mundial para el agua, Centroamérica GWP, 2015).

El 90% del abastecimiento de agua potable es intermitente, solo el 44% dispone de cloración efectiva y no se dispone de sistemas de monitoreo y control de la calidad del agua (Gobierno de Honduras, 2010).

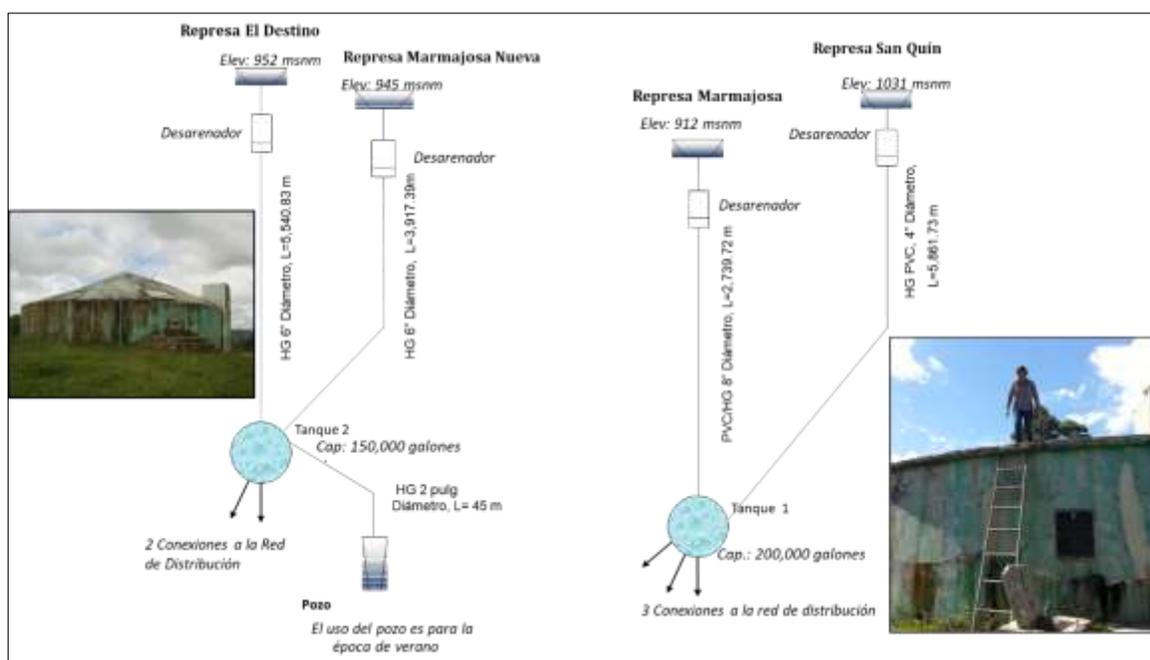
De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2013) en relación con el acceso domiciliario a servicios públicos constata lo siguiente: (i) Acceso al agua: 12.2% de las viviendas no cuentan con un acceso adecuado de agua. En el área urbana el 93% de las viviendas cuentan con este servicio, sin embargo, todavía la cobertura del servicio público en el área rural sigue siendo baja (83%).

Los cambios en la demanda del agua y su menor disponibilidad se traducen en un desafío para conservar su calidad y distribución eficiente; tal es el caso del área de estudio, la Ciudad de Guaimaca, que está localizada en el municipio de Guaimaca, en el Departamento de Francisco Morazán, Honduras (Mapa 1).



En la actualidad, la Ciudad de Guaimaca se abastece de tres quebradas: Lepaterique, La Marmajosa y San Quín; las cuales nacen en la Reserva Biológica Misoco (declarada en el año de 1987 mediante el Decreto Legislativo 87-87 (Cruz, 2011). El sistema de abastecimiento para la Ciudad de Guaimaca se conforma de un sistema de gravedad que consiste en presas derivadoras construidas en cada una de las quebradas (boca toma). El agua es conducida a través de la tubería principal de hierro galvanizado (HG) y cloruro de polivinilo (PVC) hasta dos (2) tanques, desde donde es distribuida por tubería secundaria hasta la Ciudad.

**Figura 1.** Diseño del sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad de Guaimaca.



En la zona urbana de Guaimaca la cobertura de agua potable y saneamiento es uno de los mayores desafíos por resolver. A pesar de que casi la totalidad de las viviendas están conectadas a la red de distribución, el servicio que se brinda es discontinuo en época de verano, debido a la rápida reducción de los caudales en las quebradas que aportan el agua, y en invierno se reduce el uso del agua por la alta concentración de materia orgánica y la colmatación del sistema. Aunado a esto, el crecimiento poblacional, el aumento en la dinámica del comercio, la degradación de la calidad física y química del agua, el deficiente funcionamiento operativo del sistema de abastecimiento (construido en el año 1961 y cuyo mantenimiento y mejoras han sido mínimas) es motivo de preocupación por parte de la población, autoridades municipales y administradores del servicio de agua en Guaimaca. Cabe mencionar que el agua es tratada solamente con cloro, lo cual no garantiza el consumo seguro para la población. El presente estudio tuvo como propósito conocer la situación actual de las fuentes de agua y de la infraestructura del sistema que abastece a la población urbana de Guaimaca; el cual generó información para dar recomendaciones en cuanto a la mejora de la calidad del recurso hídrico y del sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad de Guaimaca. Asimismo, mediante la aplicación de la matriz de vulnerabilidad propuesta por la Organización Panamericana de la Salud para evaluar los sistemas de agua potable. Por esta razón fue importante determinar la disponibilidad actual del recurso hídrico superficial tanto en cantidad como en calidad y la demanda de éste, así como el grado de vulnerabilidad de los componentes (captación, conducción reservorio y distribución) del sistema de abastecimiento; para lo cual se dan recomendaciones, para que contribuyan a optimizar el suministro de agua en la Ciudad de Guaimaca.

## **1.1. Área de estudio**

### **1.1.1. Ubicación del área de estudio**

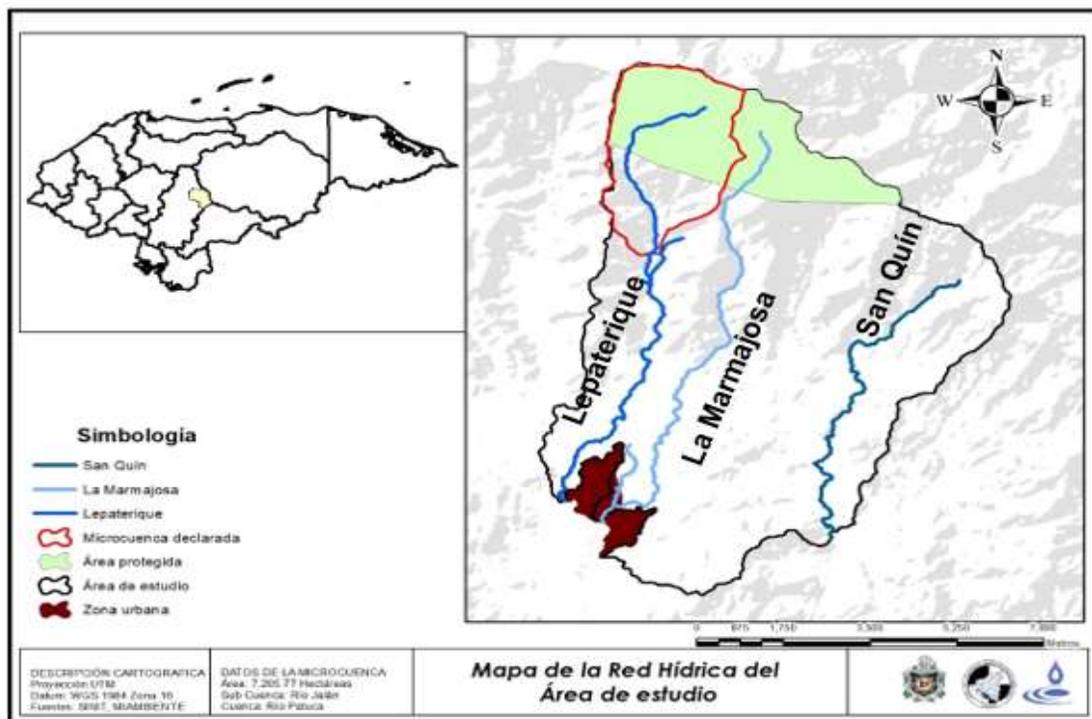
El municipio de Guaimaca se localiza al Noreste del Departamento de Francisco Morazán, a 90 km de la Ciudad de Tegucigalpa, Honduras. La extensión territorial del municipio es de 80,923 Ha, de las cuales 250 Ha corresponden a la zona urbana. El área de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Guaimaca, y comprende parte de la zona de amortiguamiento de la Cordillera de Misoco (Cruz G. , 2008).

El área delimitada para fines del estudio (72.06 km<sup>2</sup>) comprende tres (3) quebradas permanentes que abastecen la zona urbana del municipio de Guaimaca y, está ubicada al noreste del municipio de Guaimaca, en un gradiente altitudinal entre 800-1900 msnm; pertenece a la subcuenca del río Jalán, la cual drena a la cuenca del río Patuca.

La delimitación del área de estudio se realizó en base a la delimitación del mapa oficial de microcuencas definidas por la Dirección General de Recursos Hídricos de Honduras, la cual comprende tres (3) unidades hidrológicas (1508004, 1508027, 1508010), afluentes de la subcuenca del río Jalán (DGRH, 2017).

Para el presente estudio se consideraron tres quebradas; Quebrada de Lepaterique con 12.14 km de longitud, La Marmajosa con una longitud de 14.75 km y San Quín con 9.68 km de longitud, las cuales abastecen a la ciudad de Guaimaca (Mapa 2).

Estos afluentes son aprovechados para riego en parcelas productivas principalmente para el cultivo de café y hortalizas, y para uso doméstico. Como se observa en el mapa 2, la quebrada de Lepaterique fue declarada microcuenca con la categoría de zona productora de agua. Esta categoría es una respuesta estatal para asegurar un espacio forestal de recarga para zonas productoras de agua, misma que contempla un plan de manejo ambiental para el espacio geográfico definido (ICF-FORCUENCAS, 2010).



**Mapa 2.** Red Hídrica y áreas protegidas en el área de estudio.

## 1.1.2. Descripción del sistema de abastecimiento de agua

### 1.1.2.1. Obras de captación

En la fuente de La Marmajosa, existen dos obras tomas, las cuales se ubican próximas a la comunidad de La Mansión, a unos 8 km al norte de la Ciudad de Guaimaca. La primera conocida como La Marmajosa Vieja, fue construida con fondos municipales en 1961.



**Imagen 1.** Toma de agua La Marmajosa

Esta sólo aporta agua al sistema en el invierno, debido a la disminución del caudal, y azolvamiento que restringen los aportes de agua en el verano. Esta represa requiere de limpiezas constantes principalmente en el invierno, por el arrastre de sedimentos y material vegetal, que generan obstrucción en la tubería y en el desarenador, lo que ocasiona

interrupciones en el servicio del agua. Esta represa alimenta al tanque de almacenamiento conocido como tanque 1.



**Imagen 2.** Toma de agua La Marmajosa Nueva.

La segunda obra de captación es conocida como La Marmajosa Nueva; fue construida con fondos municipales en el 2006 y con la ayuda de la Armada de Estados Unidos. Esta represa está ubicada a unos 0.5 km aguas arriba de la represa vieja. Al igual que la represa vieja, esta requiere de limpiezas constantes principalmente, por el arrastre de sedimentos y material vegetal. La represa

alimenta todo el año al tanque de almacenamiento conocido como tanque 2 y es la fuente con el principal aporte al sistema. La combinación de ambas obras tomas aporta el 40% del agua del sistema en invierno y verano.

La fuente de El Destino, en la microcuenca de Lepaterique, está ubicada en la aldea El Destino, a unos 6.5 km al noroeste de la Ciudad; y fue construida en el año 2006 con fondos de la Agencia de los Estados Unidos para la Desarrollo Internacional (USAID) y contraparte municipal. Esta



**Imagen 3.** Toma de agua de Lepaterique (El destino)

fuelle presenta problemas de disminución de caudal en el verano debido a que aguas arriba de la obra toma existen importantes áreas de cultivo que utilizan agua de la quebrada para el regadío; en el invierno también requiere de frecuentes limpiezas por el arrastre de sedimentos y material vegetal. Esta obra toma alimenta el tanque 2 y aporta el un 30% del agua del sistema en invierno y verano.



**Imagen 4.** Toma de agua de San Quín.

La fuente de San Quín está ubicada en la comunidad de San Quín, a unos 6 km al noreste de la Ciudad de Guaimaca; fue construida en 1961 con fondos municipales y fondos de USAID. La fuente no presenta problemas importantes en la época de verano ni en el

invierno; sin embargo de la línea de conducción principal se derivan conexiones domiciliarias que abastecen la comunidad de La Guadalupe y la Comunidad de A serradero Missisipi, que disminuye la cantidad y presión del agua al ingresar al tanque. La fuente aporta aproximadamente el 30% del agua del sistema en invierno y verano, y abastece al tanque 1. El sistema se completa con un pozo perforado cerca del tanque 2, el cual únicamente se utiliza en verano. En la Tabla 1 se describe el funcionamiento del sistema de agua de la ciudad de Guaimaca, el pozo bombea durante tres meses (febrero, marzo y abril).

**Tabla 1.** Descripción de la obra toma del sistema de agua

<b>Quebrada</b>	<b>Nombre de la fuente</b>	<b>Elevación (msnm)</b>	<b>Tipo de fuente</b>	<b>Tipo de captación</b>	<b>Edad de la obra (años)</b>	<b>Estado de la obra</b>
<b>La Marmajosa</b>	Marmajosa Vieja	912	Quebrada	Represa derivadora/ bocatoma	59	Regular
	Marmajosa Nueva	945	Quebrada	Represa derivadora/ bocatoma	15	Buena
<b>Lepaterique</b>	El Destino	952	Quebrada	Represa derivadora/ bocatoma	15	Regular
<b>San Quín</b>	San Quín	1,031	Quebrada	Represa derivadora/ bocatoma	59	Buena

### 1.1.2.2. Las obras de conducción de agua

- a) La **Marmajosa Vieja**, conduce el agua desde la obra toma hasta el tanque 1, cuenta con un desarenador, válvulas de aire, carece de tanque rompecargas, tiene una capacidad de conducción de 33.96 l/s. Las condiciones de la línea de conducción y sus elementos son regulares ya que ya ha sobrepasado su vida de diseño.
- b) La **Marmajosa Nueva**, conduce el agua desde la obra toma hasta el tanque 2, cuenta con un desarenador, válvulas de aire, carece de tanque rompecargas, tiene una capacidad de conducción de 16.98 l/s. Las condiciones de la línea de conducción y sus elementos son regulares.
- c) **El Destino**, en la quebrada de Lepaterique, conduce el agua desde la obra toma hasta el tanque 2, cuenta con un desarenador, válvulas de aire y limpieza, carece de tanque rompecargas, tiene una capacidad de conducción de 16.98 l/s. Las condiciones de la línea de conducción y sus elementos están en buen estado.
- d) **San Quín** conduce el agua desde la obra toma hasta el tanque 1, cuenta con un desarenador, válvulas de aire, carece de tanque rompecargas, tiene una capacidad de conducción de 7.08 l/s. Las condiciones de la línea de conducción y sus elementos son regulares debido a que ya ha sobrepasado su vida de diseño. En esta línea de conducción se hizo una derivación que sirve para suministrar el agua a Comunidades que son clientes del prestador de servicio. Esta condición genera disminución del caudal de entrada al tanque, especialmente en la época de verano.
- e) El **pozo** tiene una bomba sumergible de 2 Hp, con una tubería que conecta al tanque 2. El pozo trabaja durante 3 meses y es operado por el personal de la Unidad Municipal de Agua y Saneamiento de Guaimaca. Se estimó que el caudal que suministra el pozo es de 4 l/s. En la Tabla 2, se describe la línea de conducción del sistema de agua.

**Tabla 2.** Descripción de la línea de conducción del sistema de agua.

Nombre de la fuente	Tipo de la tubería	Diámetro (pulgadas)	Longitud (m)
Marmajosa Vieja	PVC/HG	8	2,739.72
Marmajosa Nueva	HG	6	3,917.39
El Destino	HG	6	5,540.83
San Quín	HG/PVC	4	5,861.73
Pozo Marmajosa	HG	2	45.00
<b>Total</b>			<b>18,104.67</b>

### 1.1.2.3. Las obras de almacenamiento de agua

El sistema cuenta con dos tanques de almacenamiento, que se conocen como tanque 1 y 2, los que describen a continuación.

**a).** El **Tanque 1**, almacena el agua proveniente las obras tomas de La Marmajosa Vieja y San Quín. El tanque es superficial y tiene una capacidad de 200,000.00 galones. Su estructura está en regular estado, no tiene macromedidor; las válvulas están en buen estado, pero presenta problemas con las ventanas de inspección y las estructuras para aforar; tiene problemas de fisuras debido a que ya cumplió con su vida útil (construido en 1961) y representa un peligro



**Imagen 5.** Tanque de almacenamiento 1.

para los operadores y encargados del mantenimiento (imagen 5). El hipoclorador no tiene conexión con la tubería de entrada al tanque, por lo que la cloración se desarrolla de manera manual. El tanque carece de cerco perimetral y presenta deterioro en la parte externa. Además, existen conexiones “*directas*” a la tubería de entrada para algunos usuarios cercanos al tanque.

**b).** El **Tanque 2**, almacena el agua proveniente las obras tomas de La Marmajosa Nueva, El Destino (Lepaterique) y del pozo en La Marmajosa durante el verano. El tanque es superficial y tiene una capacidad



**Imagen 6.** Tanque de almacenamiento 2.

de 150,000.00 galones. Su estructura está en regular estado, no tiene macromedidor; las válvulas están en buen estado, pero presenta problemas con las ventanas de inspección y las estructuras para aforar (Imagen 6). El tanque fue construido con ferrocemento en el año 2006, su capacidad es limitada para almacenar toda el agua que escurre de las fuentes en época de invierno.

El hipoclorador no tiene conexión con la tubería de entrada al tanque, por lo que la cloración se desarrolla de manera manual. Al igual que el tanque 1, también carece de cerco perimetral y presenta deterioro en la parte externa.

#### **1.1.2.4. La red de distribución**

La red de del Prestador cubre aproximadamente casi la totalidad del área de la ciudad de Guaimaca, cada uno de los tanques atiende un sector específico de la ciudad, aunque el área de servicio del tanque 2 (70% del suministro) es mayor a la del tanque 1. Del tanque 2 existen tres redes de distribución; y del tanque 1 existen dos redes de distribución, las cuales se detallan en la Tabla 3. Aunque algunos barrios y colonias se abastecen de ambos tanques por lo tanto la continuidad del servicio es mejor en estos sitios.

Otro elemento importante de mencionar es que, en diversos puntos de la red de distribución, cuenta con tubería inapropiada (asbesto y HG) que representa un problema a los usuarios y al sistema. Adicionalmente, en la red se presentan roturas frecuentes debido a que las mismas fueron instaladas superficialmente.

**Tabla 3.** Distribución y cobertura del servicio de agua de la Ciudad de Guaimaca.

Tanque de almacenamiento	Sector que abastece
<b>Tanque 1</b>	Barrio Suyapa
	Barrio Abajo
	Barrio Alas de Cristo Rey
	Barrio Arriba
	Barrio Cristo Rey
	Barrio El Centro
	Barrio La Palmera
	Barrio San José de Suyapa
	Colonia Alemania
	Colonia Llanos de Figueroa
	Colonia Palermo
	<b>Tanque 2</b>
Barrio Suyapa	
Barrio El Ocote	
Barrio Plaza Nueva	
Barrio San José de Suyapa	
Barrio Suyapa	
Colonia 21 de noviembre	
Colonia Anexo a la San Juan	
Colonia Bella Vista	
Colonia Brisas de Guaimaca	
Colonia Francisco Rosales	
Colonia Las Lomas	
Colonia Los Laureles	
Colonia Miraflores	
Colonia Modelo	
Colonia Municipal	
Colonia Nueva Esperanza	
Colonia Peralta	
Colonia Samayoa	
Colonia Santa Fe	
Colonia Santa Rosa de Lima	
Colonia Víctor López	

Fuente: Elaboración Propia

#### **1.1.2.5. Las conexiones domiciliarias**

La mayoría de las acometidas para las conexiones domiciliarias son de PVC de ½ pulgada, aunque existen algunas conexiones de HG y otras de PVC de diferente diámetro. La mayoría de las conexiones carecen de caja de registro, válvula y no existe en la red de servicios micro ni macro medición en el servicio.

El prestador tiene categorías y subcategorías de usuarios, pero el padrón de usuarios no está actualizado; además una aldea cercana al casco urbano está incluida en el padrón de usuarios, y algunos barrios y colonia del casco urbano tienen servicio de agua independiente.

#### **1.1.2.6. Situación por mejorar de la infraestructura del sistema captación**

En todas las obras tomas se identificó que el principal problema es que la rejilla está a flor del agua y muy cerca del terreno natural; por lo que el arrastre de mucho sedimento en la época de invierno obstruye el desarenador y ripea la tubería, por lo que se interrumpe la de conducción de agua a los tanques.

- Obra toma **La Marmajosa Vieja**: las mejoras que se deben desarrollar en esta parte del sistema incluyen la construcción de un prefiltro, mejorar obra toma, mejorar desarenadores, construir caja de válvulas y colocar seguridad en las mismas.
- Obra toma **La Marmajosa Nueva**: las mejoras que se deben desarrollar son la construcción de un prefiltro, levantar la cortina para mejorar la captación de agua, mejoramiento en tubería de limpieza de la obra toma, mejoramiento de los desarenadores, construir caja de válvulas y colocar cerco perimetral.
- Obra toma **El Destino**: las mejoras que se deben desarrollar contemplan la construcción de un prefiltro, levantar la cortina para mejorar la captación de agua, mejoramiento en tubería de limpieza de la obra toma, mejoramiento de los desarenadores, construir caja de válvulas y colocar seguridad en las mismas

- Obra toma **San Quín**: Se debe mejorar la tubería de conducción, construir columnas con base de concreto y abrazaderas, para soportar el tubo. Construcción de prefiltro y mejoramiento del desarenador.

#### **1.1.2.7. Situación por mejorar del sistema de conducción**

- Para la línea de conducción **La Marmajosa Vieja**, las mejoras son la reparación y reemplazo de la tubería de PVC, ya que tiene amarres de hule; y construir columnas en los pasos aéreos. La legalización de los pasos de servidumbre es necesario.
- Las líneas de conducción **La Marmajosa Nueva** y de **El Destino** (Lepaterique) están en buenas condiciones y no requieren de mejoras significativas; únicamente la legalización de los pasos de servidumbre.
- La línea de conducción de **San Quín**, necesita las siguientes mejoras: renovar la tubería en los pasos aéreos, ya que tienen amarres de hules y construcción de columnas, colocar conexiones adecuadas y red de distribución en las comunidades de La Guadalupe ya que esta comunidad toma agua directamente de la línea de conducción (aproximadamente 25 conexiones); y construir una líneas de distribución del tanque 2 a la comunidad de Aserradero Mississippi, ya que esta toma agua directamente de la línea de conducción al tanque.

## **1.2. Antecedentes**

En el 2005, planes de asistencia técnica municipal (PATMUNI's, 2005) realizó un diagnóstico institucional y financiero del municipio de Guaimaca, destacando que a nivel urbano y rural el municipio cuenta con recursos hídricos de gran importancia. Su topografía variada se caracteriza por fértiles valles de vocación agrícola, cerros y montañas aptas para el cultivo de café y la producción forestal (PATMUNI's, 2005). En particular se destacan las Reservas Biológicas Misoco y El Chile, zonas con gran potencial en recursos naturales. La Reserva de El Chile en la actualidad se considera una opción para el suministro de agua del centro urbano del municipio, (PATMUNI's, 2005).

Históricamente, una de las principales actividades económicas del municipio de Guaimaca ha sido la extracción y la industria de la madera, seguido por la producción agrícola y en menor escala la producción agroindustrial y el comercio. La producción de granos básicos ocupa un lugar preponderante en la economía del municipio y los cultivos permanentes como el café ha tomado auge debido a las condiciones climáticas del lugar (COFINSA, 2005).

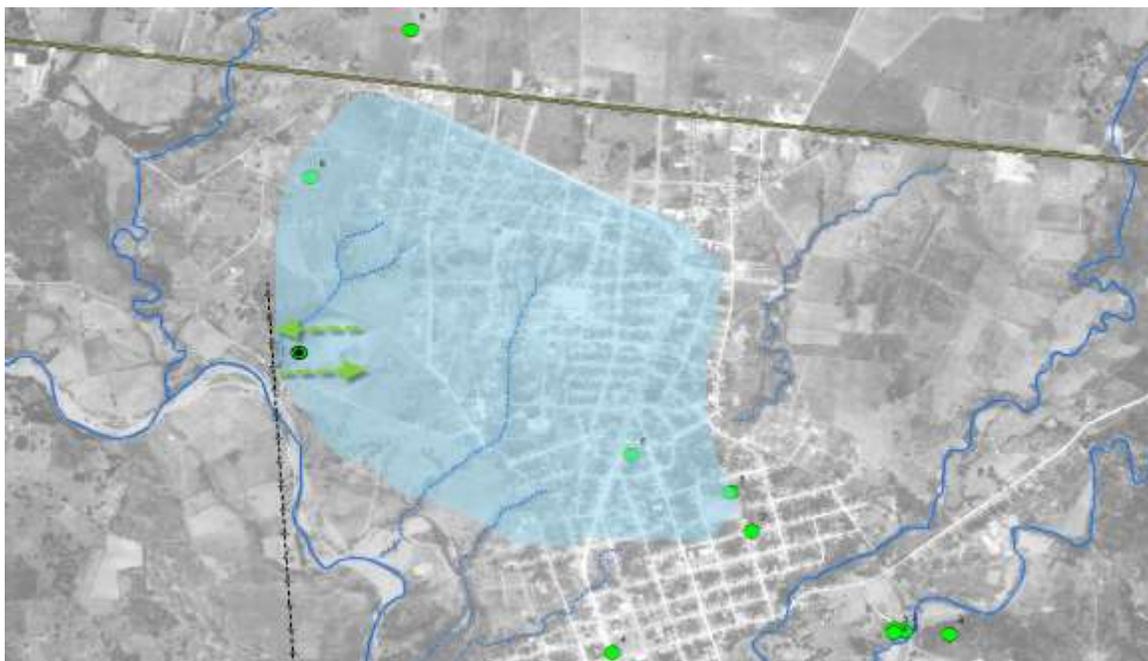
El Centro de Estudios Ambientales de Honduras (2006) realizó una proyección del sector primario-secundario, agropecuario y forestal, en donde se estima que al menos cinco comunidades urbanas demandarán servicios básicos en el 2030; aunado a que en ese año las comunidades pueden sufrir desabastecimiento y contaminación por la falta de manejo de las fuentes productoras de agua. En el estudio se hace énfasis en que las fuentes de agua no están declaradas áreas protegidas, se encuentran sin delimitación ni demarcación, sumado al desconocimiento de la problemática por parte de las comunidades lo cual limita su participación en planes de manejo (CEAH, 2006).

En el año 2010 se realizó el primer estudio que consistió en una caracterización de la calidad del agua en el ciclo de consumo de la Ciudad de Guaimaca. El periodo en que se analizaron las muestras fueron los meses de junio, julio y agosto de ese año. En dicho estudio se encontró una alta concentración bacteriológica en las tres

microcuencas: San Quín (150 UFC/100 ml), La Marmajosa (360 UFC/100 ml) y Lepaterique (240 UFC/100 ml); además se detectaron considerables concentraciones de fosfatos en la microcuenca de Lepaterique (0.39 mg/l) (Leiva, 2010).

En el 2012, La Mancomunidad de Municipios del Norte y Occidente de Francisco (MANOF), realizó una caracterización Hidrogeológica en el municipio de Guaimaca, con el fin de identificar las zonas más propicias para realizar la perforación de pozos para la extracción de agua y complementar las necesidades de agua potable de consumo domiciliario. A la vez, en este estudio se determinó que el área con mayor potencial para la explotación del acuífero lo constituye la zona central que cruza la zona urbana de Guaimaca, hasta la línea de fallas inferidas con rumbos norte sur en las planicies del río Jalán (Figura 2).

**Figura 2.** Identificación de zonas con potencial para perforación de pozos (MANOFM, 2012).



La capacidad estimada del acuífero es de 6 a 8 litros por segundo, por lo que la profundidad de perforación dependerá de las capas acuíferas atravesadas, pero se estimó una profundidad recomendada de por lo menos 100 metros (MANOFM, 2012).

El estudio más reciente en la zona fue realizado por parte del Instituto de Conservación Forestal (ICF), el cual consistió en caracterizar la flora y fauna de la Reserva Biológica Misoco, la cual tiene un área total de 4,572.34 ha. Como resultado de este estudio, se establecieron 501 ha (a partir de la cota 1,800 m.s.n.m.) como la zona núcleo de la reserva, y 4,071.34ha como zona de amortiguamiento (Moreno, 2015). A la vez, este estudio se realizó con el propósito de hacer una propuesta para declarar zona protegida a la quebrada de La Marmajosa, y de esta manera realizar una correcta gestión de los recursos naturales presentes en esta unidad hídrica, (Moreno, 2015).

### **1.3. Planteamiento del problema**

Aunque Centroamérica tiene fuentes de agua dulce, el crecimiento de la población ha aumentado considerablemente la demanda. Actualmente, la disponibilidad para diferentes usos está comenzando a convertirse en una de las principales preocupaciones socioeconómicas, no solamente de los países de la región si no a nivel mundial. Las limitaciones en el escaso acceso al agua para satisfacer las necesidades básicas como consumo, salud, higiene, y seguridad alimentaria socavan el desarrollo y provocan enormes dificultades a la población afectada (Chavarría, 2009). En Honduras el 87.0% de la población tiene acceso a fuentes mejoradas de agua potable y un 77.0% emplea instalaciones de saneamiento (Latina, 2010); sin embargo, para la oficina de la Organización Panamericana de la Salud en Honduras; las investigaciones en agua y saneamiento son escasas (OPS-OMS, 2003).

#### **1. Caracterización del problema.**

En Guaimaca la evolución demográfica ha ido en aumento de acuerdo con la proyección del Instituto Nacional de Estadística de Honduras (INE), la población actual del municipio es aproximadamente 34,785 habitantes, mientras que el 2001 la población era solamente de 22,072 habitantes (INE, 2013). El casco urbano de la ciudad de Guaimaca está constituido por 8 barrios y 21 colonias en donde se concentra aproximadamente el 53% de la población del municipio. En el área rural se sitúan 44 aldeas y 45 caseríos o poblados, en donde se concentra el 47% de la población, (SINIMUN, 2015).

#### **2. Delimitación del Problema.**

Este incremento de la población ha contribuido al avance de la frontera agrícola (Moreno, 2015), donde son notorios los niveles de contaminación generados por las aguas mieles provenientes de los beneficios de café, mismas que son descargadas a los diversos cauces de las fuentes de agua sin previo tratamiento (Moreno, 2015). También los subsecuentes problemas de deforestación, aprovechamiento ilegal de madera; las familias de los pequeños productores se han asentado en las cercanías de las quebradas, de las cuales se abastecen de agua para consumo y para regar sus parcelas, las cuales son cultivadas para

autoconsumo de la población local. Esto da como resultado el inadecuado manejo de las microcuencas del municipio (Moreno, 2015). Se considera la causa principal de esta situación la falta de conciencia por parte de los pobladores de la comunidad (ICF, 2013).

### **3. Formulación del Problema.**

Debido al aumento en la demanda de agua, la Ciudad de Guaimaca cuenta con tres fuentes naturales de abastecimiento de agua para uso doméstico: la quebrada La Marmajosa proporciona el 35% del caudal, Lepaterique el 35% y San Quín el 30% del caudal total, del cual se abastecen los 22,070 habitantes de la zona urbana de la Ciudad (UMASAG, 2016). De acuerdo con el personal de mantenimiento de la Unidad Municipal de Agua y Saneamiento de Guaimaca (UMASAG), el sistema de agua de la ciudad de Guaimaca presenta fallas de tipo operativo y de oferta, lo que repercute en la eficiencia en el suministro de agua. En verano los caudales de las fuentes de agua bajan sustancialmente, lo que genera escasez del recurso. En el invierno como es de esperar hay suficiente caudal disponible en las fuentes, pero el sistema no tiene la capacidad de derivar el agua para que esté disponible en las viviendas (UMASAG, 2016). Vinculado con el contexto, la importancia de este estudio radica en hacer un análisis de la situación actual del sistema de abastecimiento de agua, cuantificando la disponibilidad y la calidad del agua en las fuentes naturales, y analizando la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en la ciudad. Lo anterior con el propósito de que sirva como insumo en la toma de decisiones de las autoridades municipales, y usuarios del recurso para mejorar el suministro de agua de la ciudad de Guaimaca.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar la disponibilidad hídrica superficial y la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua de la zona urbana de la ciudad de Guaimaca, Francisco Morazán, Honduras.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Identificar factores socioeconómicos y problemática ambiental que afecta a la disponibilidad del recurso hídrico, para abastecimiento de la zona urbana de la Ciudad de Guaimaca.
2. Estimar la disponibilidad hídrica superficial, para el sistema de abastecimiento de agua de la zona urbana de la Ciudad de Guaimaca.
3. Determinar la calidad del agua mediante análisis fisicoquímico, bacteriológico, triazinas y arsénico de la Ciudad de Guaimaca.
4. Análisis de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua de la zona urbana de la Ciudad de Guaimaca.

## **1.5. Justificación**

En la actualidad las microcuencas presentes del municipio de Guaimaca (Reservas Biológicas El Chile y Misoco), muestran vulnerabilidad principalmente en los siguientes aspectos: avance de la frontera agrícola, prácticas agrícolas nocivas (roza y quema), uso insostenible de los bosques (explotación forestal ilegal) y la degradación de las fuentes de agua por contaminación (SINIMUN, 2015). Estas prácticas socioeconómicas repercuten en la disponibilidad y calidad del agua de las quebradas de Lepaterique, La Marmajosa y San Quín, cuyas nacientes se encuentran dentro de esta área protegida. Se dispone de un conocimiento empírico de las quebradas presentes en el área de estudio; se ha observado que básicamente la escorrentía es estacional, en invierno poseen suficiente caudal, disminuyendo los caudales en la época no lluviosa. Sin embargo, se desconoce la cantidad específica de agua que fluye en cada una de ellas ya que no se habían efectuado aforos que permitieran conocer los caudales a lo largo de todo el año. Estas quebradas convergen en el área urbana de la Ciudad, que finalmente se convierten en afluentes de la subcuenca del río Jalán.

El crecimiento poblacional acelerado (2.54%) ejerce presión sobre el recurso hídrico, aumentando la demanda y disminuyendo la oferta para los usuarios del servicio, lo que genera descontento en la población. Sumado a este rápido crecimiento demográfico, la falta de información primaria sobre el estado actual de las fuentes abastecedoras impide a los tomadores de decisiones considerar alternativas de mejora en el suministro de agua (INE, 2013).

Por otro lado, el sistema de abastecimiento de la Ciudad presenta un deterioro evidente en los tanques de almacenamiento y en la tubería de conducción, puesto que ya cumplieron su ciclo de vida útil; en el caso del tanque que almacena el agua proveniente de La Marmajosa y San Quín se observan fugas de agua producto de las grietas en las paredes. De acuerdo con la información proporcionada por la Unidad Municipal de Agua y Saneamiento este sistema tiene aproximadamente 59 años de estar funcionando (hasta el año 2020) (UMASAG, 2016).

En el año 2006, mediante el proyecto piloto denominado “Implementación de la regulación de los servicios APS” en 10 municipios de Honduras financiado por la cooperación Suiza en América Central, se crea la ley de regulación de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento (APS) (decreto 118-2003). La ley establece el marco legal e institucional del sector APS, a efecto de mejorar la planificación, regulación y prestación de los servicios en forma descentralizada con amplia participación de los sectores sociales, de forma consecuente con las políticas del estado (ERSAPS, 2019); conformando así las instancias regulatorias a nivel local, la comisión municipal de agua y saneamiento (COMAS) y la Unidad de Supervisión y Control Local (USCL). En las cuales se asignan a las municipalidades una serie de responsabilidades entre ellas; la titularidad de los servicios, disponer la forma y condiciones en la prestación de los servicios, así como de emitir ordenanzas para mejorar y controlar la prestación (ERSAPS, 2011).

Con este estudio se pretende contribuir a generar información nueva sobre el estado actual del sistema de abastecimiento de agua (captación, conducción, reservorio y distribución) de la ciudad de Guaimaca, para que las autoridades enfoquen esfuerzos y destinen recursos orientados a la protección del recurso hídrico. Así como a implementar alternativas de mejora de capacidades técnicas y operativas para optimizar el funcionamiento del sistema hídrico y de distribución de la Ciudad. De esta manera brindar un suministro de agua segura a la población con la dotación recomendada de 200-240 l/persona/día, conforme lo estipulado por el Ente Regulador de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (ERSAPS).

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Información general del área de estudio**

#### **2.1.1. Aspectos Socioeconómicos del Municipio de Guaimaca**

##### **2.1.1.1. La agricultura**

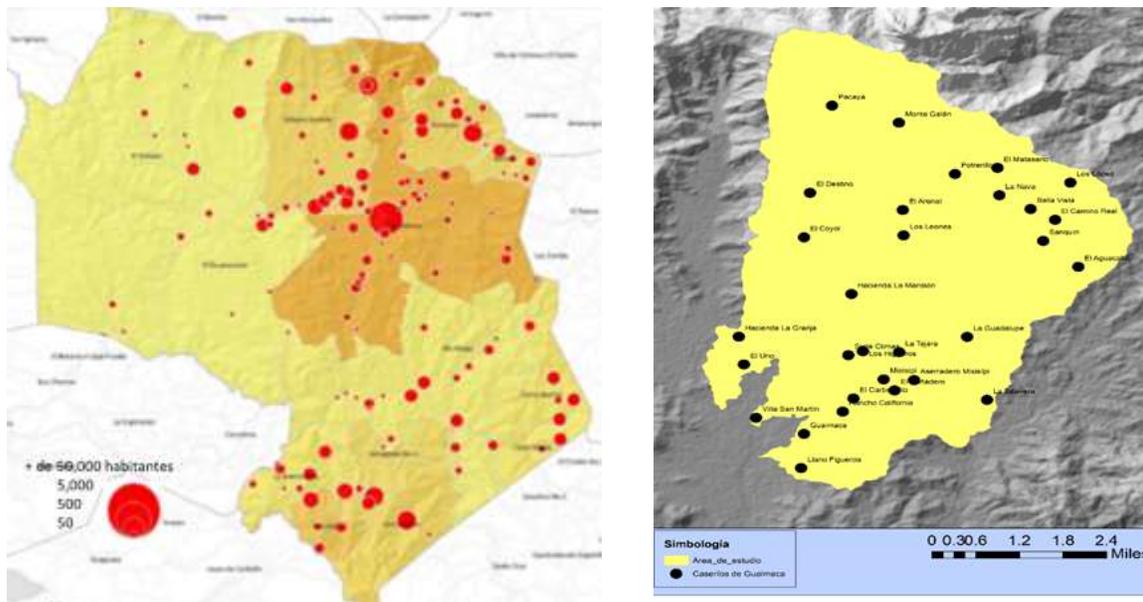
Es uno de los principales rubros del municipio, específicamente el cultivo de café, los granos básicos y las hortalizas, seguida por la industria relacionada a la extracción, procesamiento y transformación de la madera es otra fuente económica importante del municipio. Además, el comercio formal e informal es la actividad que genera mayores ingresos tributarios para la municipalidad (PDM, 2015).

La tenencia de la tierra en el municipio está definida de la siguiente manera: 16.75% son nacionales; 26.24% son de carácter ejidal y 57.01% de tierras son de propiedad privada. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el índice de desarrollo humano del municipio de Guaimaca es de 0.649, que representa un nivel de desarrollo medio (PDM, 2015).

##### **2.1.1.2. Demografía**

En el municipio existen 45 aldeas (incluyendo el casco urbano) y 45 caseríos; su población aproximada es de 32,109 habitantes, de los cuales el 50.04% son hombres y 49.96% son mujeres. En el área rural se ubican caseríos o poblados conectados por una extensa red de caminos y carreteras de tierra (COFINSA, 2005). En esta zona conviven el 47% de la población del municipio. Muchas de estas aldeas se establecen cerca de las quebradas para garantizar el suministro de agua, aumentando la vulnerabilidad por contaminación del recurso (COFINSA, 2005). La zona urbana, está constituida por 8 barrios y 21 colonias, en donde se concentra aproximadamente el 53% de la población del municipio y una densidad poblacional de 40 habitantes por kilómetro cuadrado en el municipio (SINIMUN, 2015).

La tendencia de expansión demográfico es hacia el Noreste y Sur del municipio (Mapa 3), debido a que en estos lugares es donde está concentrada la riqueza hídrica del mismo.



**Mapa 3.** Crecimiento demográfico tendencial del Municipio de Guaimaca.

### 2.1.1.3. Servicios de agua para uso doméstico en la ciudad

En la zona rural la prestación de servicios de agua potable es servido por las Juntas Administradoras de Agua. En el municipio existen 32 Juntas Agua, de las cuales 31 son rurales y una urbana. La cobertura de agua en la zona rural es de aproximadamente el 65% y la cobertura de saneamiento básico es de aproximadamente 55%, (ERSAPS, 2011).

### 2.1.2. Aspectos biofísicos del municipio.

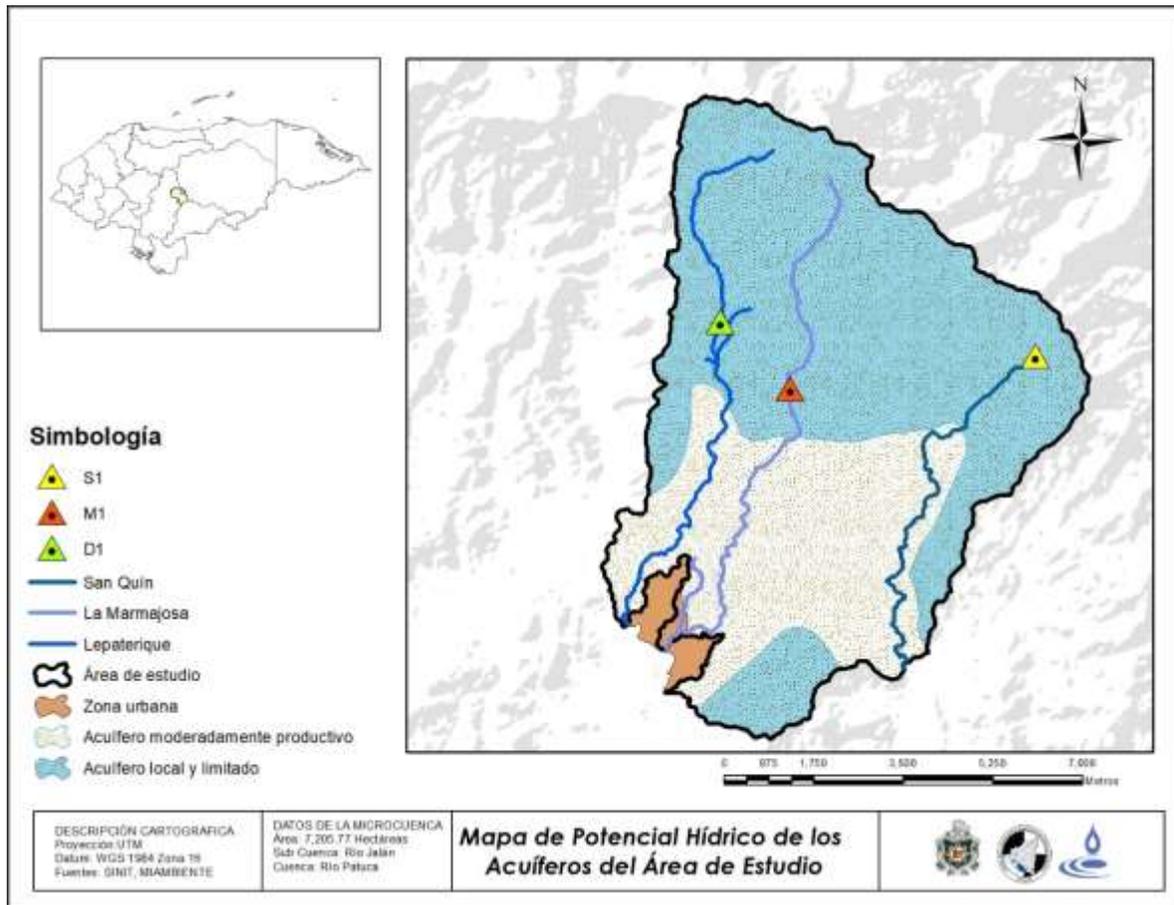
En el municipio de Guaimaca se destaca la reserva Biológica Misoco como zona productora de agua. La Quebrada de Lepaterique está declarada como zona protegida; y La Marmajosa está en proceso de declaración (Moreno, 2015). (ver mapa 2). Las microcuencas de Lepaterique, La Marmajosa y San Quín, son las fuentes de abastecimiento del municipio de Guaimaca. De acuerdo con el Instituto de Conservación Forestal, 29 comunidades y la zona urbana del municipio de Guaimaca (población rural y urbana) se abastecen de microcuencas que nacen en la reserva Misoco (ICF, 2013).

Los principales problemas que se presentan en esta zona son deslizamientos por las fuertes lluvias en la zona de amortiguamiento; también son frecuentes las inundaciones por la crecida de las quebradas, debido a la deforestación cerca de los afluentes. En época de invierno la esorrentía lleva mayor velocidad favoreciendo la crecida de las quebradas, dejando grandes pérdidas económicas en la zona (ICF, 2013).

### **2.1.3. Caracterización del área de estudio**

La topografía del área de estudio comprende un valle en donde está asentada la zona urbana, rodeada de serranías y montañas cuyas elevaciones oscilan entre los 800 y más de 1900 msnm. El clima está catalogado como un clima cálido en su parte baja y templado en su parte alta influenciado por la altura y la vegetación existente. La temperatura oscila entre 22 °C a 27 °C. La precipitación pluvial media anual es de 1900 mm, aunque en las zonas bajas la precipitación es menor; el nivel freático oscila entre 5-8 metros (ERSAPS, 2011). La cobertura forestal de la zona es mayoritariamente bosque de coníferas y comparte territorio con el área protegida de La Reserva Biológica Misoco que se ubica al norte del municipio. El 79% de la Reserva Biológica de Misoco se encuentra en el municipio de Guaimaca (PDM, 2004).

De acuerdo con el mapa oficial hidrogeológico de Honduras; la parte alta del área de estudio se encuentra sobre un acuífero local y limitado, por lo tanto, las quebradas se alimentan de la recarga producida por las lluvias intermitentes y constantes que se dan en la zona núcleo de la reserva biológica Misoco. La zona baja de la Ciudad (valle), corresponde a un acuífero moderadamente productivo (Mapa 4) debido a que se encuentra en la zona de descarga de la Microcuenca de Misoco, con potencial para ser explotado de manera moderada y sostenible (MANOFM, 2012).



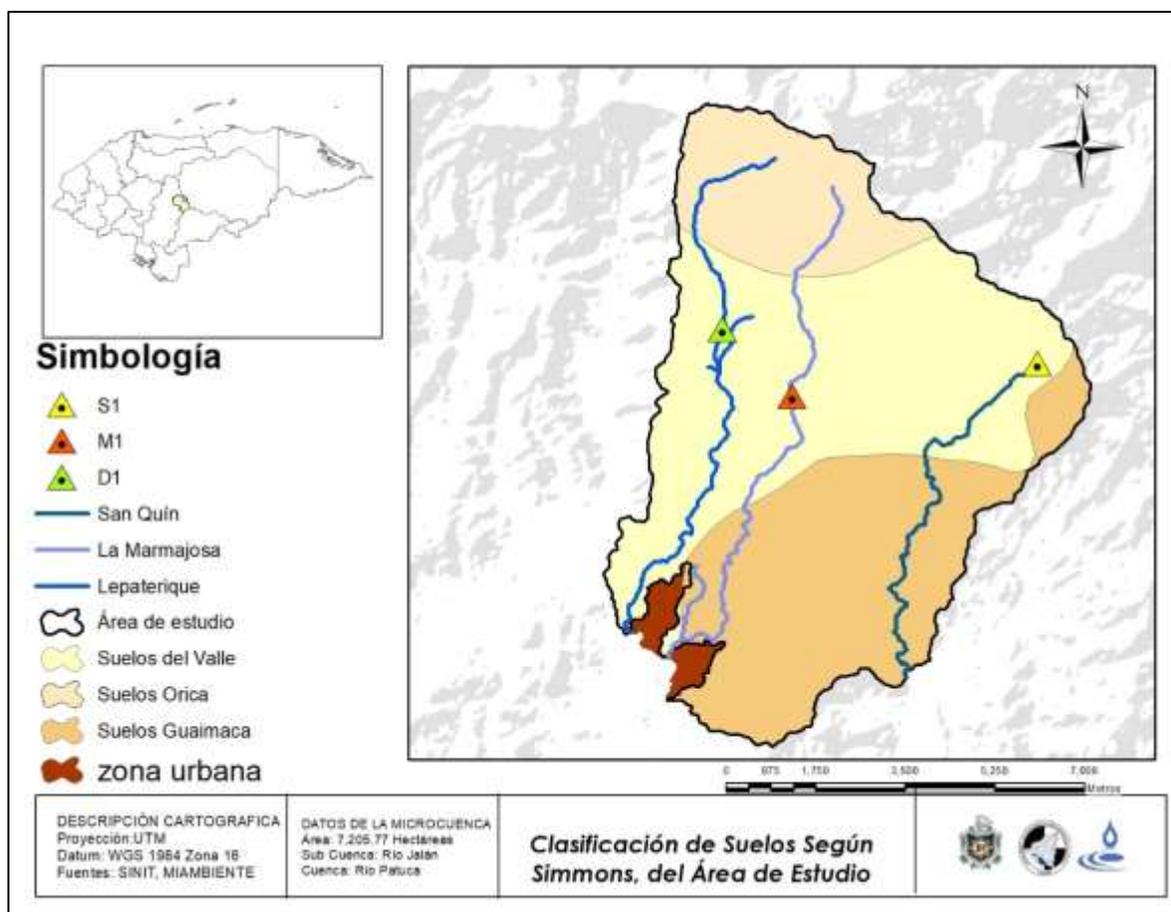
**Mapa 4.** Hidrogeología del área de estudio.

#### 2.1.4. Tipo de suelo

En el área de estudio se encuentran tres tipos de suelos de acuerdo con la clasificación de la FAO (1969), estos son: suelos tipo Orica, suelos tipo del Valle y suelos tipo Guaimaca (Mapa 5). En la parte alta se encuentra los **suelos Orica**, son excesivamente arenados, poco profundos, formados sobre miscasquitos. La mayor parte del área presenta un relieve escarpado y son frecuentes las pendientes de 60%. El suelo superficial, hasta una profundidad de 10 cm, es franco arenoso suelto, con grava gris parduzco. La reacción es muy acida (de 4.5 a 5.0 unidades de pH), y tienen una profundidad de hasta unos 25 cm, (FAO, 1969)

En la parte media de la microcuenca, se encuentran los **Suelos del Valle**; estos suelos comprenden la mayor parte de la superficie del país; son aptos para cultivos intensivos. Algunos formados por movimientos orogénicos que cerraron el curso de un río. Otros son terrazas fluviales o restos de un fondo marino. Son francos limosos, con buen avenamiento con 75 cm de profundidad, con pendientes entre 0-5% (FAO, 1969).

**Los suelos Guaimaca** son relativamente poco profundos, con un avenamiento bueno e incluso excesivo, formado sobre miscasquistos. Ocupan un relieve calinoso a escarpado, con la mayor parte de las laderas de una inclinación inferior a 40%, y son poco profundos (FAO, 1969).



**Mapa 5.** Clasificación de suelos en el área de estudio según la clasificación de C.S. Simmons (FAO, 1969).

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1 Balance Hídrico Superficial General

La ecuación del Balance Hidrológico es una expresión muy simple, aunque la cuantificación de sus términos es normalmente complicada por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (en acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en la cuenca (Ordóñez, 2011). En condiciones naturales la disponibilidad del agua suele presentarse en tres tipos de situaciones: **suficiencia, insuficiencia y exceso**; estas pueden estar relacionadas con factores como la localización o en la mayor parte de los casos con las variaciones estacionales.

**Suficiencia:** es cuando la población dispone de suficiente agua para satisfacer sus necesidades de demanda, de manera que el agua no constituye una limitante para desarrollar actividades productivas o domésticas (Vaquero, 2008).

**Insuficiencia:** Los aportes naturales de agua, principalmente agua de lluvia, y las condiciones físicas del suelo inducen una deficitaria disponibilidad de agua, de tal forma que la población es incapaz de satisfacer su demanda (Vaquero, 2008).

**Exceso:** es cuando los aportes naturales del agua superan notablemente la demanda, permitiendo que la población tenga suficiente agua para desarrollar sus actividades diarias, y a la vez presente una abundancia o superabundancia del recurso que le permita, además, el que pueda potencializar sus actividades productivas a futuro (Vaquero, 2008).

La fórmula de Hargreaves (ecuación 2) fue utilizada para evaluar la evapotranspiración potencial, para lo cual se necesitarán solamente datos de temperaturas y de radiación solar en el área de estudio. La Evapotranspiración real, fue tomada del cálculo del balance hídrico de suelo ya que está vinculada directamente con las propiedades físicas de éste, entre las que se destacan: la cobertura vegetal, la capacidad de campo, el punto de marchitez, la profundidad de raíz, la pendiente y la textura de suelo (Hargreaves & Samani, 1985).

El caudal superficial se obtiene a través de la medición de la escorrentía que pasa por el cauce de las quebradas, para lo cual existen diferentes métodos; uno de los

más utilizados es el método de flotadores. El método utilizado depende de las condiciones del sitio y de la fuente que se va a aforar (Sánchez, 2017).

La infiltración se calcula a través de las pruebas de infiltración para determinar la capacidad de infiltración de los suelos. Este dato es utilizado en el cálculo del balance hídrico. La selección de los sitios para realizar las pruebas de infiltración se basa en los tipos de suelo presentes en la microcuenca. El método para usar está basado en el método original desarrollado por Müntz o del infiltrómetro de doble anillo.

### **2.2.2. Calidad del Agua.**

La calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas y biológicas del agua en todos sus estados que puede ser apta para el uso deseado. La evaluación del agua es indispensable para el uso que se le quiera dar. Las características del agua pueden variar dependiendo el estado en que se encuentre, para evaluar su calidad se deben considerar las condiciones del entorno, permitiendo saber los factores que pueden alterar su calidad de esta manera tomar las medidas necesarias para mejorarla (Tenorio, 2017).

#### **2.2.2.1. Calidad Física y Química.**

Existen ciertas características del agua que se consideran físicas porque son perceptibles por los sentidos (vista, olfato o gusto) y tienen incidencia directa en la aceptabilidad de esta. Los múltiples compuestos químicos disueltos en el agua pueden ser de origen natural o industrial y serán benéficos o dañinos de acuerdo con su composición y concentración. Por lo anterior, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con las normas o estándares de calidad de agua, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua saludable para el consumo humano (Pradillo, 2019).

**a. Dureza:** se denomina dureza del agua a la concentración de iones metálicos divalentes que bien pueden ser; calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), estroncio ( $\text{Sr}^{2+}$ ), fierro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) y aniones como bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y silicatos. El calcio y el magnesio son los más abundantes, por

lo que casi siempre la dureza está directamente relacionada con la concentración de estos dos elementos (Soto, 2009).

- b. Alcalinidad:** La alcalinidad es un parámetro que determina la capacidad de un agua para neutralizar los efectos ácidos que sobre ella actúan. Los constituyentes principales de la alcalinidad son los bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ). La alcalinidad proviene de los minerales que se encuentran en forma de carbonatos y bicarbonatos ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ) (Dorrosoro, 2001).
- c. Salinidad del agua:** Todas las aguas naturales contienen sales disueltas (STD), y la salinidad del agua es en cierta forma una de las características de calidad del agua en lo referente a su sabor y aceptabilidad por el usuario. La salinidad se determina en forma semicuantitativa con la conductividad del agua, la cual se mide en ppm, o resistividad o conductividad del agua, (Dorrosoro, 2001).
- d. Conductividad eléctrica:** La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la cantidad de sales o sólidos disueltos que tiene un agua natural. Los iones en solución tienen cargas positivas y negativas; esta propiedad hace que la resistencia del agua al flujo de corriente eléctrica tenga ciertos valores. Si el agua tiene un número grande de iones disueltos su conductividad va a ser mayor. Cuanto mayor sea la conductividad del agua, mayor es la cantidad de sólidos o sales disueltas en ella (Tincopa, 2005).
- e. Hierro y Manganeso:** El hierro y el manganeso casi siempre se encuentran presentes en forma conjunta, por lo que, si en el agua se tienen niveles relativamente altos de hierro, seguramente el manganeso estará presente en concentraciones problemáticas para el uso del agua (Dorrosoro, 2001).
- f. Sulfatos:** El sulfato es el resultado de la oxidación del ácido sulfhídrico  $\text{H}_2\text{S}$  originalmente presente en el agua o en el acuífero. Altos niveles de este compuesto no presentan toxicidad, pero si problemas en la calidad y usos del agua (Pacco, 2016).

- g. Sólidos totales:** Los sólidos en el agua tienen gran importancia como indicadores de la calidad de ésta. Los sólidos totales es la suma de los sólidos disueltos y en suspensión que la muestra de agua pueda contener. Se puede decir que las aguas naturales son un conjunto de agua con sólidos disueltos y suspendidos, (Universidad de Antioquía, 2004).
- h. Sólidos disueltos:** Los sólidos disueltos lo constituyen las sales que se encuentran presentes en el agua y que no pueden ser separados del líquido por algún medio físico, tal como: sedimentación, filtración, etcétera. La presencia de estos sólidos no es detectable a simple vista, por lo que se puede tener un agua completamente cristalina con un alto contenido de sólidos disueltos (Rawson , 1951).
- i. Sólidos en suspensión:** Los sólidos en suspensión es el material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas sumamente finas, y que causa en el agua la propiedad de turbidez. Cuanto mayor es el contenido de sólidos en suspensión, mayor es el grado de turbidez. A diferencia de los sólidos disueltos, estos pueden separarse con mayor o menor grado de dificultad por procesos mecánicos como son la sedimentación y la filtración (Rawson , 1951).
- j. Nutrientes:** La contaminación por nutrientes es uno de los problemas ambientales más extendidos, costosos y complejos; y es el resultado del exceso de nitrógeno y fósforo en el aire y el agua (EPA, 2017). El nitrógeno y el fósforo son nutrientes naturales presentes en los ecosistemas acuáticos. El nitrógeno también es el elemento más abundante en el aire que respiramos. El nitrógeno y el fósforo ayudan al crecimiento de algas y plantas acuáticas, que brindan comida y un hábitat a peces, moluscos y organismos más pequeños que viven en el agua, (EPA, 2017). Sin embargo, cuando se depositan en grandes cantidades promueven el proceso de eutrofización en el medio. Su presencia está asociada con actividades antropogénicas como la agricultura por el uso de fertilizantes y la ganadería por la excreta de los animales, además de la producción de aguas residuales domésticas (Ramírez, 2008).

- k. Triazinas:** La presencia de este tipo de compuestos en el agua siempre es por causas antropogénicas. Cuando se integran al agua, aún en muy pequeñas cantidades son sumamente nocivas y cuando sus valores son mayores a los máximos permisibles, hacen inadecuada el agua para su consumo. Estos compuestos resultan del uso indiscriminado y sin control de herbicidas en la actividad agrícola, o de la disposición inadecuada de solventes y compuestos orgánicos generados en la actividad industrial (UNESCO, 2005)
- l. Arsénico:** La presencia de arsénico en el medio ambiente se debe a las condiciones geológicas de la zona de estudio y también a ciertas actividades humanas (explotación minera, fundición de minerales, centrales eléctricas de carbón (UNESCO, 2005). La EPA tiene clasificado al arsénico como un carcinogénico humano del grupo A (ha sido demostrado clínicamente mediante ensayos en ratones). También está considerado como tal por la Internacional Agency for Research on Cáncer (EPA, 2017). El arsénico es tóxico y cancerígeno. La exposición crónica al arsénico provoca mal funcionamiento cardiovascular, carcinomas dérmicos y efectos neurológicos, (Finkelman, 1994) La OMS estableció como valor límite máximo permisible de arsénico total en agua para consumo humano el de 10 µg/L (OMS, 2011).

#### **2.2.2.2. Calidad Microbiológica**

Conocer la calidad microbiológica del agua resulta de gran relevancia, por el riesgo de ingesta de agua contaminada con bacterias patógenas, virus, protozoarios y helmintos provenientes de las heces de humanos y animales (OMS, 2003b).

Para evaluar más ampliamente la calidad bacteriológica del agua se determina la presencia o ausencia de organismos coliformes. Los organismos patógenos están dentro del grupo de los coliformes, pero no todos los coliformes son patógenos, por lo que la presencia de coliformes en una muestra de agua no necesariamente indica la presencia de organismos causantes de enfermedad (Zarco , Lima, & López, 2005).

El monitoreo es importante para evaluar la calidad del agua. Desde el punto de vista microbiológico, es casi imposible medir los organismos presentes; por ello se desarrolla un método en el que se consideran las bacterias como indicadores. El grupo de bacterias *coliformes termotolerantes* y *Escherichia coli* se aplica como prueba general de monitoreo de agua y se ha utilizado por todo el mundo a lo largo de los últimos 100 años (Zarco , Lima, & López, 2005).

### **2.2.3. Vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua potable.**

El análisis de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable se basa en la identificación de sus elementos “esenciales” de funcionamiento, por lo que uno de los objetivos de este estudio es valorar el grado de vulnerabilidad de los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Guaimaca (Gómez, 2001).

#### **a. Captación**

Una captación es el punto o puntos de origen de las fuentes de agua para un abastecimiento, así como las obras de diferente naturaleza que deben realizarse para su recogido. Las captaciones de agua superficiales pueden ser pluviales (agua de lluvia), de arroyos y ríos, de lagos o embalses (Pérez, 2001).

#### **b. Conducción**

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua, se llama línea de conducción al conjunto integrado por tuberías y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión desde la fuente de abastecimiento, hasta el sitio donde será distribuida (Martínez, Fernández , Castillo, & Uribe, 2012).

#### **c. Reservorio**

Se refiere a la infraestructura utilizada para almacenar el agua que es captada a través de la tubería de conducción, para posteriormente ser llevada hasta las llaves de los usuarios a través de la red de distribución (Chavarría, 2009).

#### **d. Red de distribución**

La red de distribución está considerada como todo el sistema de tuberías desde el tanque de distribución hasta aquellas líneas de las cuales parten la toma o conexiones domiciliarias; las válvulas son los accesorios que se utilizan en las

redes de distribución para controlar el flujo. La ubicación de la cantidad de válvulas de seccionamiento en una red de distribución se determina con la finalidad de poder aislar un tramo o parte de la red, ya sea en caso de reparaciones o de ampliaciones, manteniendo el servicio en el resto de estas (OPS, CEFIS, & UNATSABAR, 2005).

#### **2.2.4. Evaluación de la Vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua potable**

El análisis de vulnerabilidad en los sistemas rurales de agua potable se puede realizar tanto en proyectos nuevos como en aquellos existentes, analizando el nivel de exposición de sufrir daños ante la ocurrencia de un desastre.

Desde el punto de vista de la prevención, el análisis de la vulnerabilidad es una de las herramientas más importante para realizar un manejo adecuado de los efectos que los desastres de origen natural pueden ocasionar en los sistemas de agua potable y saneamiento. Su conocimiento permite estimar el grado de afectación en los componentes del sistema para poder reforzarlos y evitar esos daños en futuros impactos, implementando medidas de mitigación que disminuyan la vulnerabilidad y permitan reducir el riesgo, de esta manera garantizar la sostenibilidad de los sistemas (OPS, CEFIS, & UNATSABAR, 2005).

Para determinar la vulnerabilidad se requiere:

- Conocer el número de población y viviendas ubicadas en la zona del peligro.
- Ubicar la infraestructura.
- Ubicar las áreas agrícolas que pueden ser afectadas.
- Ubicar las fuentes de agua y manantiales.
- Tipo de suelo en el cual se ubica el sistema.
- Estado de las redes de captación y distribución.
- Mantenimiento del sistema de agua (captación, tratamiento, almacenamiento o distribución).
- Nivel de acceso a los elementos del sistema.
- Disponibilidad de protección de la infraestructura de saneamiento.

- Grado de organización y participación de la población en el mantenimiento y operación del sistema.

El análisis de la vulnerabilidad puede ser cualitativo o cuantitativo, permitiendo definir niveles de vulnerabilidad: alta, media o baja, en función de una serie de variables e indicadores del grado de exposición (OPS-OMS, 2003).

## 2.3. Marco Referencial

### 2.3.1 Calidad para uso doméstico e ingesta

El agua que se suministra en la ciudad de Guaimaca es agua tratada. Según la Norma Técnica Nacional de Honduras (NTH), el agua tratada corresponde al agua subterránea o superficial cuya calidad ha sido modificada por medio de procesos de tratamiento que incluyen como mínimo la desinfección. Su calidad debe ajustarse a lo establecido por la norma. En las Tablas 4 y 5 se reportan los valores establecidos en la Norma Nacional (NTH, 1995).

**Tabla 4.** Valores de parámetros bacteriológicos recomendados, según la Norma Técnica Nacional para agua Potable y Saneamiento (NTH, 1995).

Origen	Parámetro (b)	Valor recomendado	Valor máximo admisible	Observaciones
<b>A. Abastecimiento con agua entubada</b>	Coliformes Totales	0	3	En una muestra ocasional pero no en muestras consecutivas
	Coliformes fecales (termotolerantes)	0	0	
<b>A1. Agua no tratada que entra en el sistema de distribución</b>	Coliformes Totales	0	0	Turbiedad < 1. para la desinfección con cloro es preferible pH < 8,0 y cloro residual libre de 0,2-0,5 mg/l después de 30 minutos de contacto.
	Coliformes fecales (termotolerantes)	0	0	
<b>A2. Agua tratada que entra al sistema de distribución (a)</b>	Coliformes Totales	0	0	En el 95% de las muestras en 1 año. Cuando son grandes sistemas de abastecimiento (c). Ocasionalmente en alguna muestra, no en muestras consecutivas.
	Coliformes Fecales (termotolerantes)	0	0	
	Coliformes totales	0	3	
<b>A3. Agua en el sistema de distribución</b>	Coliformes Totales	0	0	

Agua tratada

- (a) NMP/100 ml, en caso de análisis por tubos múltiples o UFC (unidades formadoras de colonias) /100 ml. En el caso de análisis por el método de membranas filtrantes. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la *Escherichia Coli*. La bacteria Coliformes totales 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 los 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 a un nuevo muestreo y se investiga la presencia de coliformes fecales. Si el muestreo da resultado negativo no se toma en consideración la muestra positiva, para la valoración de calidad anual. Si el muestreo da positivo se intensifican las actividades del programa de vigilancia sanitaria. Las muestras adicionales, recolectadas cuando se intensifican las actividades de inspección sanitaria, no debe ser consideradas para la valorización anual de calidad.
- (c) En los sistemas donde se colectan menos de 20 muestras al año el porcentaje de negatividad debe ser >90%.

**Tabla 5.** Valores de parámetros organolépticos recomendados para la Norma Técnica para Agua Potable y Saneamiento de Honduras.

Parámetro	Unidades	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Color verdadero	mg/L(Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25 °C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25 °C

(NTH, 1995)

### 2.3.2. Situación actual del agua potable en la Ciudad de Guaimaca.

La infraestructura del sistema de captación consta de represas derivadoras o bocatomas, cuyo principio es poder desviar el agua necesaria a través de vertederos que poseen cortinas metálicas, colocadas para evitar el paso del material de mayor diámetro hacia las tuberías de conducción. Las tuberías de conducción son de cloruro de polivinilo (PVC) y de hierro galvanizado (HG). La

quebrada Lepaterique en la toma de El Destino y La Marmajosa proporcionan aproximadamente el 70% del caudal, mientras que la quebrada de San Quín un 30% del caudal total (UMASAG, 2016).

Actualmente se cuenta con dos tanques de almacenamiento con capacidad de 568 y 757 m<sup>3</sup>, respectivamente. En uno se distribuye el agua proveniente de las quebradas de La Marmajosa y de San Quín; el otro distribuye el agua procedente de la quebrada de Lepaterique (UMASAG, 2016).

La aplicación de cloro se hace a través de clorinadores, los cuales no están conectados directamente a la tubería, por lo que la mezcla de cloro se realiza de manera manual. La aplicación se hace diaria, exceptuando las situaciones cuando el agua tiene gran cantidad de sedimento. La dosis que se aplica es de 6 kilogramos/día en cada tanque; es importante mencionar que esta dosis se aplica sin tomar en cuenta el caudal de entrada (UMASAG, 2016).

## **II. DISEÑO METODOLOGICO**

### **3.1. Tipo de estudio**

De acuerdo con Piura (2006), el estudio es de tipo descriptivo y retrospectivo.

### **3.2. Recopilación de información secundaria**

Se realizó la recopilación de información secundaria que consistió en la utilización de las hojas cartográficas de la zona de estudio, datos meteorológicos, población rural y urbana del municipio de Guaimaca; tipo de suelo, uso actual y potencial del suelo; planificación del municipio y principales actividades económicas. Además, se solicitó información en la unidad de catastro y de agua y saneamiento información sobre la situación administrativa del agua en la Ciudad, sobre el funcionamiento y diseño del sistema, el número de beneficiarios, las fuentes de abastecimiento, tratamiento y régimen tarifario. Posteriormente se realizaron giras de reconocimiento tanto a las fuentes abastecedoras, como a todo el sistema de distribución de agua. Esta información permitió delimitar en el mapa la microcuenca con su red hídrica.

Esta información fue recopilada con el apoyo de la Alcaldía Municipal de Guaimaca, el Instituto de Conservación Forestal (ICF), la Unidad Municipal de Agua y Saneamiento (UMASAG) de la Ciudad, La Mancomunidad de Municipios del Norte y Occidente de Francisco Morazán (MANOFM), y la Dirección General de Recursos Hídricos de Honduras; además de estudios disponibles en la web.

### **3.3. Reconocimiento del área de estudio**

Se realizaron varias giras de reconocimiento con el propósito de conocer toda el área de estudio, el sistema de abastecimiento y las condiciones física, geológicas y socioambientales de la microcuenca; de esta manera identificar y seleccionar los puntos de muestreo para la calidad del agua. Además, seleccionar los sitios de medición de caudales, precipitación y pruebas de infiltración. Durante estos reconocimientos, también se identificaron las posibles fuentes de contaminación

puntual y difusa en la microcuenca y la red hídrica. En la Tabla 6 se reportan los puntos de monitoreo de caudales y toma de muestras.

**Tabla 6.** Ubicación de los puntos de monitoreo de caudales y sitios de muestreo.

N°	Punto de muestreo	Coordenadas		Elevación (m.s.n.m.)
		E	N	
1	Lepaterique en la toma El Destino	518785	1614233	952
2	La Marmajosa	520147	1612935	912
3	San Quín	524952	1613573	1031
4	Tanque 1	520235	1609093	890
5	Tanque 2	520120	1608940	902
6	Llave 1	518675	107922	820
7	Llave 2	518998	1607446	835

### 3.3.1. Levantamiento de información socioeconómica y de la oferta y demanda de agua.

Se elaboró una encuesta para el levantamiento de información socioeconómica de esta manera conocer la percepción de los abonados acerca del servicio de suministro de agua potable (Anexo 1). Esta información servirá para hacer un análisis de la disponibilidad de agua desde el componente de cobertura del servicio, asociado al costo y la satisfacción del servicio que se brinda actualmente. El grupo focal fueron las amas de casa, puesto que ellas son las que están más al tanto de la situación actual del servicio de agua.

Para determinar la cantidad de encuestas a aplicar, se utilizó la fórmula para una población finita (Bolaños, 2012), (Tabla 7; Ecuación 1). Con la cantidad de viviendas (5,913) catastradas en el 2015 en la Ciudad (dato proporcionado por la oficina municipal de catastro) se estimó el número de muestra para encuestar.

Para ello se utilizó la fórmula para una población finita.

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * e^2 + Z^2 * p * q}$$

Ecuación 1. Población finita para determinar N

Dónde:

Z: es el nivel de confianza (95%).

N: es el universo (5,913 viviendas).

p y q: son las probabilidades complementarias (0.5 cada una).

e: es el error de estimación aceptable para cada encuesta (5%).

**Tabla 7.** Estimación de N con la fórmula de la población finita (Bolaños, 2012)

Calculo de "n"		
N	Calculo de "n" para "e" = 10 %	Calculo de "n" para "e" = 5 %
5,913	94,5050324	360,72

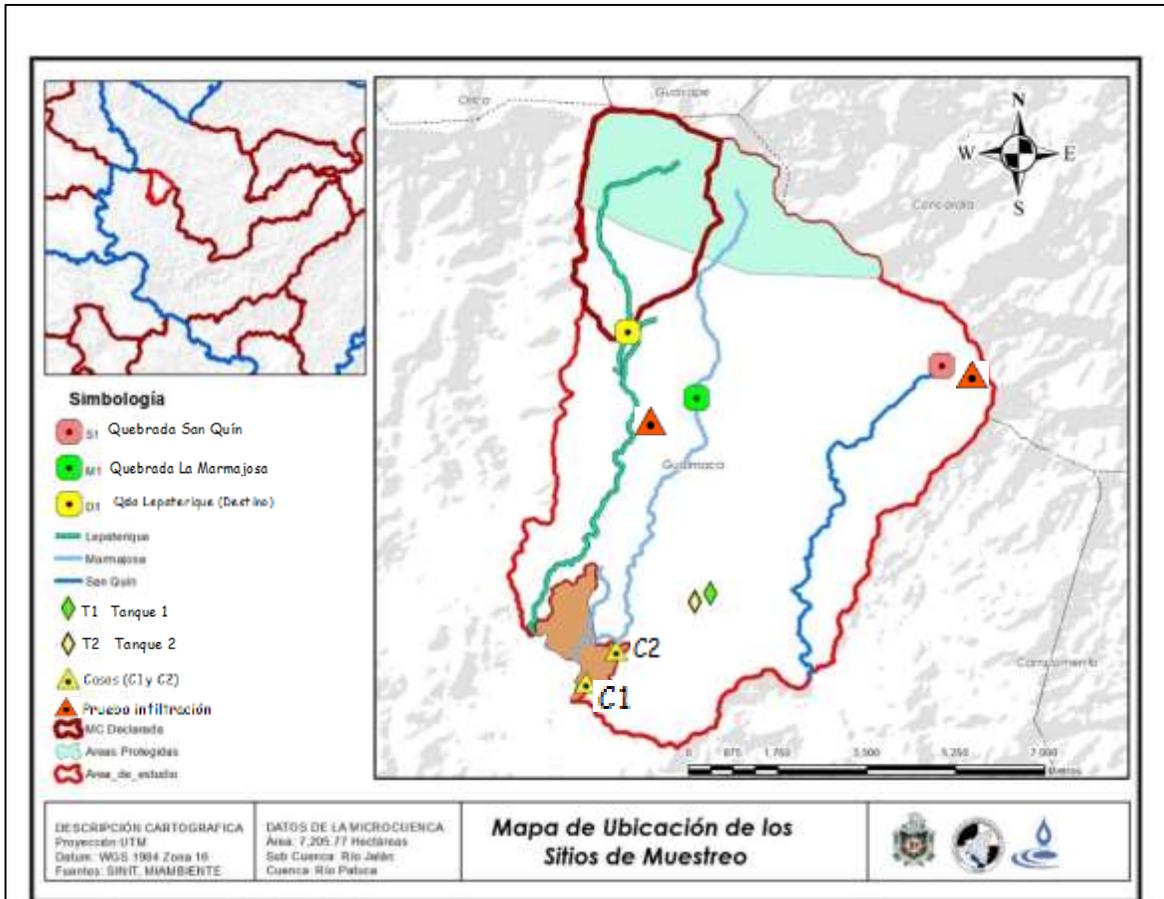
Para un error de 5% en cada encuesta, el valor mínimo de la muestra debe ser de 361 casas encuestadas. Guaimaca actualmente tiene 21 colonias y 8 barrios; las encuestas fueron aplicadas en los 8 barrios y en 16 colonias de la Ciudad. Se aplicaron aproximadamente 15 encuestas por cada barrio y colonia, las cuales fueron seleccionadas al azar. En total se hicieron 362 encuestas en toda la ciudad.

Para la tabulación y el análisis de los resultados de las encuestas se utilizó el software estadístico IBM SPSS statistics v21 (IMB, 2009).

## **3.4. Disponibilidad hídrica**

### **3.4.1. Medición de Caudales**

Para estimar la cantidad de agua en las fuentes del área de estudio, se realizaron aforos mensuales en las tres quebradas (Lepaterique, La Marmajosa y San Quín), en un punto ubicado antes de la captación de agua (Mapa 6). Se seleccionaron los puntos antes de la captación con el propósito de estimar la cantidad de agua que entra al sistema. Se colocó un vertedero rectangular de cresta delgada para determinar el área transversal con mayor precisión (largo por ancho en metros) en cada una de las quebradas. Posteriormente con el método de flotadores se determinó la velocidad del flujo del agua (distancia en metros entre tiempo en segundos; (Imagen 7). Los valores medidos fueron registrados en el formato realizado para tal efecto. Las mediciones en cada uno de los sitios se repitieron 10 veces reportándose el valor promedio en cada sitio, esto con el fin de tener resultados más reales.



**Mapa 6.** Mapa de ubicación de los sitios de muestreo.

Las mediciones de caudal realizadas mensualmente permiten analizar el comportamiento temporal de los volúmenes de agua de un río o quebrada en específico. Para las tres quebradas presentes en el área de estudio, se monitoreo el caudal durante doce (12) meses (diciembre del 2015 y de enero-noviembre del 2016). Estos para determinar los meses más críticos en cuanto a descenso de los caudales. Para propósito de análisis se tomó el mes de abril, como el más crítico para estimar la oferta de agua a la población.



**Imagen 7.** Medición de caudales mediante el método de flotadores.

### 3.4.2. Estimación de la demanda

Para estimar la demanda se utilizó la referencia de dotación recomendada (200 l/persona/día) por el Ente de Regulación Hondureño de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento (ERHSAPS) para sistemas urbanos. Además, se consideró la población al 2013 (22,070 habitantes) según el Instituto Nacional de Estadística. Aunque la población actual proyectada al 2020 de 26,305 habitantes (Tabla 8) (INE, 2013) por lo tanto el déficit cada año aumenta.

**Tabla 8.** Proyección del crecimiento poblacional de la Ciudad de Guaimaca para el año 2020.

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Población	22070	22631	23206	23,795	24,399	25,018	25,653	26,305

**Fuente:** Elaboración propia utilizando el 2.54% de crecimiento anual de Guaimaca, según el Instituto Nacional de Estadística de Honduras, (INE, 2013).

### 3.4.3. Estimación de déficit del recurso hídrico en las fuentes

Para estimar el déficit o exceso del recurso hídrico en las microcuencas que abastecen la Ciudad de Guaimaca, se hizo un balance hídrico superficial natural. Para este procedimiento se asume: 1) que la microcuenca es impermeable; y 2) que el agua que entra a la microcuenca producto de la precipitación es igual al agua que se pierde por evapotranspiración, más la escorrentía medida en los cauces de las quebradas. es que agua disponible para el abastecimiento de la población.

Debido a que, en la microcuenca se carece de una estación meteorológica y los datos climáticos son necesarios para el cálculo de la evapotranspiración real, para obtener el balance hídrico se utilizaron los datos de una estación meteorológica ubicada en el Municipio de La Venta, Francisco Morazán, aproximadamente a 40 kilómetros de la ciudad de Guaimaca. Se tomó esta estación porque además de su cercanía; el clima, la altura, el comportamiento de las precipitaciones, el tipo de vegetación y las temperaturas son similares a las de Guaimaca. (DGRH, Base de datos Meteorológicos, 2016). Para la medición de la precipitación se utilizó un pluviómetro acrílico de Tyler (Imagen 8) que se ubicó en el sitio C2, se hacían lecturas diarias y se obtenía el acumulado del mes.



**Imagen 8.** Ilustración de la instalación de dos pluviómetros (imágenes con fines ilustrativos; [www.penick.net](http://www.penick.net)).

Se utilizó la fórmula de Hargreaves (Hargreaves y Sunami, 1985) para evaluar la Evapotranspiración potencial, la cual necesita solamente datos de temperaturas (máximas y mínimas) y la radiación solar, para lo cual se utiliza la expresión general siguiente:

$$ET_0 = 0,0135 * (t_{med} + 17,78) R_s \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$ET_0$  = evapotranspiración potencial diaria (mm/día).

$t_{med}$  = temperatura media (°C).

$R_s$  = radiación solar incidente, convertida en mm/día

Para estimar la radiación solar ( **$R_s$** ) se utilizan la fórmula aplicada de (Samani, 2000) (Sánchez, 2017) (Ecuación 3).

$$R_s = R_o * K_T * (t_{máx.} - t_{mín.})^{1/2} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$R_o$  = Radiación solar extraterrestre para los 09 grados de latitud norte (mm/d)

$K_T$  = Coeficiente = 0,18 para regiones entre el interior y la costa.

$t_{mx.}$  = Temperatura diaria máxima en °C obtenida de la Estación:

$t_{mín.}$  = Temperatura mínima diaria en °C obtenida de la Estación:

$R_o$ : Constante de conversión: 0,408 (MJ/m<sup>2</sup>/d \* 0,408 = mm/d)

La estimación de la Evapotranspiración Real (ETR),

Es importante mencionar que para fines de la disponibilidad se estimó solamente el caudal superficial o escorrentía; por lo tanto, la fórmula utilizada (ecuación 4) para estimar el déficit o exceso de agua superficial según (Vaquero, 2008).

***Déficit y/o exceso = Oferta – Demanda***                      **Ecuación 4**

Donde:

Oferta: caudal superficial disponible volumen/tiempo (m<sup>3</sup>/s).

Demanda: Requerimiento total de agua por los usuarios (m<sup>3</sup>/s).

En la figura 3, se muestra un ejemplo de cómo se estimó el déficit o exceso de agua en una Microcuenca. En donde a la precipitación en mm se le resta la evapotranspiración potencial, obteniendo como resultado la escorrentía superficial disponible para el consumo de la población, por lo tanto, no se considera el agua que infiltra.

**3.4.4. Pruebas de infiltración**

Un aspecto importante para tomar en cuenta para estimar la disponibilidad del agua en una microcuenca es determinar la capacidad de infiltración del suelo; lo cual está estrechamente relacionado con las características físicas y el porcentaje de cobertura vegetal del suelo. Se realizaron dos pruebas de infiltración en la microcuenca, los criterios utilizados fueron; cobertura vegetal, el tipo de bosque predominante (coníferas y latifoliado), la textura y estructura del suelo.

Una prueba de infiltración fue realizada en la zona de recarga de la quebrada La Marmajosa; la segunda prueba se hizo en la zona de recarga de la quebrada de Lepaterique, en la toma de El Destino. En la Microcuenca de San Quín no se realizó prueba de infiltración considerando que las características físicas del suelo, cobertura y la topografía es similar a la de la Quebrada La Marmajosa.

Las pruebas de infiltración se hicieron con el método de los infiltrómetros de doble anillo, el cual contempla los siguientes pasos.

1. Evitando disturbar el suelo y la presencia de rocas o raíces que puedan deformar los infiltrómetros, se coloca el anillo externo (diseñado para evitar la infiltración lateral). Las dimensiones del anillo externo son 40 cm de diámetro y 30 cm de altura.
2. Posteriormente se coloca el anillo interno de 20 cm de diámetro y 30 cm de altura, emplazándolo que quede totalmente centrado con respecto al anillo

externo. Luego se afirmaron los bordes internos para evitar infiltraciones adicionales.

3. La altura que sobresale sobre el terreno para ambos anillos debe de ser la misma.
4. Se colocó una regla en el anillo interno para ir haciendo las mediciones del descenso del volumen de agua.
5. Posteriormente se procedió a llenar los infiltrómetros con agua, iniciando primero con el anillo externo, y posteriormente el interno.
6. Se llevaba control de la longitud del descenso en centímetros y el tiempo; así como también del volumen de agua presente en ambos anillos.
7. Se registraron las mediciones en el formato establecido para esta prueba.
8. Con los datos de descenso versus tiempo se estimó la capacidad de infiltración del suelo en dos sitios dentro del área en estudio, los cuales fueron procesados utilizando Excel.

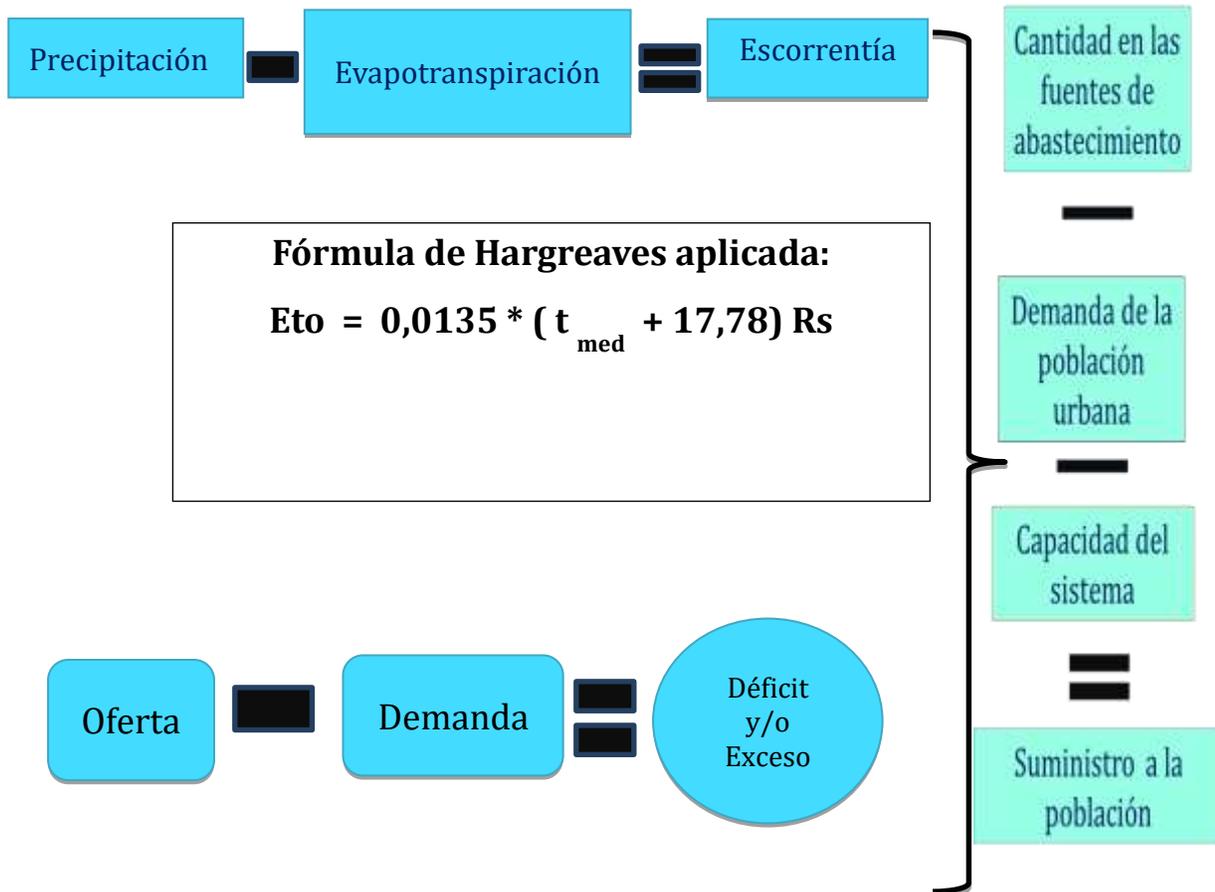
En el Mapa 6 se localizan los sitios para las pruebas de infiltración y la Imagen 9 ilustra la prueba de infiltración realizada en el área de la quebrada, esta actividad fue realizada en julio del 2016.



**Imagen 9.** Prueba de infiltración, método de infiltrómetro de doble anillo (método Müntz).

**Figura 3.** Procedimiento para estimar la cantidad de agua superficial y el déficit y/o exceso de agua en la microcuenca según (Vaquero, 2008).

### Balance hídrico



#### **3.4.5. Toma de muestras de agua (puntos de muestreo)**

Para conocer las posibles variaciones de la calidad del agua durante el recorrido desde la captación (en las quebradas) hasta su llegada a las llaves, se hizo un muestreo biofísico en la matriz agua correspondiente a la época menos lluviosa (en el mes de abril). Con el fin de conocer parámetros físicoquímicos y microbiológicos, se seleccionaron siete sitios de muestreo: tres sitios corresponden a cada una de las microcuencas (Lepaterique, La Marmajosa y San Quín); específicamente antes de la bocatoma, donde se desvía el agua para los tanques de distribución. También se colectó una muestra de agua de cada uno de los tanques de distribución (dos), para ver las posibles variaciones en el recorrido del agua por la tubería principal, puesto que el material de los tubos es de HG. Las últimas muestras fueron tomadas en el agua de uso doméstico, en dos llaves, para tener muestras provenientes de ambos tanques. El Mapa 6 y Tabla 6 ubican los sitios de monitoreo de toma de muestras. Las muestras de agua fueron colectadas siguiendo los protocolos de muestreo y de custodia de muestras establecidos por el SANAA y el CIRA/UNAN-Managua. Los volúmenes y preservación de las muestras se hicieron en base a los requerimientos establecidos por los laboratorios del SANAA, Honduras y del CIRA/UNAN-Managua.

#### **3.4.6. Toma de muestras para análisis de sólidos**

Para el análisis de sólidos se tomaron cinco muestras correspondientes a los puntos: La Marmajosa (M1), Lepaterique (D1), San Quín (S1), tanque de distribución 1 (T1) y tanque de distribución 2 (T2). Las muestras fueron colectadas en botes de plástico de un galón, y posteriormente preservadas en hielo para su posterior análisis en el laboratorio del CIRA. Los parámetros analizados fueron los siguientes: sólidos tales, sólidos totales disueltos, sólidos suspensos totales, sólidos volátiles totales, sólidos fijos totales y sólidos sedimentables.

### 3.4.7. Toma de muestras para herbicidas, triazinas y arsénico total

Se tomaron dos muestras de herbicidas triazinas correspondientes a los puntos de Lepaterique y La Marmajosa, ya que se consideraron los lugares con mayor actividad agrícola. Las muestras fueron colectadas en botes de vidrio de un litro de volumen cubiertos con papel aluminio para evitar la entrada de luz. Las botellas fueron almacenadas en termos con hielo hasta su recepción en el laboratorio del CIRA/UNAN-Managua, para su posterior análisis. Se analizaron 11 herbicidas triazinas: ametrina, atraton, atrazina, cianazina, prometan, prometrina, propazina, sec bumetan, simetrina, terbutilazina, terbutrina. La colecta de muestras para el análisis de herbicidas triazinas se realizó siguiendo los protocolos establecidos por el CIRA/UNAN-Managua.

Las muestras de agua para análisis de arsénico total se tomaron en los tanques de distribución de agua; los volúmenes de muestra colectada fueron de un litro en botes de plásticos; y fueron preservadas en hielo hasta su recepción en el laboratorio del CIRA/UNAN-Managua.

**Tabla 9.** Resumen de los análisis realizados en los diferentes sitios de muestreo.

Punto de muestreo	Tipo de análisis	Cantidad total de muestras	4 de diciembre 2015 (SANAA)	27 de abril del 2016 (CIRA/UNAN-Managua)
El Destino, La Marmajosa, San Quín	FQ (23 variables)	2	X	X
	Nt y Pt	1		X
	CT, CTT, <i>E. coli</i>	1	X	
	Sólidos	1		X
	Triazinas	1		X
Tanque 1 y Tanque 2	Fisicoquímico	2	X	X
	Bacteriológico	1	X	
	Arsénico	1		X
	Sólidos	1		X
Casas 1 y 2	Fisicoquímico	2	X	X
	Bacteriológico	1	X	

#### 3.4.8. Medición de parámetros *in situ*

Para tener las condiciones físicas y químicas presentes en el agua de las tres quebradas, se midieron los siguientes parámetros de campo: pH, temperatura (T), oxígeno disuelto (OD) y conductividad eléctrica (CE). Las mediciones se hicieron mensualmente en los siete puntos de muestreos (Imagen 10). El equipo de campo utilizado fue un oxigenómetro YSI 550<sup>a</sup>, serie #10F101120, para determinar el porcentaje y la saturación de oxígeno; un pHmetro/conductivity YSI63, código 63-25FTSN:10E100803, para medir el pH y la conductividad eléctrica. La temperatura reportada para estas mediciones fue la medida por el equipo YSI63. Las mediciones mensuales de estos parámetros se reportan en el **Anexo 4**.



**Imagen 10.** Medición de parámetros de campo en las quebradas de la microcuenca de estudio.

#### **3.4.9. Control de calidad de toma de muestras y de resultados analíticos**

El CIRA/UNAN-Managua cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad en sus laboratorios establecido desde 1980 y oficializado en 1999; por lo cual, cada laboratorio cuenta con: 1) los procedimientos para la colecta, preservación, almacenamiento y transporte de muestras de acuerdo al análisis a ser realizado; 2) los Procedimientos Operativos del Aseguramiento y Control de la Calidad (PROC- CIRA/UNAN) para los análisis de las respectivas muestras; 3) el formato de Campo (FOR-CIRA-ATACC-27), en donde se recopila la información sobre la colecta de las muestras a ser analizadas; para esto, cada muestra es identificada con un código, fecha y hora de muestreo; y 4) el formato de custodia (FOR-CIRA-ATACC-28), en donde se registran los diversos controles de calidad y preservación (adición de ácidos u otros reactivos, según lo establece el protocolo de muestreo) realizados a las muestras a ser analizadas en los diferentes laboratorios del Centro; así, todas las muestras son preservadas en hielo hasta ser recibidas por el personal del Área de Proyección y Extensión del CIRA/UNAN-Managua y de ahí dirigidas a los respectivos laboratorios; en donde con cada lote de muestras se incluye un blanco, una muestra control y un duplicado; y se realiza el recobro de una de las muestras seleccionada al azar. El control de calidad del SANAA está basado en los procedimientos del estándar método y lo dictado por la norma técnica de agua potable y saneamiento de Honduras.

#### **3.5. Análisis de la Vulnerabilidad**

El análisis de vulnerabilidad se realizó de conformidad con la metodología propuesta en los instrumentos para análisis de la Organización Panamericana de la Salud, para la evaluación de la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable (OPS-OMS, 2003). Las valoraciones de la evaluación matricial se describen en las Tablas 10, y 11. Esta metodología consiste en un diagnóstico situacional y en un análisis matricial que considera las variables de amenazas naturales, antrópicas, los aspectos de almacenamiento, caudal y calidad de agua, así como las áreas de infraestructura, operación, planificación, administración y servicio domiciliar.

La organización de la información en forma matricial permite visualizar fácilmente los elementos para el análisis de vulnerabilidad. Para ello se aplicaron las matrices que identifican, registran datos y proporcionan la información básica que identifique los puntos más relevantes para el análisis de los: aspectos operativos, aspectos administrativos y capacidad de respuesta, aspectos físicos e impacto en el servicio, medidas de mitigación y emergencia.

Es importante destacar que los datos requeridos para completar las matrices que analizan los aspectos operativos, administrativos y la capacidad de respuesta son los mismos, independientemente del tipo de desastre natural cuyo impacto se desee evaluar. El proceso de análisis parte por un lado del conocimiento del sistema y sus componentes, de su funcionamiento y por otro de las características de la amenaza natural que potencialmente puede afectarle, lo cual es complementado con información relacionada con aspectos de organización y legislación.

**Tabla 10.** Evaluación matricial de la vulnerabilidad de los componentes del sistema de agua potable (EPILAS/UNC, 2005).

INDICADORES	COMPONENTES DEL SISTEMA				
	CAPTACIÓN	CONDUCCIÓN	RESERVORIO	RED DE DISTRIBUCIÓN	TOTAL
ESTADO DE CONSERVACIÓN					
TIPO DE SUELO					
PENDIENTE					
MANTENIMIENTO					
OBRAS DE PROTECCIÓN					
NIVEL DE ORGANIZACIÓN					
TOTAL					

El estado de vulnerabilidad de los componentes se evaluó, según el caso, mediante indicadores situacionales actuales: estado de conservación, tipo de suelo, pendiente, mantenimiento del sistema, obra de protección y nivel de organización; dando a cada uno de estos indicadores un peso de calificación de la escala del 1 al 3 para cada caso (Tabla 11) (EPILAS/UNC, 2005).

**Tabla 11.** Valoración cualitativa y cuantitativa de los componentes del sistema de agua potable (EPILAS/UNC, 2005).

Peso	Estado de conservación	Tipo de suelo	Pendiente	Mantenimiento del sistema	Obras de protección	Nivel de organización
1	Bueno <input type="checkbox"/>	Compacto <input type="checkbox"/>	Baja <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/>	Con obras suficientes <input type="checkbox"/>	Organizados <input type="checkbox"/>
2	Regular <input type="checkbox"/>	Medio <input type="checkbox"/>	Media <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Con obras insuficientes <input type="checkbox"/>	Poco organizados <input type="checkbox"/>
3	Malo <input type="checkbox"/>	Suelo deslizable <input type="checkbox"/>	Alta <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>	No cuenta con obras <input type="checkbox"/>	Nada organizados <input type="checkbox"/>

Los resultados verticales de cada componente indican su grado de vulnerabilidad y el total de la sumatoria coincidente entre las verticales y horizontales reflejan la vulnerabilidad general del sistema de agua potable de Guaimaca (Tabla 11 y 12).

**Tabla 12.** Evaluación general por componente y del sistema de agua potable (EPILAS/UNC, 2005).

POR COMPONENTE		
CALIFICACION		VALORACION
I	Alta Vulnerabilidad	+ 13
II	Mediana Vulnerabilidad	7- 12
III	Baja Vulnerabilidad	0 - 6

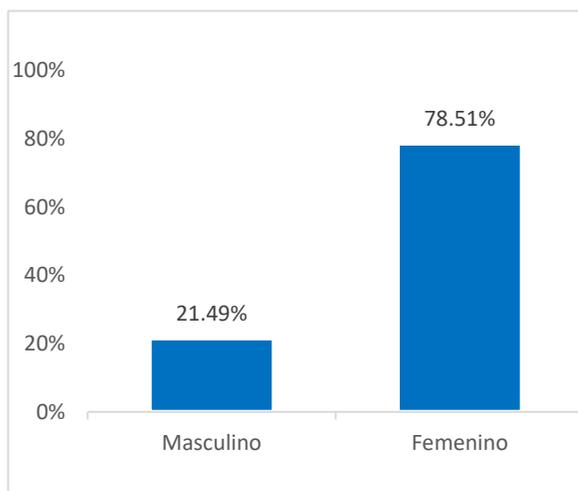
POR SISTEMA		
CALIFICACION		VALORACION
I	Alta Vulnerabilidad	+ 49
II	Mediana Vulnerabilidad	25 - 48
III	Baja Vulnerabilidad	0 - 24

## IV. RESULTADOS

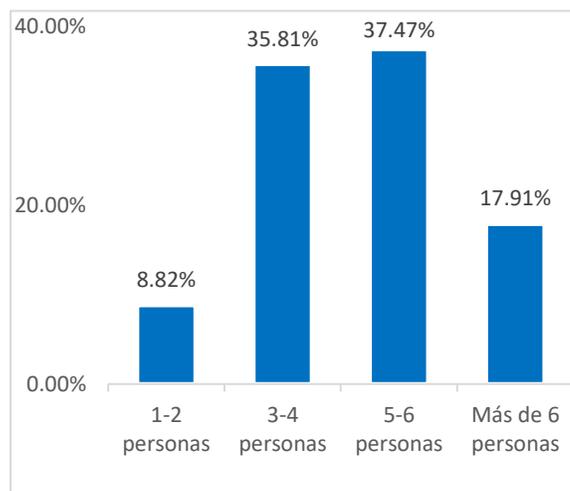
### 4.1. Resultados de la caracterización socioeconómica de Guaimaca.

De un total de 362 encuestas aplicadas en 16 colonias y 8 barrios de la Ciudad de Guaimaca; el 78.51% fueron a amas de casa y un 21.49% a los jefes del hogar. El grupo focal principal a quien estaban orientadas las consultas eran las amas de casa, debido a ellas están al tanto de la situación propiamente del hogar y a la calidad del servicio de agua que se les brinda (Gráfico 1).

En el Gráfico 2 se muestran la cantidad de personas que viven en cada casa. El mayor porcentaje (37.47 %) es de 5 a 6 personas por casa, seguido de 3 a 4 (35.81%) personas por hogar. Según estos resultados las familias de Guaimaca son numerosas, en un hogar en promedio general se esperaría que habitaran de 4 a 5 personas. Esto implica más consumo de agua por cada conexión domiciliaria.



**Gráfico 1.** Hombres y mujeres encuestados.

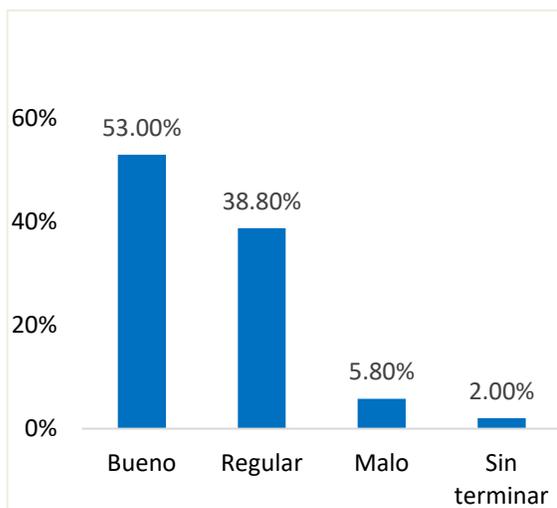


**Gráfico 2.** Cantidad de personas por vivienda.

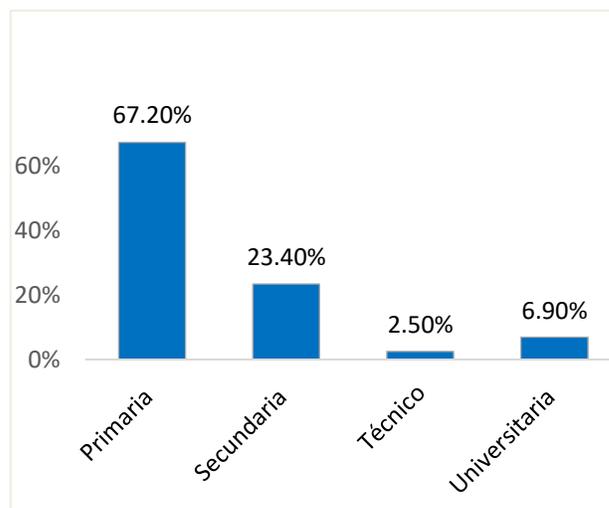
Se hizo una valoración cualitativa del estado de las viviendas de la Ciudad de Guaimaca. Según los resultados obtenidos las mayorías de las viviendas están en buen estado (53%), seguido de un estado regular (38.8%); sólo en un 5.8% de los hogares visitados, sus viviendas estaban en condiciones malas, y un 2% de las viviendas que estaban en proceso de construcción (Gráfico 3).

Del total de las viviendas valoradas (363), el 83% tienen documento de propiedad, el restante 23% aun no tienen documentados sus terrenos. Otro dato importante que se obtuvo de los resultados de las encuestas es que el 88% de las viviendas son propias y el 12% alquilan las casas.

En el Gráfico 4, se observa el nivel de escolaridad de las personas que fueron abordados durante la encuesta. El 67% de las personas habían concluido su educación primaria, el 23.4% terminaron su formación secundaria, un reducido porcentaje tenían formación técnica (2.55%) y el 6.9% con educación universitaria.



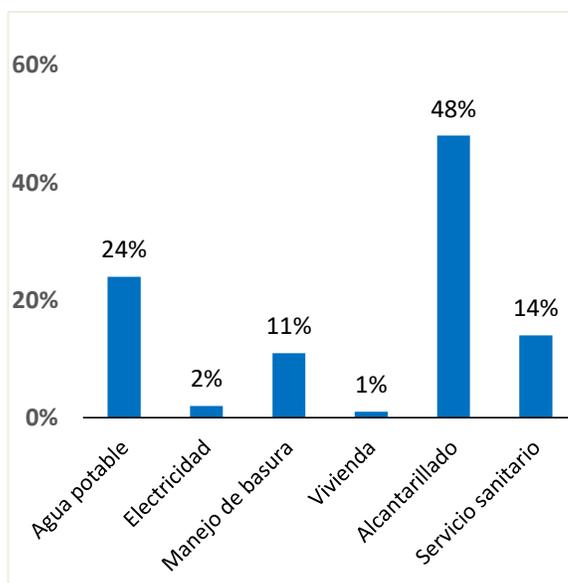
**Gráfico 4.** Condición de las viviendas.



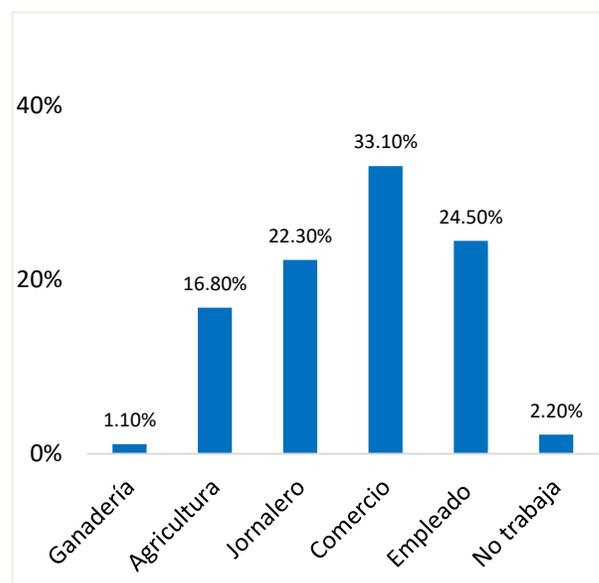
**Gráfico 3.** Nivel de escolaridad de los encuestados.

La población de Guaimaca considera que el principal problema que se debe resolver es el del alcantarillado sanitario (48%), debido a que sólo hay un 20% de cobertura de aguas municipales. En segunda instancia y a corto plazo, el 24% de la población coincide en que se debe resolver la problemática de falta de suministro de agua para uso doméstico (Gráfico 5).

Por otro lado, los principales rubros que se desarrollan dentro del municipio, se les preguntó a las personas a qué actividad económica se dedican. La mayoría de estas se dedican al comercio (33.10%), principalmente al comercio no formal; el 24.50% de la población trabajan como empleados de instituciones públicas, privadas y en otras organizaciones no gubernamentales; mientras que un 16.80% se dedica a la agricultura y los empleados de jornalero el 22.3%, lo que significa que las actividades agrícolas representan el 39.1% de los empleos en la ciudad. Alrededor del 2% de la población encuestada no disponía de empleo (Gráfico 6).

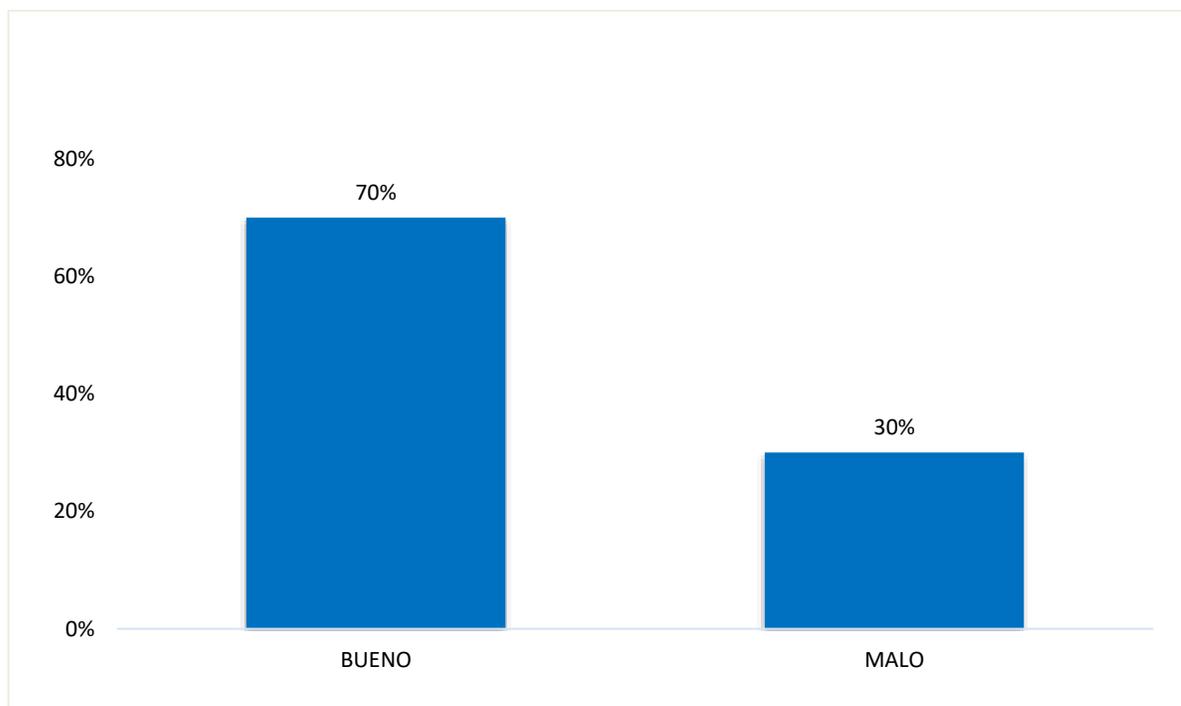


**Gráfico 5.** Principal servicio por resolver.



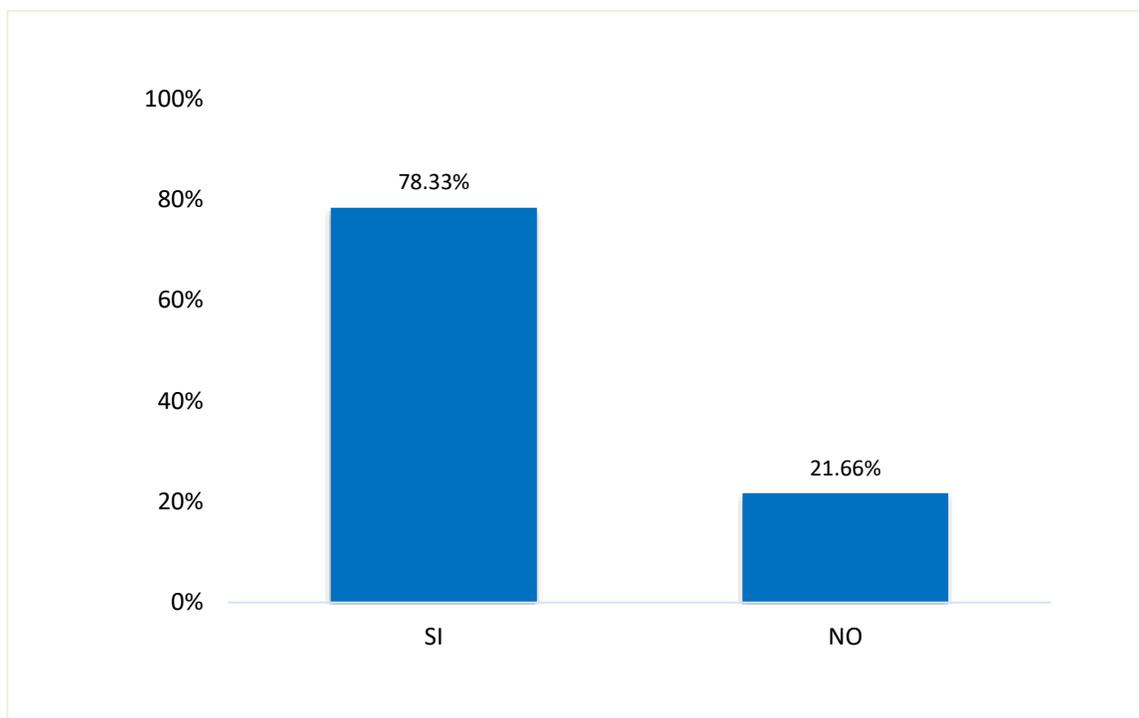
**Gráfico 6.** Actividad en la que trabajan.

De un total de 362 personas que fueron encuestadas la mayoría de la población (70%) está satisfecha con el servicio que actualmente prestan los administradores del servicio de agua en la ciudad de Guaimaca, consideran que ellos hacen esfuerzos posibles en la medida de sus capacidades técnicas y de las condiciones del sistema de abastecimiento (Gráfico 7). El 30% de la población restante aduce que se deberían hacer mejoras en cuanto a calidad y permanencia del agua en sus barrios y colonias del casco urbano de Guaimaca (Gráfico 7). La disconformidad se muestra principalmente en época de verano, cuando los caudales de las microcuencas bajan sustancialmente y el agua no llega con periodicidad a los domiciliarios, y cuando llega la presión es demasiado baja. Además, argumentan que debería haber más control al momento de extender la red de distribución de agua, ya que muchos de los usuarios lo hacen de manera personal y en ocasiones se afectan los vecinos más cercanos.



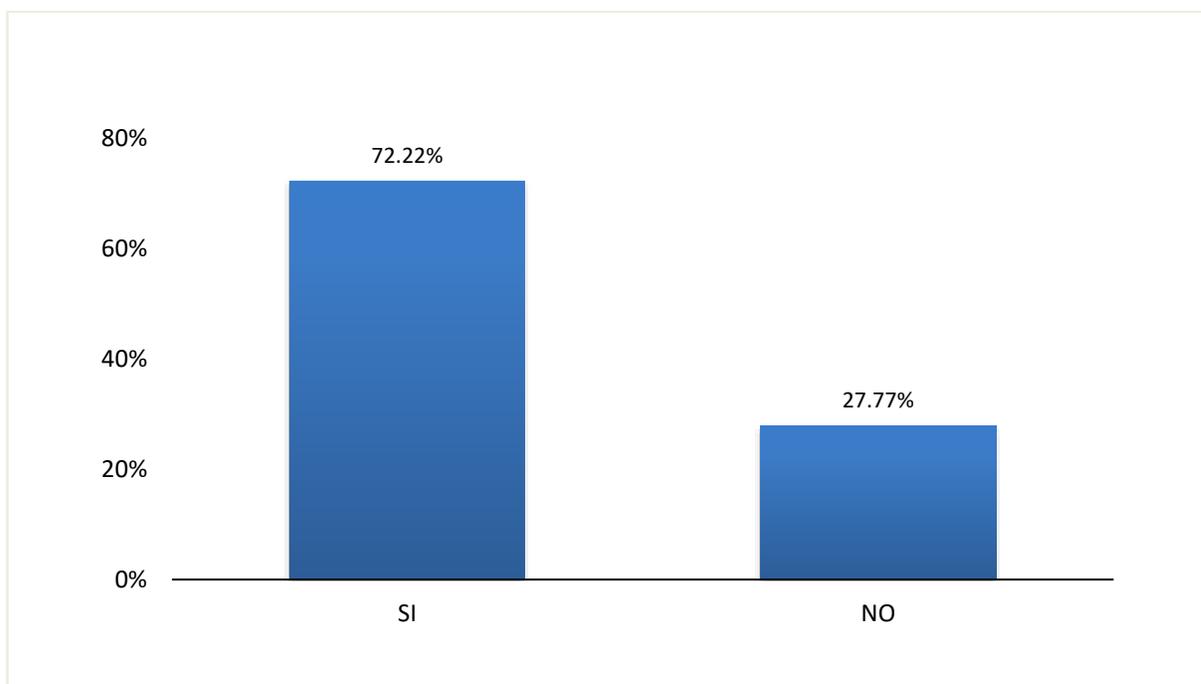
**Gráfico 7.** Satisfacción de la población con la entidad prestadora del servicio.

En el Gráfico 8 se muestran los resultados de las personas que están de acuerdo con lo que pagan de tarifa por el servicio de agua. El 78.33% de personas encuestadas afirman que la tarifa de agua es justa por que va de acuerdo con el servicio que prestan. Además, están conscientes que el precio que pagan solamente es del costo de transporte de agua desde la toma hasta sus viviendas y consideran que el precio que paga la población es bajo en comparación al servicio que reciben. La mayoría de las personas no utilizan el agua que les llega a sus domicilios para ingesta y preparación de alimentos, ya que en la mayor parte del año el agua llega con alta concentración de sedimento. El 21.66% de las personas encuestadas se mostraron inconformes con el servicio de agua que están prestando los administradores del agua, ya que a veces que el agua no les llega durante periodos de tiempo prolongado. Esta situación se agudiza en la época de verano, llegando al extremo que hay meses que se paga la tarifa de agua y no se recibe el servicio.



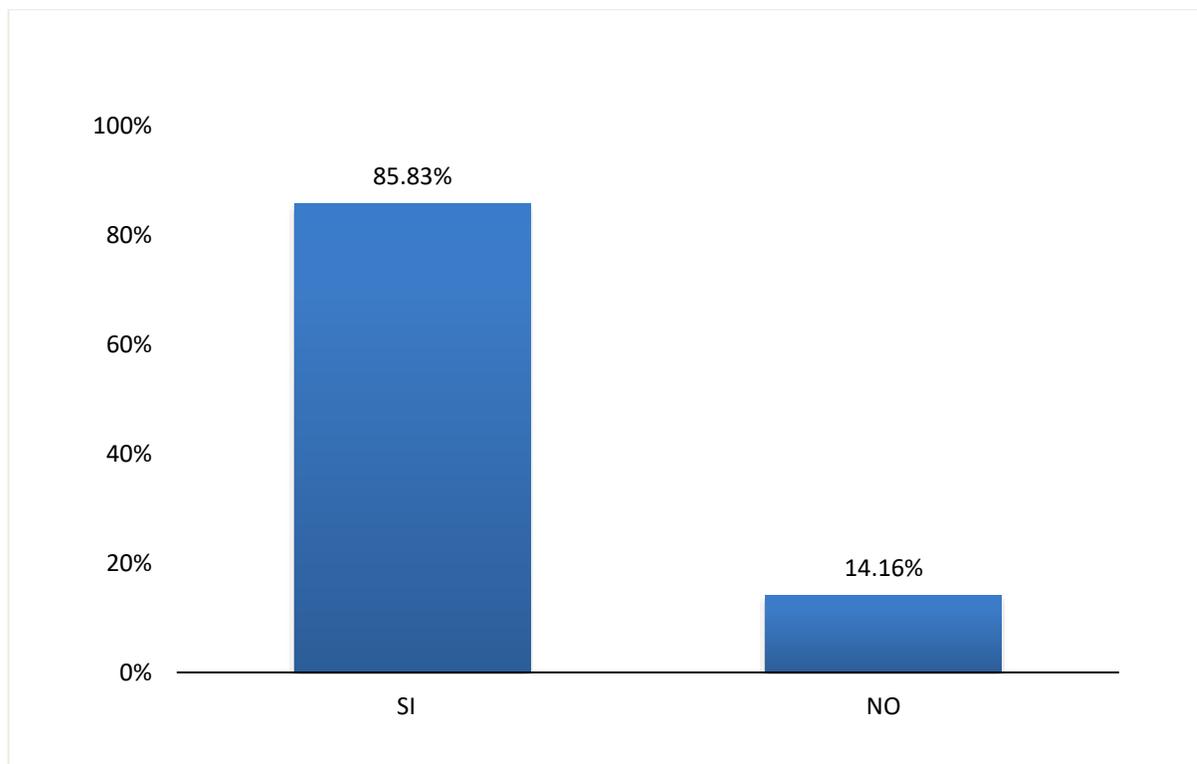
**Gráfico 8.** Personas que están de acuerdo con la tarifa que se paga por el agua.

El 72.22% de la población está de acuerdo con que se racionalice el agua por horas al día, ellos argumentan que hay barrios y colonias de la Ciudad a los cuales nunca les falla el agua y hay otros a los cuales en época de verano nunca les llega el agua. La población está consciente que es necesaria la organización de las actividades domésticas, de manera que se adecuen estas actividades al horario de distribución del agua en los diferentes barrios y colonias. Otra parte de la población (27.77%) no está de acuerdo con esta medida porque ellos aducen que pagan todo el mes y por lo tanto quieren el servicio de agua las 24 horas al día (Gráfico 9).



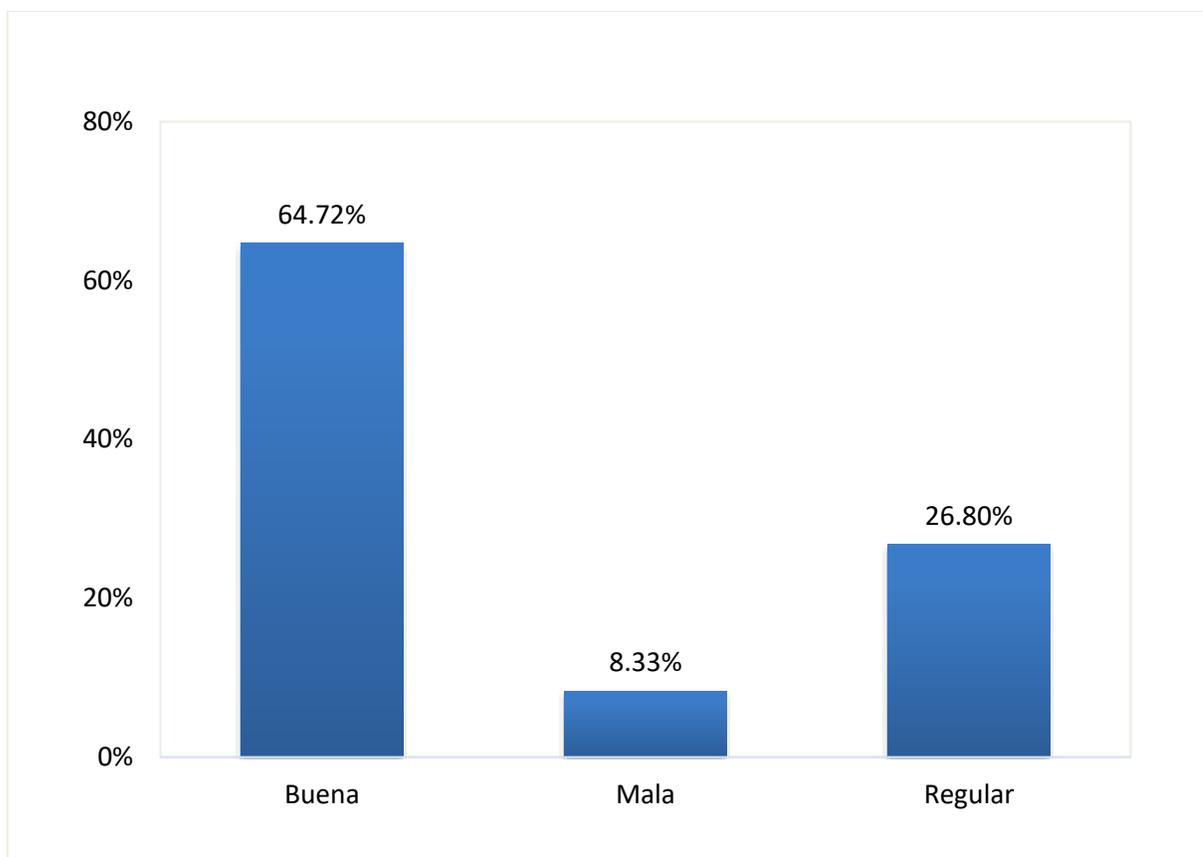
**Gráfico 9.** Personas de acuerdo con el racionamiento del servicio de agua.

Respecto al aumento de la tarifa, la mayoría de las personas encuestadas (85.83%) se mostraron de acuerdo con que se realice un aumento en la tarifa mensual del agua, siempre y cuando mejore la calidad y permanencia del agua en sus viviendas. Consideran que saldría mejor pagar una solo tarifa, aunque sea más alta por un servicio de agua que garantice la calidad óptima para el consumo humano. Esto disminuiría el costo por compra de agua para ingesta y en ocasiones se compra para la preparación de los alimentos. De no ser así ellos afirman que no pagarán más si el servicio de agua sigue igual. Otro porcentaje menor (14.16%) manifestaron que no pagarían más porque de toda forma no hay buena calidad de agua ni permanencia del vital líquido en sus viviendas, lo que demuestra que los abonados del servicio no visualizan una solución viable a la problemática (Gráfico 10).



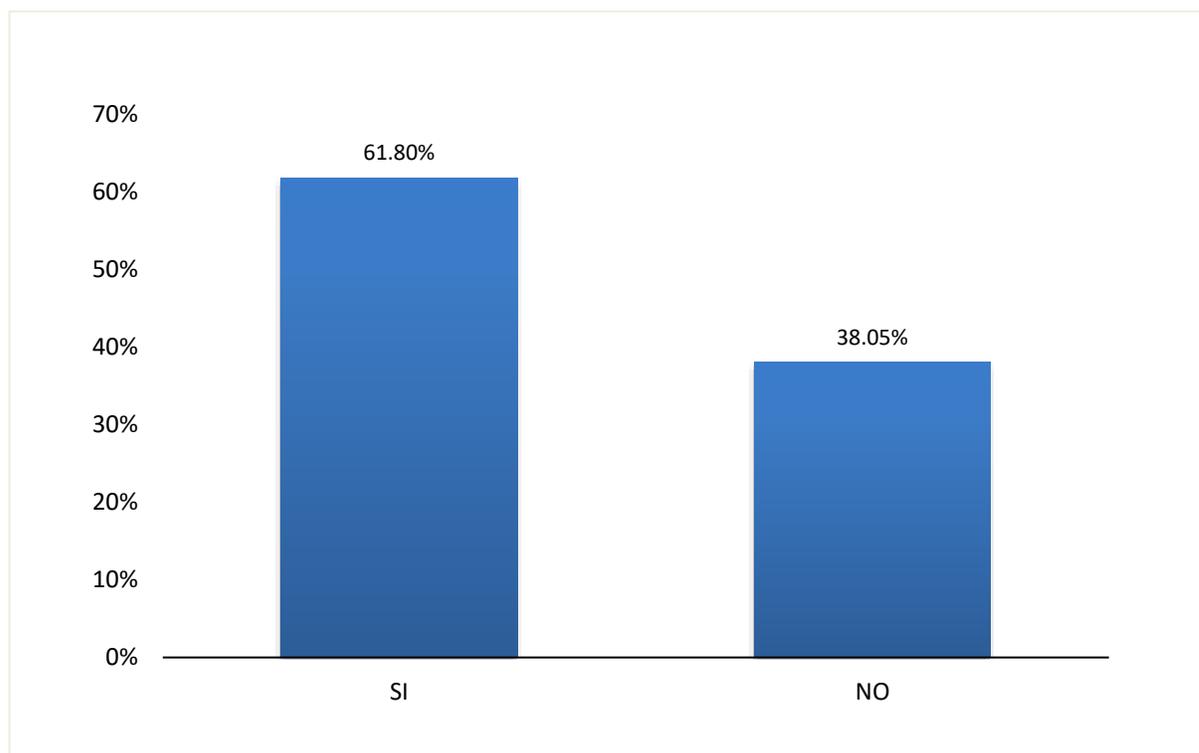
**Gráfico 10.** Personas de acuerdo con el incremento de la tarifa, si se mejora la calidad del agua.

Asimismo, un considerable porcentaje (64.72%) de la población afirmó que su relación con los administradores de agua es buena; por lo que se debería aprovechar esta coyuntura de cordialidad para crear espacios de consenso entre los beneficiarios, administradores y tomadores de decisiones para buscar soluciones consensuadas. Otro 26.80% de la población encuestada afirma que su relación es regular o casi inexistente, debido a que no hay comunicación entre ellos (ambas partes). Un 8.33% afirma que su relación es mala por hechos anteriores por la ineficiencia en la resolución de problemas relacionados con brindar un buen servicio de agua. Algunas personas comentaron que simplemente hacen su pago mensual la cual tomaron como buena relación (Gráfico 11).



**Gráfico 11.** Comunicación de los usuarios con los administradores del servicio de agua.

En las conversaciones con la población encuestada, se observó que una de las limitantes del sistema es que el valor que se paga por el servicio es bajo. Esto contribuye a la insostenibilidad del sistema; sumando a esto el alto porcentaje de morosidad de parte de los abonados (40%). Esta información es fundamental al momento de hacer un análisis socioeconómico, para estimar el costo total en que incurre la población para suplir sus necesidades de acceso a agua de calidad. El Gráfico 12 muestra el porcentaje de los hogares que compran agua para el consumo (61.80%); el 38.05% de las personas encuestadas afirmaron que no compran agua ya que ellos hacen uso de dos pozos que se encuentran en el hospitalito y otro en un colegio de la localidad; sin olvidar que algunas personas hierven el agua o hacen uso del cloro para purificar el agua; mientras que otras personas consumen el agua directamente del sistema, sólo colocan un pedazo de tela en la llave para que les sirva de filtro.



**Gráfico 12.** Personas que compran agua para ingesta.

Finalmente, como información relevante a la compra de agua, se determinó que la mayoría de la población (61.80%) compran un promedio de 4 botellones de agua a la semana, esto conlleva a un consumo de 16 botellones de agua al mes. A un valor promedio de 25 lempiras/botellón, esto se traduce a un costo total mensual de 400 lempiras (16.26 dólares) al mes en agua sólo para consumo; lo que equivale a que en la Ciudad de Guaimaca se invierte 195.12 dólares al año por la compra de agua purificada, lo cual podría ser invertido para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable si se incrementara el valor de la tarifa.

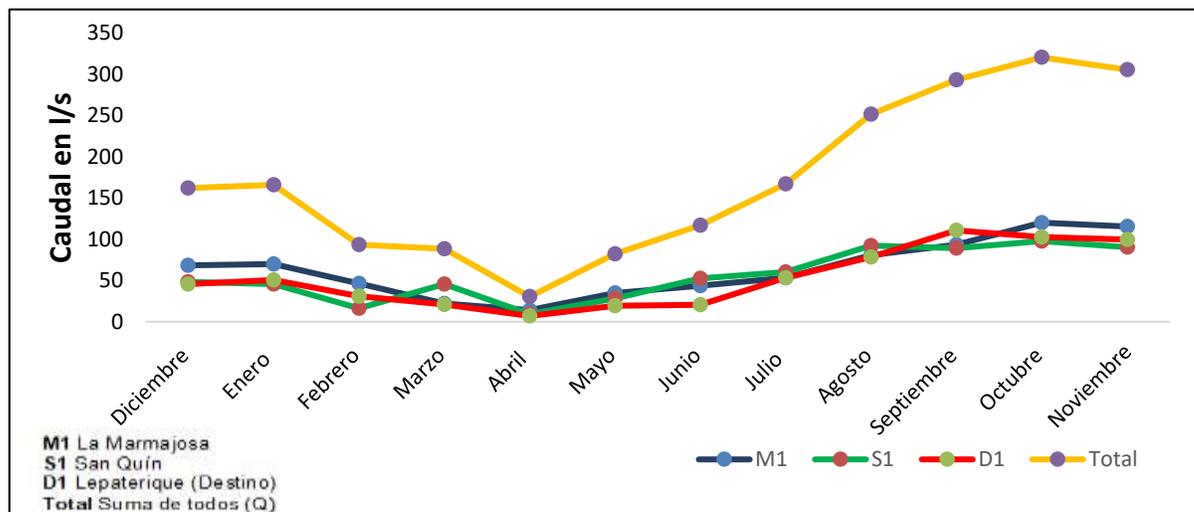
## 4.2. Estimación de la disponibilidad

### 4.2.1. Caudales mensuales

En el Gráfico 13 se muestran los resultados de los aforos realizados de diciembre del 2015 a noviembre del 2016. Como es de esperar se presenta una variación temporal (Imagen 5) y espacial en los caudales de las microcuencas. Para hacer el análisis de la oferta total se sumaron los caudales de las tres microcuencas que abastecen la Ciudad. El mayor caudal se registró en el mes de octubre 2016 con 320.04 l/s en total; y la quebrada con mayor caudal es la de La Marmajosa con 120.00 l/s registrado en el mes de octubre 2016. El mes más crítico es abril 2016 con 30.36 l/s total aforado en las tres quebradas. La Marmajosa es la que aporta mayor cantidad de agua en verano (14.13 l/s) y el menor caudal se registra en la quebrada de Lepaterique en la toma de El Destino (6.99 l/s). La quebrada que presenta la mayor variación de caudal temporal es la quebrada La Marmajosa (14.13 l/s-120.00 l/s).

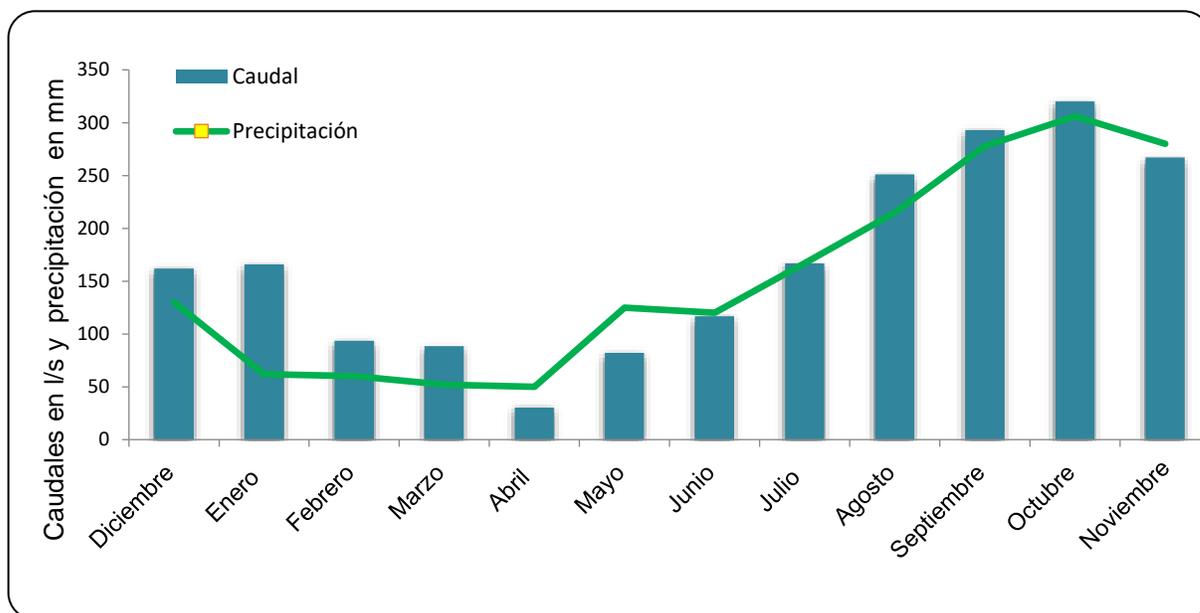


**Imagen 11.** Comportamiento del caudal en época seca (abril 2016) e invierno (diciembre 2016) en la quebrada de San Quín.



**Gráfico 13.** Caudal mensual promedio en las tres quebradas versus el caudal total disponible.

Se comparó el caudal registrado de diciembre del 2015 a noviembre del 2016 versus la precipitación registrada en el mismo periodo de tiempo (Gráfico 14), observándose que a mayor precipitación aumenta el caudal en las quebradas, con algunas particularidades como en el mes de enero que a pesar de haber llovido menos (62 mm) el caudal fue mayor (165.79 l/s), esto se debe a que enero es salida de invierno y el suelo está saturado y el agua descarga posteriormente al cauce de la quebrada. En abril la precipitación fue de 50 mm y el caudal de 30.36 l/s, a pesar de que se presentaron lluvias mínimas el caudal fue crítico, al ser el mes que coincide con la época en que se presentan las temperaturas más altas de la zona, esto pudo incidir en mayor pérdida de agua por evapotranspiración. En mayo y junio empezaron las lluvias, pero no se observa un aumento importante en los caudales; para esa época se mantienen las temperaturas altas, así que gran parte de la lluvia que cae se pierde por evaporación y por la saturación de los poros que están vacíos y son llenados por la precipitación, satisfaciendo de esta manera la humedad del suelo. Según los datos de precipitación en la zona llueve todo el año, por lo tanto, no hay un déficit hídrico por sequía.



**Gráfico 14.** Correlación entre el caudal mensual con la precipitación mensual.

#### **4.2.2. Demanda de la población**

La población del área urbana de la ciudad de Guaimaca es de 22,170 habitantes. Para el diseño de sistemas de agua potable, el Ente Hondureño Regulador de Agua y Saneamiento establece que para poblaciones entre los 15,000 – 60,000 habitantes el caudal de diseño debe de ser de 200 l/habitante/día; por lo que el caudal de diseño actual de agua sería alrededor de 4,434 m<sup>3</sup>/día para tener un sistema que pueda suplir las necesidades básicas actuales y las demandas futuras de la población. En adición, el Instituto Hondureño de Conservación Forestal (ICF) también establece el porcentaje de caudal permitido para extracción de cada una de las quebradas en base a la oferta (en l/s) que cada una de ellas supe en el mes más crítico (Tabla 13). Conforme lo anterior, el mes más crítico de oferta es abril, en el cual se dispone de un total de 19.66 l/s por lo tanto, la oferta diaria para la Ciudad es de 1,698.6 m<sup>3</sup>/día que equivalen a 76.62 l/persona/día. Por lo tanto, hay un déficit de abastecimiento de agua de más del 62%. Sí se captará el caudal total de las fuentes se dispondría de una dotación diaria de 128.84 l/persona/día.

El caudal ecológico se define como la cantidad, calidad y variación del consumo y niveles de agua reservada para preservar los servicios ambientales y la resiliencia de ecosistemas acuáticos y terrestres que dependen de procesos hidrológicos (Biodiversidad, 2020). El marco legal hondureño no tipifica de manera explícita el porcentaje de caudal de agua que se debe dejar como caudal ecológico; en el decreto 181-2009 del reglamento de la Ley General del Agua, en el artículo 38 menciona la facultad de limitar, condicionar o prohibir cualquier actividad que afecte directa o indirectamente la conservación y la biodiversidad creando las afecciones legales y estable a las áreas de amortiguamiento como espacios de aprovechamiento controlados constituyen reservas o áreas de protección o uso especial (Honduras L. G., 2009). Es importante resaltar que las quebradas que abastecen la Ciudad de Guaimaca se encuentran dentro de la zona de amortiguamiento de la reserva biológica de Misoco, y la quebrada de Lepaterique fue declarada zona protegida en el 2013 (Mapa 2) y La Marmajosa que se encuentra en

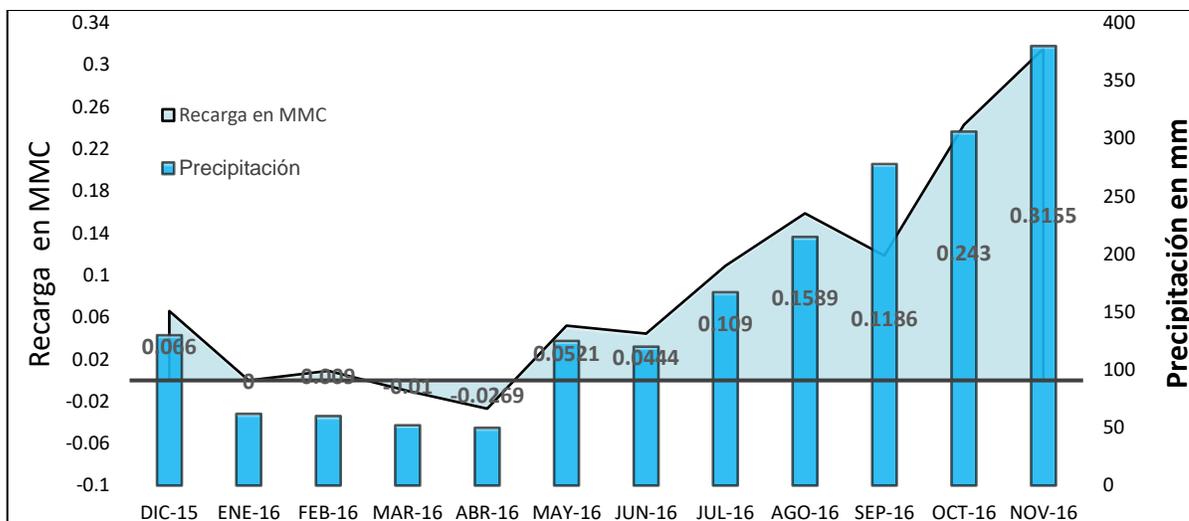
proceso de declaratoria (Moreno, 2015); por lo anterior no es permitido la extracción del caudal total de las fuentes.

**Tabla 13.** Oferta de agua del sistema vs. demanda de la población.

<b>Fuentes</b>	<b>Oferta (l/s)</b>	<b>Caudal permitido para extracción (%)</b>	<b>Caudal captado para suministro (l/s)</b>
<b>M1</b>	14.13	70%	9.89
<b>S1</b>	9.27	30%	2.78
<b>D1</b>	6.99	100%	6.99
<b>Total</b>	<b>33.06</b>		<b>19.66</b>
<b>Dotación diaria</b>	128.84 l/per/día		76.62 l/per/día

El balance hídrico superficial general permite visualizar si hay déficit o excedente de escorrentía en la microcuenca, para ello se consideran datos básicos como la evapotranspiración y la cantidad de lluvia que cae en un área determinada. Con datos de precipitación y temperatura tomados en el área de estudio, se realizó un balance hidrometeorológico, para identificar el comportamiento del déficit y/o exceso hídrico superficial temporal. Los meses que hay un déficit hídrico son en marzo (0.01 MMC) y abril (0.0269 MMC); de julio a noviembre son los meses con mayor exceso hídrico, mientras que en enero comienza a disminuir la disponibilidad (Gráfico 15).

Utilizando valores promedio anuales observados durante el periodo de estudio (diciembre del 2015 - noviembre 2016), hubo un exceso de recurso hídrico superficial de 0.379 MMC; sin embargo, a pesar de que la precipitación es mayor que la evapotranspiración, otros elementos influyen en este resultado; como la capacidad de infiltración del suelo y la pendiente de la microcuenca.



**Gráfico 15.** Correlación entre la precipitación y el caudal en las tres quebradas (diciembre 2015-octubre 2016).

La Tabla 14 representa un análisis del comportamiento de la oferta y la demanda de agua en la Ciudad de Guaimaca. Se estimó el volumen diario de agua 1,698,624.00 litros (1, 698.624 m<sup>3</sup>) total que genera todo el sistema; lo que representa una dotación diaria de 76.97 litros por persona por día. Con la disponibilidad de agua real que se capta en las fuentes solamente se puede satisfacer con el suministro de agua al 38.49% de la población de la Ciudad, por lo tanto, no se está cumpliendo con la dotación recomendada (200 litros/persona/día) por el Ente Regular de Agua y Saneamiento de Honduras.

**Tabla 14.** Oferta versus demanda de agua en la Ciudad de Guaimaca.

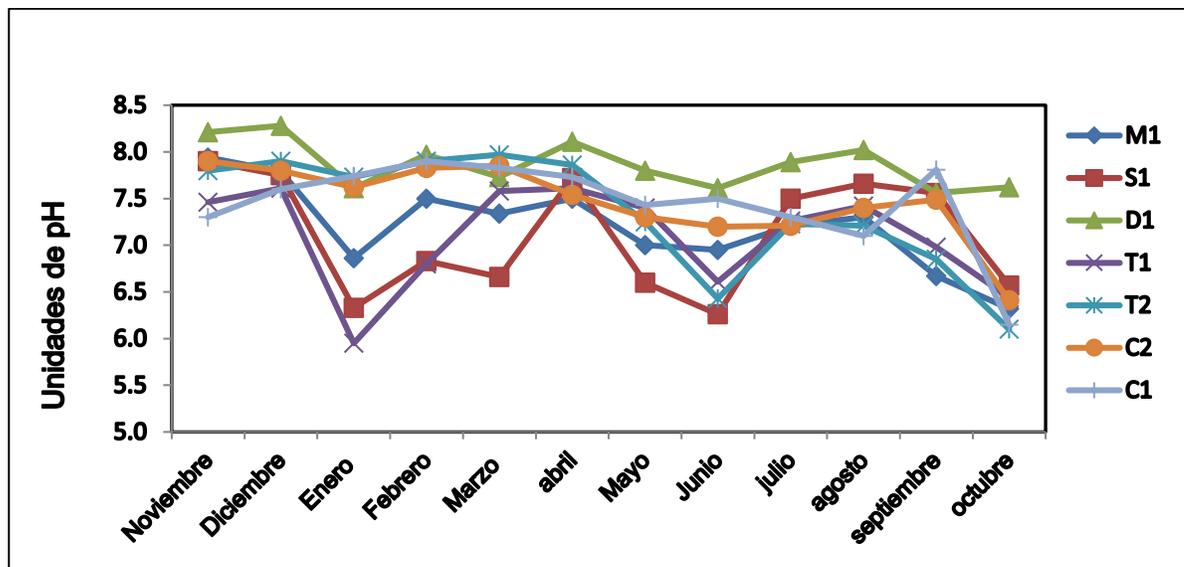
Descripción	Resultado	Porcentaje (%)
Oferta real (L/día)	1,698,624.00	100
Dotación diaria real por persona (L/per/día)	76.97	38.49
Dotación recomendada por ERSAP (L/per/día)	200	100
Déficit diario por persona (L/per/día)	123.04	61.52

### 4.3. Resultados físicos y químicos

#### 4.3.1. Resultados de pH

En el gráfico 16 se muestran los valores de pH que fueron monitoreados durante un año (noviembre del 2015 y octubre del 2016). El valor más bajo fue de 5.95 unidades de pH registrado durante el mes de enero, en el tanque 1 donde se distribuye el agua proveniente de la quebrada de San Quín. El valor más alto se registró en la quebrada de Lepaterique en la toma de El Destino (8.28) unidades de pH durante el mes de noviembre. Este comportamiento fue similar temporal se mantuvo durante los meses de monitoreo. De acuerdo con la Norma Técnica de Honduras (NTH, 1995), el rango de pH óptimo para agua de consumo humano está entre 6.0 y 8.5 unidades de pH. Aunque los valores medidos a lo largo de un año se encuentran dentro de los rangos que establece la NTH, las variaciones en el mismo pueden deberse al tiempo de contacto del agua con el material geológico y algunas alteraciones químicas producto de las actividades antropogénicas, como el caso de la quebrada de Lepaterique. Se conoce que, en los sistemas de abastecimiento de agua, la corrosión y la incrustación en las redes de distribución influyen en los valores de las unidades de pH, aunque no tenga un efecto significativo sobre la salud, si puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección.

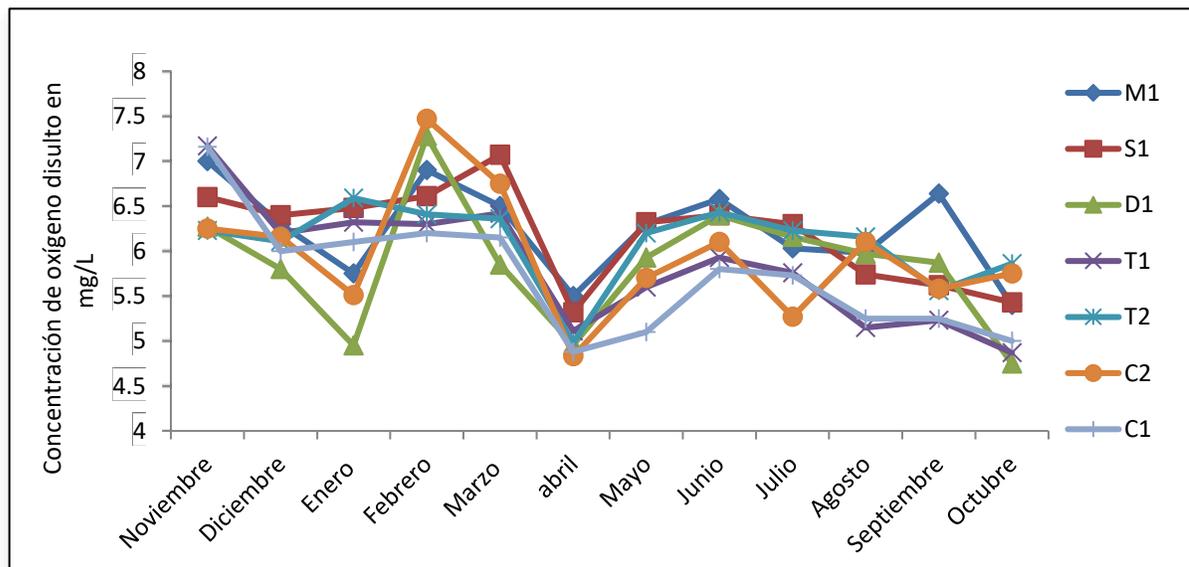
(De Sousa, Correia, & Colmenares, 2010)



**Gráfico 16.** Registro de valores de pH (unidades de pH) en siete puntos de muestreo (noviembre 2015-octubre 2016).

### 4.3.2. Oxígeno Disuelto

Los valores de oxígeno disuelto mensual de noviembre 2015 a octubre 2016 se presentan en el Gráfico 17. Según los resultados, los rangos de oxígeno disuelto oscilaron entre 7.47 y 4.75 mg/l. El valor más alto fue en el punto de la llave domiciliaria durante el mes de febrero; mientras que el valor más bajo se encontró en la quebrada de El Destino en el mes de octubre. En el caso de las fuentes abastecedoras, se observa (gráfico 17) que las quebradas de La Marmajosa (7.0- 5.4 mg/l) y San Quín (7.07-5.32 mg/l) son las que mostraron mayor cantidad de oxígeno disuelto en la mayoría de los meses medido; esta situación podría deberse a que la pendiente de la caída del agua es mayor, provocando un mayor movimiento del agua en estos sitios. La menor cantidad de oxígeno disuelto lo presenta la quebrada de Lepaterique (6.4-4.75 mg/l) a excepción del mes de febrero que el valor fue de 7.28 mg/l. La concentración baja de oxígeno temporal en esta quebrada podría deberse a que riveras de la quebrada se efectúan actividades de tipo agrícola, como el cultivo de hortalizas y la deposición de aguas mieles provenientes del despulpado de café en la zona alta, por lo que la materia orgánica presente en esta parte consume el oxígeno presente en el agua; además la pendiente de la microcuenca es menor en este tramo, por tal razón el bajo contenido de oxígeno.

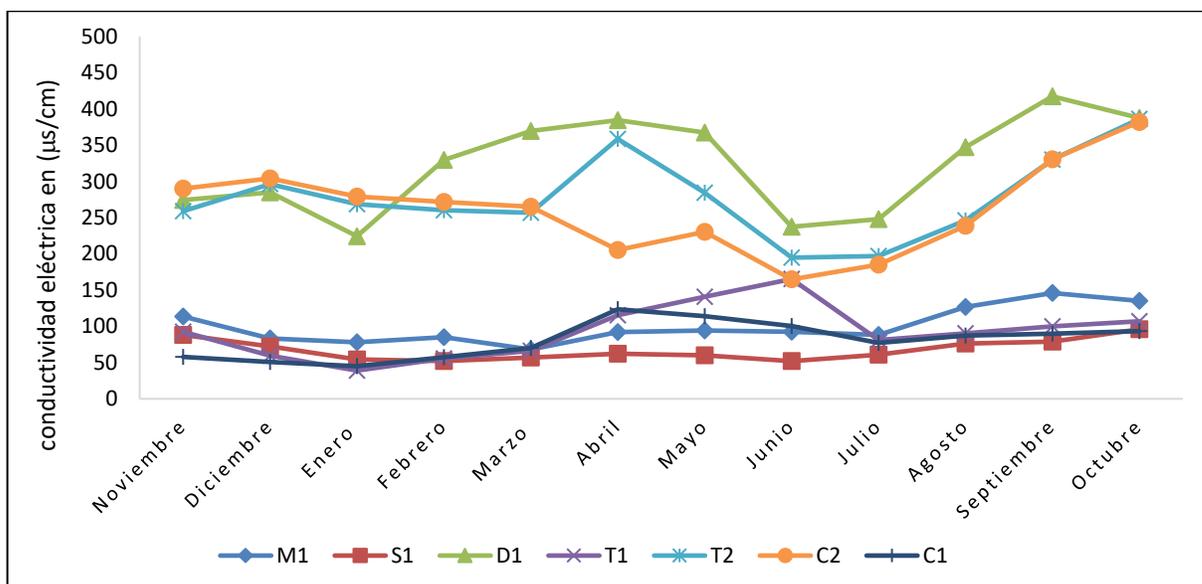


**Gráfico 17.** Valores de Oxígeno Disuelto (noviembre 2015-octubre 2016).

### 4.3.3. Conductividad eléctrica (CE; en $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

Las mediciones mensuales de conductividad eléctrica realizadas en las tres quebradas se reportan en el Gráfico 18. Los resultados indican claramente que existen dos tipos de agua, asociadas a la cantidad de sólidos disueltos presentes en ellas. El agua proveniente de la quebrada de Lepaterique en la toma de El Destino (D1) presentó las mayores conductividades; valores entre  $224.3 \mu\text{S}/\text{cm}$  en el mes de enero 2016 a  $384.3 \mu\text{S}/\text{cm}$  en el mes de abril 2016. Estas conductividades altas, se deben al recorrido que el agua hace por una zona de cultivo es donde aumenta la concentración de iones y la conductividad aumenta. Mientras que el agua proveniente de las quebradas de la Marmajosa (M1) y San Quín (S1) es la que presente las menores conductividades. De igual manera, la conductividad eléctrica medida en el agua que proviene de estas quebradas que es distribuida en el tanque 1 (T1) y la muestra analizada en la casa 1 (C1) se corresponde con valores similares a los de su fuente de origen.

En cuanto al comportamiento temporal; se observa que no hubo una tendencia marcada en los valores registrados en equipo lluviosa y menos lluviosa.



**Gráfico 18.** Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en siete sitios de muestreos (noviembre 2015-octubre 2016).

#### **4.3.4. Resultados de análisis fisicoquímicos en época de invierno**

Los resultados presentados en esta sección (tabla 15) corresponden al muestreo realizado en la época más lluviosa en cuatro (4) de los siete (7) puntos de muestreo (S1, D1, M1 y T2). Con el propósito de tener conocimiento de las características físicas y químicas del agua de uso doméstico de la Ciudad de Guaimaca.

El análisis se realiza mediante la comparación de los valores de referencia de la Norma Técnica de Honduras (NTH, 1995). Al comparar los resultados con la norma, se observa (tabla 15) que la mayoría de los valores están dentro de los rangos recomendables por la Norma técnica hondureña. En caso de los resultados de turbidez (1.81 y 7.0 UNT), tres de los puntos (S1, M1 y T2) cumplen con los valores recomendados por la norma; excepto en el punto de la quebrada de El Destino (7.06 UNT) que obtuvo valores arriba de los exigidos por la norma (5 UNT). Esto está relacionado con el contenido de sólidos en el agua, para este punto el valor de sólidos totales disueltos es de 142 mg/l, a pesar de que este valor está dentro del rango, incide en el valor de la turbidez, lo que hace que el agua no cumpla con el valor recomendado para este parámetro físico.

**Tabla 15.** Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en (invierno) diciembre del 2015 (SANAA).

Parámetros Analizados	Unidades	San Quín	El Destino	La Marmajosa	Tanque2	Valor Recomendado NTH (1995) /OMS
Turbidez	NTU	2.1	7.06	1.81	3.15	5
Color	UC	7.5	12.5	12.5	12.5	15
pH	Unidades	7.75	8.28	7.99	7.61	6.5-8.5
Conductividad	µS/cm	71.8	284	83.44	59.4	400
Dureza total	mg/l	34.32	134.64	31.69	22.4	400
Dureza de calcio	mg/l	9.24	114.84	17.16	9.24	S/R
Dureza de magnesio	mg/l	25.08	19.8	14.52	13.2	S/R
Calcio	mg/l	3.69	45.93	6.86	3.69	100
Magnesio	mg/l	6.09	4.81	3.53	3.21	30
Sulfato	mg/l	<10	<10	<10	<10	250
O-fosfato	mg/l	0.29	0.77	0.97	0.46	NR
Cloruros	mg/l	1.54	2.06	1.03	1.03	250
Hierro total	mg/l	0.24	NR	NR	NR	1.0
Aluminio	mg/l	0.1	NR	NR	NR	0.2
Flúor	mg/l	0.31	0.21	0.35	0.17	0.7-1.5
Nitritos	mg/l	0.01	0.01	0.01	0.01	0.1-3.0
Nitrógeno amoniacal	mg/l	0.13	0.1	0.07	0.07	0.5
Sólidos sedimentables	mg/l	0	0	0	0	S/R
Sólidos totales disueltos	mg/l	35.9	142	41.7	29.7	1000

N/R= No realizado S/R=Sin referencia

#### **4.3.5. Resultados de análisis fisicoquímicos en época de verano (abril 2016)**

Comparando los resultados obtenidos (ver tabla 16) con respecto a los valores recomendados por la NTH, se observa que la turbidez es alta en la mayoría de los sitios; sin embargo, en el **T1** la turbidez se encuentra ligeramente por arriba del valor recomendado esto es producto de la mezcla de las aguas de las quebradas de La Marmajosa (2.10 UNT) y de San Quín (11.90 UNT). Situación similar se presenta para el hierro total en estos puntos. Cabe mencionar que las aguas de la quebrada de La Marmajosa tienen excelente calidad fisicoquímica (con excepción del flúor, del cual se comentará más adelante), lo que al mezclarse con las aguas de San Quín y ser recibidas en el T1, hace que en algunos casos se mejore la calidad del agua suministrada a la población; contrario a si sólo recibieran el agua de San Quín.

A manera general, de acuerdo con el contenido de iones (sodio, potasio, calcio, magnesio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) en el agua de las tres quebradas se observa que son aguas naturales de reciente infiltración; aunque los valores de conductividad eléctrica en Lepaterique (punto El Destino) son los más elevados de las tres quebradas. Esto debido a la actividad agrícola que se realiza en la parte alta y media de esta microcuenca. Sin embargo, en las quebradas de Lepaterique y de San Quín, los parámetros de la turbidez, el hierro y el color verdadero (sólo en San Quín), todos ellos asociados entre sí, no son aptos para consumo humano; conforme lo establecido por las normas. En Lepaterique, el contenido de calcio y bicarbonatos es el más alto de las tres quebradas, y por ende la dureza y la alcalinidad presentan altos valores comparados con los valores de las otras quebradas.

En cuanto al flúor presente en las tres microcuencas, los valores están por debajo del mínimo recomendado por las normas, por lo que es probable que los habitantes que consumen esta agua, tengan un déficit (carencia) de flúor en el organismo el cual se manifestará por una mayor incidencia y severidad en las caries dentales y con osteoporosis; por lo que podría ser necesario que la población utilice suplementos

fluorados o ingiera verduras ricas en contenido de flúor (espinacas, col/repollo, lechuga; entre otros), té, café, pescados y mariscos.

Los resultados obtenidos para el sistema de distribución del agua (T1, T2, C1 y C2), la turbidez, el color verdadero y hierro están por arriba de los valores recomendados por las normas; en algunos casos en concentraciones que son 4400 veces superior a las normas (valor de turbidez en C1) y 6453 veces superior a las normas (valor de hierro total en C1). Existe una falla dentro del sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad de Guaimaca en la red de distribución del T1 a las casas (en este caso, representadas con la muestra colectada en C1) por los elevados valores de turbidez y hierro presentes en C1, los cuales son superiores con respecto a todos los sitios monitoreados. Esto tal vez se deba a que el sistema ya cumplió con su vida útil (59 años), a la falta de mantenimiento, además parte de la tubería de conducción principal es de hierro galvanizado, lo cual al oxidarse denota estos valores encontrados.

**Tabla 16.** Análisis fisicoquímicos realizados en época seca (abril 2016) en el CIRA

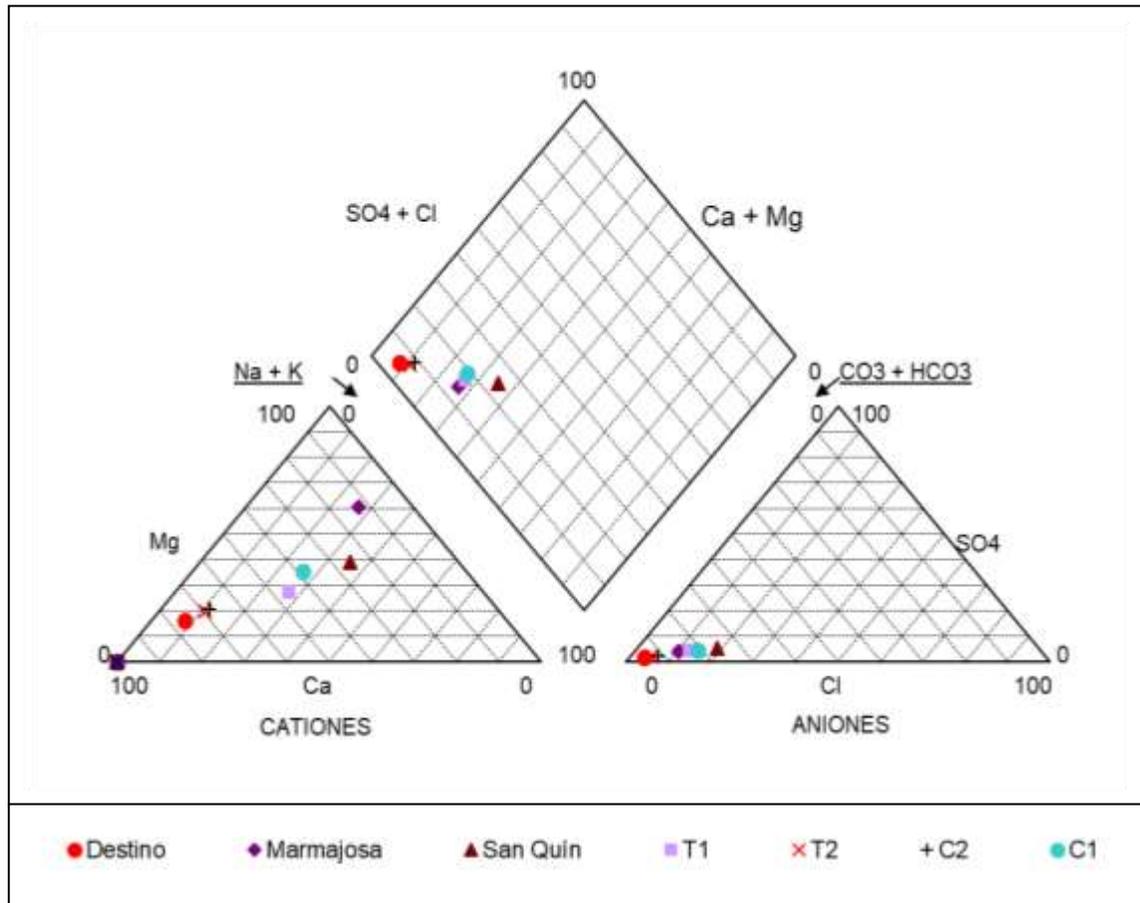
Parámetros analizados	Unidades	San Quín	El Destino	La Marmajosa	Tanque1	Tanque2	Casa1	Casa2	Valor Recomendado NTH (1995)
Turbidez	UNT	11.90	10.05	2.10	6	1.80	220.00	17.70	1.00
pH	Unidades de pH	7.59	8.16	8.17	7.84	8.07	7.66	7.86	6.5-8.5
CE	μS/cm	58.30	361.50	102.10	104.2	343.00	109.40	316.00	400.00
Sólidos totales disueltos	mg/l	NR	NR	NR	NR	NR	71.27	190.88	SR
Color verdadero	mg/l Pt-Co	20.00	<5.0	10.00	20	<5.00	20.00	<5.00	1.00
Sodio	mg/l	5.05	7.25	6.65	6.75	9.56	6.85	9.36	25.00
Potasio	mg/l	1.26	1.06	1.75	2.25	1.36	2.15	1.06	SR
Magnesio	mg/l	2.92	7.78	8.02	3.65	9.23	4.86	8.75	30.00
Calcio	mg/l	3.21	61.32	2.81	10.02	53.31	8.82	48.10	100.00
Cloruros	mg/l	4.42	5.02	4.23	5.32	6.85	5.94	8.21	25.00
Nitratos	mg/l	0.99	0.27	<0.25	0.28	0.45	0.65	0.28	25.00
Sulfatos	mg/l	1.72	3.13	2.28	2.5	3.62	2.34	3.69	25.00
Carbonatos	mg/l	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	SR
Bicarbonatos	mg/l	30.51	235..54	61.02	59.8	213.57	56.14	198.93	SR
Dureza total Ca CO3	mg/l	20.00	185.00	40.00	40	171.00	42.00	156.00	400.00
Alcalinidad total	mg/l	25.00	193.05	50.00	49	175.00	46.00	163.00	SR
Alcalinidad a la fenolftaleína	mg/l	<1.67	<1.67	<1.67	<1.67	<1.67	<1.67	<1.67	SR
Sílice reactiva disuelto	mg/l	17.82	28.53	23.96	22.67	30.23	23.10	28.62	SR
Nitritos	mg/l	0.00	0.01	0.00	0.01	<0.003	0.01	<0.003	SR
Hierro total	mg/l	0.77	1.13	0.19	0.27	0.10	19.36	0.11	SR
Fluoruros	mg/l	<0.25	0.26	<0.25	<0.25	<0.25	0.26	0.25	SR
Amonio	mg/l	0.02	0.01	0.03	0.043	0.03	0.05	<0.0003	0.05
Balance iónico	%	1.88	0.37	1.39	1.5	1.26	0.76	0.28	-

#### **4.3.6. Tipo hidroquímico del agua**

Para la determinación del tipo hidroquímico del agua durante el muestreo de verano se utilizó el Diagrama Piper para su elaboración. Es importante aclarar que para el muestreo de invierno no fue posible determinar los tipos hidroquímicos debido a la falta de información necesaria para su realización, ya que, en el laboratorio del SANAA, solamente se analizan ciertos iones. El tipo hidroquímico predominante en las microcuencas y en el agua del sistema de distribución, es el bicarbonatado-cálcico ( $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ ) (Figura 4), que corresponde a aguas de reciente infiltración. Por lo general las aguas bicarbonatadas cálcicas son aptas para todo uso (Caballero, 2007).

Desde el punto de vista hidroquímico, las aguas del tipo bicarbonatadas-cálcicas están relacionadas con aguas de zonas de recarga, que son aguas relativamente jóvenes con poco tiempo de permanencia en el subsuelo y en su mayoría puede ser de origen meteórico; y son consideradas como aguas de buena calidad natural, (Altamirano 2007).

**Figura 4.** Tipo hidro químico del agua en la microcuenca de estudio (verano 2016).

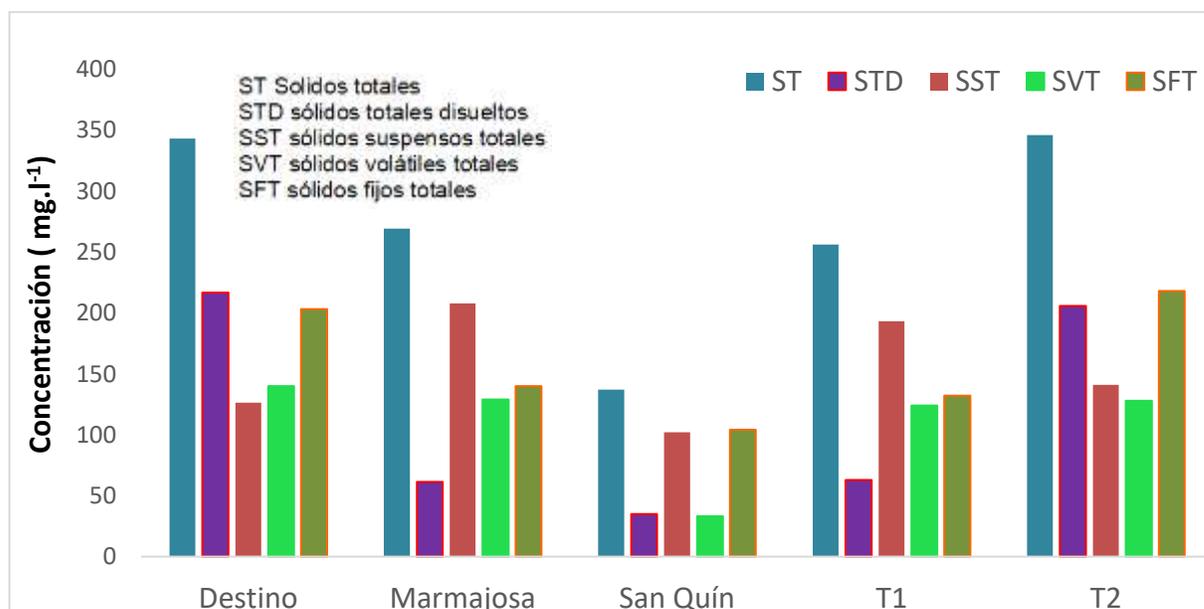


A la vez, el tipo hidroquímico depende de los cationes y aniones y concentraciones de bicarbonatos y calcio. Con respecto a estos parámetros, la quebrada de Lepaterique es la que presenta las mayores concentraciones; aunque las normas no reporten en su totalidad valores recomendados para ellos, se debe tener en cuenta que una alta concentración de bicarbonatos y calcio en el agua puede tener repercusiones en la salud humana (cálculos renales), y para la economía familiar, ya que aguas muy duras cortan el jabón, lo que implica mayor consumo de éste y mayor cantidad de agua.

#### 4.3.7. Concentración de sólidos en el agua

El grado de inclinación de las pendientes de la microcuenca y la falta de cobertura vegetal, sumado a ello los constantes incendios forestales en verano, provocan que el suelo quede al descubierto. Cuando llueve intensamente la lluvia arrastra gran cantidad de sedimentos al cauce de las quebradas, aumentando la cantidad de sólidos en el agua que se distribuye a la población. Los tanques (T1 y T2) presentaron las concentraciones más altas de sólidos suspensos totales (Gráfico 19), así como de turbidez y contenido de hierro. En el caso de los sólidos totales estuvieron en un rango de 137 a 346 mg/l; los sólidos totales disueltos entre 34.94 a 216.6 mg/l, los sólidos suspensos totales entre 102.02 a 207.74 mg/l. Los valores de los sólidos volátiles totales oscilaron entre 33 a 140 mg/l y los sólidos fijos totales entre 104 a 203 mg/l.

Un agua turbia es estéticamente desagradable, y por ende es rechazada por el consumidor. La turbidez del agua es un parámetro de importancia no solo porque es una característica de pureza en el agua a consumir. También la turbidez interfiere en procesos de tratamiento de las aguas como es en la desinfección con agentes químicos o con radiación ultravioleta (OMS, 2018).



**Gráfico 19.** Concentración de sólidos (ST, STD, SST, SVT, SFT) en cinco sitios de muestreo en época de verano 2016.

#### 4.3.8. Concentración de nutrientes en el agua

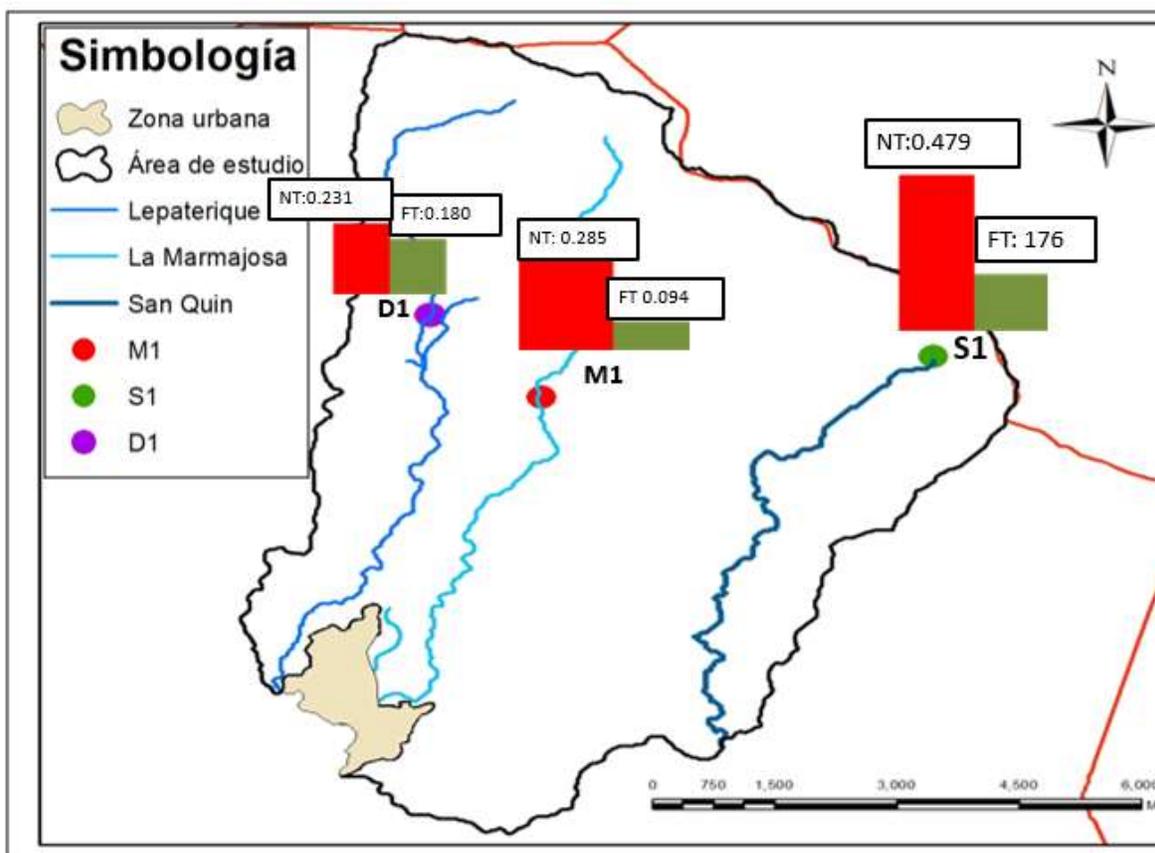
Las concentraciones de nitrógeno y fósforo total, analizados en el agua de las quebradas se reportan en la Tabla 17 y el Mapa 7. Se observa que las concentraciones de nitrógeno total son mayores que las de fósforo total para las tres quebradas. Donde la mayor concentración de nitrógeno se encontró en la quebrada de San Quín; esto se puede atribuir a la intervención antropogénica debido a las comunidades que se ubican en las cercanías de la obra toma. La menor concentración de nitrógeno lo registra la quebrada del Lepaterique. Mientras que la mayor concentración de fósforo total fue en la quebrada de Lepaterique, imputado al arrastre de fertilizantes fosforados considerando la significativa actividad agrícola en la orilla de la quebrada principalmente de cultivo de hortalizas en donde se utilizan gran cantidad de urea, fertilizantes NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) y a plaguicidas organofosforados. La menor concentración de fosforo se registró en La Marmajosa, en este sitio hay poca intervención antropogénica.

**Tabla 17.** Concentraciones de nutrientes en las quebradas de la microcuenca de estudio (verano 2016).

<b>Sitio</b>	<b>Nitrógeno total (mg/l)</b>	<b>Fósforo total (mg/l)</b>
Lepaterique (El Destino)	0.231	0.180
La Marmajosa	0.285	0.094
San Quín	0.479	0.176

Además, en suelos desnudos (con poca infiltración) la escorrentía arrastra copiosamente nutrientes, minerales y sedimentos, los cuales son posteriormente incorporados en los cuerpos de agua superficial. Lo anterior en consideración que en la zona alta de la Microcuenca hay presencia de actividad agrícola principalmente cultivo de café, en el cual se utilizado fertilizantes nitrogenados y fosforados.

Aunque el fósforo no representa toxicidad o daño alguno, los herbicidas o pesticidas organofosforados en las aguas de riego agrícola son una advertencia de la calidad del agua ya que la presencia de fósforo en el agua puede ser debida a los agroquímicos fosforados.



**Mapa 7.** Concentraciones de nutrientes en el agua de las Microcuencas (verano del año 2016).

#### 4.3.9. Resultados de análisis bacteriológico

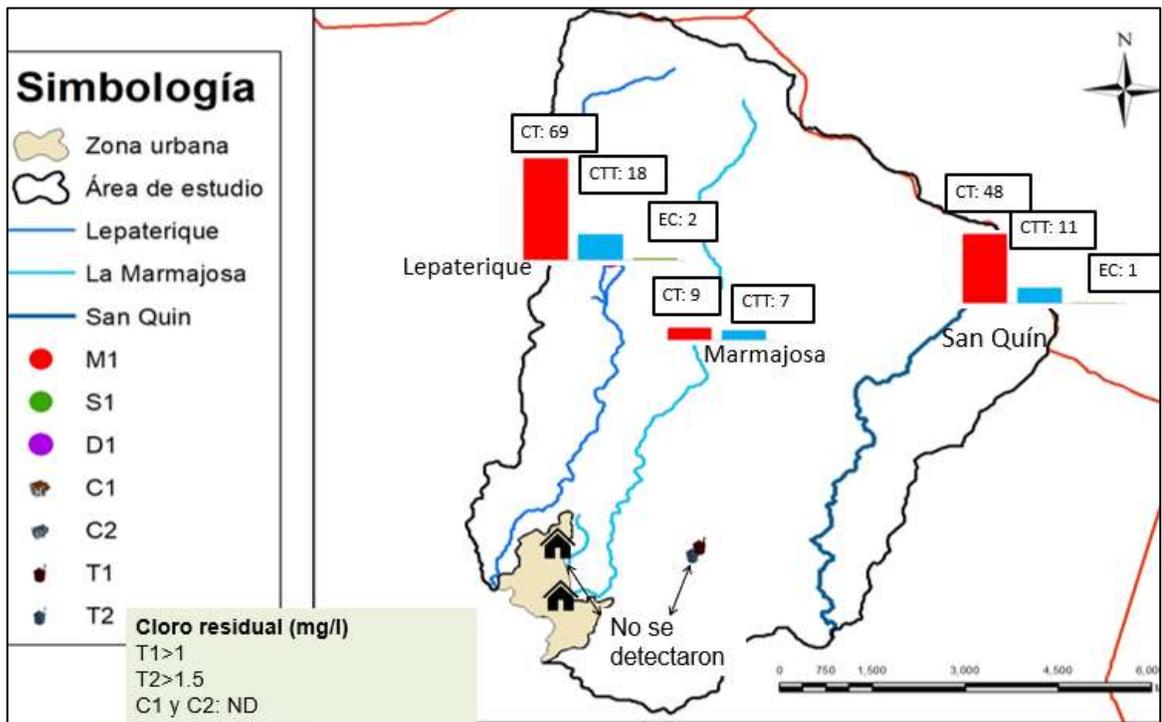
Los coliformes totales (CT), coliformes termotolerantes (CTT), *Escherichia coli* son algunos de los indicadores microbiológicos por excelencia para evaluar la calidad de un agua. La presencia de coliformes en una muestra de agua no necesariamente indica la presencia de organismos causantes de enfermedad; sin embargo, para considerar un agua segura para beber o para actividades en las cuales el hombre tiene contacto íntimo con el agua, debe estar libre de organismos coliformes (NTH, 1995).

En el agua proveniente de las tres quebradas se encontró la presencia de estos tres indicadores (Tabla 18 y Mapa 8), siendo los CT los de mayor concentración, seguidos de los CTT. En las quebradas de San Quín y de Lepaterique (en El Destino) hay presencia de *Escherichia coli*, que es un indicador de contaminación de origen fecal humano. Estas dos quebradas es donde se da la mayor intervención humana, por asentamientos poblacionales a las orillas. Desde el punto de vista bacteriológico el agua que se suministra a la ciudad no es apta para consumo humano por estar por encima de las normas establecidas por la OMS y la Norma Técnica de Honduras.

**Tabla 18.** Resultados de análisis bacteriológicos en época seca (abril del 2016).

Parámetros analizados	Unidades	San Quín	El Destino	La Marmajosa	C2	Valores admisibles (NTH, 1995) /OMS
Coliformes Totales	UFC/100 mg/l	48	69	9	ND	3
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mg/l	11	18	7	ND	0
<i>E. coli</i>	UFC/100 mg/l	1	2	0	ND	0
Cloro residual	mg/l	NR	NR	NR	0.1	0.5-1.04

Se colectó una muestra de la llave (C2) se encontró presencia de coliformes totales y fecales. La cloración no está siendo totalmente efectiva ya que el cloro residual medido en la llave de la casa es de (0.1 mg/l) y la norma técnica de Honduras permite de 0.5 -1.04 mg/l. Desde el punto de vista bacteriológico el agua de las fuentes abastecedoras no es apta para consumo humano, debido a que las concentraciones encontradas están por encima de las normas establecidas por la OMS y la Norma técnica de Honduras.



**Mapa 8.** Concentración bacteriológica en los sitios analizados.

#### 4.3.10. Resultados de análisis de herbicidas triazinas

El control de malezas es una de las principales prácticas agronómicas que realizan los agricultores. Considerando las condiciones climáticas de la zona de Guaimaca (lluvias y luz) que favorecen la proliferación de malezas tanto de hoja ancha como gramíneas, se optó por analizar la presencia de trazas de estos compuestos en el agua. Se analizaron 10 herbicidas pertenecientes al grupo de las Triazinas (Ametrina, Atraton, Atrazinas, Cianazinas, Prometon, Prometrina, Propazina, Secbumeton, Simazina, Simetrina, Terbutilazina y Terbutrina). En los análisis

obtenidos no se encontró presencia de trazas de Triazina en ninguna de las muestras analizadas (Anexo 9), La no detección de trazas de triazinas en el área de estudio no significa precisamente que no exista algún tipo de contaminación, ya que factores como la época de aplicación de herbicidas, la cantidad e intensidad de lluvia, tipo de suelo, afectan de una u otra manera la concentración de estos químicos (UTN, 2020).

#### **4.3.11. Presencia de Arsénico en las fuentes**

En las muestras de agua tomadas de los tanques de distribución del sistema de agua que abastece a la ciudad de Guaimaca (T1 y T2), los resultados de arsénico total reportaron valores ligeramente superiores al valor guía establecido para consumo humano [10 µg/l; (Anexo 8); (OMS, 2011)]. en el tanque de distribución 1, el cual almacena y distribuye el agua que llega de la quebrada de La Marmajosa y de la quebrada de San Quín en la época lluviosa (11.15 µg/l); y en el tanque 2 (12.01 µg/l), donde se distribuye el agua proveniente de la quebrada de Lepaterique en la toma del Destino y del pozo perforado en época de verano.

#### **4.4. Análisis Completo del funcionamiento y el Estado Actual del Sistema de Abastecimiento de Agua de la Ciudad de Guaimaca.**

Después de hacer una compilación de la información existen en la Unidad Municipal Administradora del Servicio de Agua Potable se presentan los resultados del estado actual del funcionamiento del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable. La mayoría de las viviendas de la Ciudad de Guaimaca reciben el servicio de agua potable del prestador municipal, cuyo acueducto, es abastecido por diferentes fuentes, tres de ellas son superficiales y conducen el agua a los tanques de almacenamiento por gravedad y una fuente es subterránea que alimenta el tanque por bombeo, mismo que sólo opera en la época de verano. Todas las microcuencas están ubicadas en el municipio, Lepaterique, La Marmajosa y San Quín. Además de

la Ciudad de Guaimaca, de la microcuenca La Marmajosa se abastece la comunidad de La Mansión. De la microcuenca de Lepaterique en la toma de El Destino también se abastecen las comunidades de La Esmeralda, Los Menonitas, Las Marías y Puente Jalán, estos sistemas son administrados por Juntas de Agua. Como se puede observar en la Imagen 12, hay varios factores que amenazan la sostenibilidad del sistema actual de abastecimiento de agua de la Ciudad, estos factores son desde ambientales hasta de infraestructura y mantenimiento de este.



**Imagen 12.** factores que amenazan la sostenibilidad del sistema de agua, la deforestación (izquierda) y la contaminación (derecha).

#### 4.5. Resultados de la valoración del sistema de abastecimiento de Guaimaca.

##### 4.5.1. Valoración de la vulnerabilidad de la red de distribución de La Marmajosa.

Después de hacer una evaluación cualitativa (Imagen 13) y cuantitativa de cada uno de los componentes de las tres fuentes de captación de agua, y asignación una puntuación conforme los indicadores de la matriz de vulnerabilidad; se observa que en el sistema de distribución de la quebrada de La Marmajosa (Tabla 19) el componente de captación (14 puntos en total) y de almacenamiento (13 puntos en total) son altamente vulnerables. Mientras que los componentes de conducción (12 puntos en total) y la red de distribución (10 puntos en total) son de mediana vulnerabilidad. La sumatoria de todos los componentes es de 48 puntos, lo que indica una mediana vulnerabilidad con tendencia a alta. Los indicadores con mayor atención son las obras de protección y el estado de conservación de la infraestructura que obtuvieron los valores más altos al momento de la evaluación.



**Imagen 13.** Infraestructura de captación y condición de la Marmajosa.

**Tabla 19.** Valoración de la vulnerabilidad de la toma del sistema de la Marmajosa (EPILAS/UNC, 2005).

Indicadores	Componentes del Sistema de Agua				Total
	Captación	Conducción	Almacenamiento	Red de Distribución	
Estado de conservación	2	2	3	2	9
Tipo de suelo	2	2	1	2	7
Pendiente	3	1	2	1	7
Mantenimiento	2	2	2	1	7
Obras de protección	3	3	3	2	11
Nivel de organización	2	2	2	1	7
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>48</b>

POR COMPONENTE			POR SISTEMA		
CALIFICACIÓN		VALORACIÓN	CALIFICACIÓN		VALORACIÓN
I	Alta Vulnerabilidad	+ 13	I	Alta Vulnerabilidad	+ 49
II	Mediana Vulnerabilidad	7- 12	II	Mediana Vulnerabilidad	25 - 48
III	Baja Vulnerabilidad	0 - 6	III	Baja Vulnerabilidad	0 - 24

#### 4.5.2. Valoración de la vulnerabilidad de la quebrada de Lepaterique, en la toma del Destino.

Tabla 20 se reporta la evaluación de la vulnerabilidad para la quebrada de Lepaterique en la toma de El destino; los componentes del sistema (captación, conducción, almacenamiento y red de distribución) presentan un grado de vulnerabilidad media. También en la sumatoria de todos los componentes se refleja un grado medio de vulnerabilidad (37 puntos en total). El estado de conservación de la infraestructura y del área de captación, así como el tipo de suelo, el grado de pendiente y el mantenimiento del sistema hacen que estos indicadores sean evaluados con una vulnerabilidad baja. La vulnerabilidad media lo presentan la protección de las obras a las quebradas y el nivel de organización de los

administradores como de la población para conservar las quebradas. Como se puede observar (Imagen 14) la captación de agua de este sistema está totalmente expuesta a cualquier intervención de tipo natural y antropogénica debido a que no dispone de un cerco perimetral.



**Imagen 14.** Infraestructura de captación de Lepaterique en la toma del Destino.

**Tabla 20.** Valoración de la vulnerabilidad del sistema del Destino.

Indicadores	Componentes del Sistema de Agua				Total
	Captación	Conducción	almacenamiento	Red de Distribución	
Estado de conservación	1	1	2	1	5
Tipo de suelo	1	1	1	1	4
Pendiente	1	1	1	1	4
Mantenimiento	2	1	2	1	6
Obras de protección	3	3	2	2	10
Nivel de organización	2	2	2	2	8
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>37</b>

POR COMPONENTE	
CALIFICACIÓN	VALORACIÓN
I Alta Vulnerabilidad	> 13
II Mediana Vulnerabilidad	7 - 12
III Baja Vulnerabilidad	0 - 6

POR SISTEMA	
CALIFICACIÓN	VALORACIÓN
I Alta Vulnerabilidad	> 49
II Mediana Vulnerabilidad	25 - 48
III Baja Vulnerabilidad	0 - 24

#### 4.5.3. Valoración de la vulnerabilidad de la quebrada de San Quín.

El sistema de distribución de agua proveniente de la quebrada de San Quín fue de los primeros construidos. Como se observa en la Tabla 21, la vulnerabilidad de esta toma de agua fue valorada como medianamente vulnerable; el componente que presenta mayor problema es el tanque de almacenamiento, ya que el agua es llevada hasta uno de los tanques que presenta serios problemas de filtración debido a más de 59 años de funcionamiento. En el caso de los indicadores de vulnerabilidad; el tipo de suelo y pendiente en donde se ubica este sistema son elementos que favorecen el sistema de captación y distribución del agua en la Ciudad de Guaimaca. Esta captación de agua (Imagen 15) presenta una particularidad referente a las otras, la captación está construida en donde nace la quebrada, por esta razón está mejor conservada en cuanto a la cobertura vegetal y la no deforestación de las zonas aledañas a la misma.



**Imagen 15.** Infraestructura de captación de la toma de San Quín.

**Tabla 21.** Valoración del sistema de agua de San Quín.

Indicadores	Componentes del Sistema de Agua				Total
	Captación	Conducción	almacenamiento	Red de Distribución	
Estado de conservación	2	2	3	1	8
Tipo de suelo	1	1	2	2	6
Pendiente	1	1	2	1	5
Mantenimiento	2	2	3	2	9
Obras de protección	2	2	3	2	9
Nivel de organización	2	2	2	2	8
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>45</b>

POR COMPONENTE		
CALIFICACIÓN		VALORACIÓN
I	Alta Vulnerabilidad	+ 13
II	Mediana Vulnerabilidad	7- 12
III	Baja Vulnerabilidad	0 - 6

POR SISTEMA		
CALIFICACIÓN		VALORACIÓN
I	Alta Vulnerabilidad	+ 49
II	Mediana Vulnerabilidad	25 - 48
III	Baja Vulnerabilidad	0 - 24

#### 4.5.4. Valoración total de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad de Guaimaca.

Al hacer la ponderación para estimar la vulnerabilidad de todo el sistema de agua que abastece la ciudad de Guaimaca, se observa que el sistema es altamente vulnerable (Tabla 22); los componentes que más contribuyen a esta vulnerabilidad son la captación (Imagen 16), debido a que no tiene un sistema de rejillas para retener sólidos de un diámetro considerable, por lo que continuamente se llenan de sedimento evitando el normal funcionamiento del sistema. La mayor parte de la tubería de conducción principal ya cumplió con el periodo de vida útil, sumado a esto, al largo tramo de tubería principal y secundaria con que cuenta el sistema; la conducción es otro de los componentes valorados como altamente vulnerables en el sistema. Por otro lado, las considerables fisuras en el tanque de distribución (Imagen 16), la limitada capacidad de almacenamiento es uno componente de alto grado de vulnerabilidad del sistema de agua potable, además que representa un riesgo latente a la integridad física de las personas que operan el sistema.



**Imagen 16.** Condiciones actuales de la captación y distribución del sistema de agua de Guaimaca.

**Tabla 22.** Valoración total de la vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de agua de la Ciudad de Guaimaca.

Indicadores	Componentes del Sistema de Agua				Total
	Captación	Conducción	almacenamiento	Red de Distribución	
Estado de conservación	2	3	3	2	10
Tipo de suelo	2	2	1	2	7
Pendiente	2	2	2	2	8
Mantenimiento	3	2	2	2	9
Obras de protección	3	2	3	1	9
Nivel de organización	2	2	2	1	7
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>50</b>

POR COMPONENTE			POR SISTEMA		
CALIFICACIÓN		VALORACIÓN	CALIFICACIÓN		VALORACIÓN
I	Alta Vulnerabilidad	+ 13	I	Alta Vulnerabilidad	+ 49
II	Mediana Vulnerabilidad	7- 12	II	Mediana Vulnerabilidad	25 - 48
III	Baja Vulnerabilidad	0 - 6	III	Baja Vulnerabilidad	0 - 24

## V. CONCLUSIONES

1. La población de la ciudad de Guaimaca reconoce la necesidad de contribuir con la mejora del suministro de agua potable y del servicio de alcantarillado, como temas prioritarios de la agenda municipal.
2. La disponibilidad de agua para consumo humano en el sistema de Guaimaca, está vinculado a un déficit económico del agua, asociado con la ineficiente infraestructura para captar, almacenar y distribuir agua, así como la falta de alternativas de almacenamiento y cosecha de agua en época de invierno.
3. Las principales actividades económicas y el crecimiento demográfico del municipio de Guaimaca son los factores predominantes para el descenso de los caudales de las quebradas, los que dependen de la precipitación.
4. De acuerdo con la NTH, las aguas son aptas para consumo humano desde el punto de vista fisicoquímico, bacteriológico y triazinas; excepto en invierno por el alto contenido de sólidos que afecta su calidad organoléptica.
5. En cuanto a la presencia de arsénico total en el agua proveniente de las tres quebradas y almacenadas en los tanques 1 y 2, superó los valores guía admisibles para consumo humano establecidos por la OMS (2011).
6. La valoración global del sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Guaimaca presenta una alta vulnerabilidad, asociado a la falta de gobernanza, decisiones técnicas, infraestructura obsoleta, y a factores antropogénicos y biofísicos.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Organizar Comités de Agua Potable y Saneamiento por comunidad, con el fin de involucrar, capacitar y empoderar a los actores locales en la Gestión del Recurso Hídrico.
2. Implementar obras para cosecha de agua, y considerar la explotación sostenible de la cuenca, como alternativa de suministro durante la época seca.
3. Realizar análisis de arsénico en las nacientes de agua y en el agua subterránea, para localizar la fuente de origen de este metaloide; y proponer un sistema viable de remoción de arsénico para la salud de la población.
4. Gestionar proyectos dirigidos a mejorar la infraestructura y los sistemas de tratamiento para el suministro de agua de la ciudad de Guaimaca.
5. Determinar las inconsistencias técnicas que contribuyen a que el sistema de abastecimiento sea deficiente, para contribuir a sectorizar de manera equitativa la red de distribución por distritos

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Mundial para el agua, Centroamérica GWP. (2015). *Situación de los recursos hídricos en Centroamérica*. Honduras: GWP. Recuperado el 10 de mayo de 2020, de [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam\\_files/srh\\_honduras\\_2016.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/srh_honduras_2016.pdf)
- Ballesteros, M. (2016). Situación de los recursos Hídricos en Centroamérica. *Entre Aguas*, 11(1), 6. Recuperado el 20 de mayo de 2020, de [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam\\_files/entreaguas1-11.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/entreaguas1-11.pdf)
- Biodiversidad, P. d. (2020). Recuperado el 2020, de [http://chmhonduras.org/phocadownloadpap/Ramsar/Humedales/caudal\\_ecologico/Caudal%20Ecologico%20NACAOME%20Segovia.pdf](http://chmhonduras.org/phocadownloadpap/Ramsar/Humedales/caudal_ecologico/Caudal%20Ecologico%20NACAOME%20Segovia.pdf)
- Bolaños, E. (2012). *Muestra y Muestreo*. Presentación, Universidad Autónoma de Hidalgo, Mexico. Recuperado el 2017, de Bolaños Rodríguez, E. (2012). *Muestra y Muestreo*. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado de [http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/](http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/)
- CAPRE. (1994). *Normas de Calidad de Agua para consumo humano*. San José.
- CEAH. (2006). *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Guaimaca*. Guaimaca: Centro de Estudios Ambientales .
- Chavarría, J. (2009). "Evaluación del sistema de agua potable de la Ciudad de Catacamas, Olancho". Tegucigalpa : UNAH.
- COFINSA. (2005). *Elaboración de Diagnóstico y Formulación de Planes de Asistencia Municipal*. Guaimaca.
- Cruz, E. (2011). *Compendio de leyes ambientales de Honduras*. Obtenido de [www.aquapedia.org](http://www.aquapedia.org): [https://www.google.com/search?ei=r501XrXAG7KA5wLfi5bIBw&q=decreto+legislativo+87+87+areas+protegidas+honduras&oq=decreto+legislativo+87+87%2C+areas+protegidas&gs\\_l=psy-ab.1.0.33i160.14651.20729..22995...0.0..0.447.4942.0j19j5j1j1.....0....1.gws-wiz.....](https://www.google.com/search?ei=r501XrXAG7KA5wLfi5bIBw&q=decreto+legislativo+87+87+areas+protegidas+honduras&oq=decreto+legislativo+87+87%2C+areas+protegidas&gs_l=psy-ab.1.0.33i160.14651.20729..22995...0.0..0.447.4942.0j19j5j1j1.....0....1.gws-wiz.....)
- Daza, F. (2012). *Métodos Geoeléctricos aplicados a la exploración de aguas subterráneas y termales* . Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, universidad de Concepción, Chile.

- De Sousa, C., Correia, A., & Colmenares, M. (2010). Corrosión e incrustaciones en los sistemas de distribución de agua potable. *SciELO*(50).
- DGRH. (Abril de 2016). Base de datos Meteorológicos. Tegucigalpa, Francisco Morazán.
- DGRH. (2017). *Aguas de Honduras*. Obtenido de <https://aguadehonduras.gob.hn/delimitacioneshonduras/>
- Dorrosoro, C. (2001). *Contaminación del suelo por sales solubles*. Granada: Universidad de Granada.
- EPA. (2017). *Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/contaminacion-por-nutrientes>
- EPILAS/UNC. (2005). *Sostenibilidad de los sistemas de Agua Potable y Saneamiento frente a esastres Naturales*. Colombia. Obtenido de [http://bvsper.paho.org/share/ETRAS/AyS/cursoa\\_desastres/diplomado/curso1/guia.pdf](http://bvsper.paho.org/share/ETRAS/AyS/cursoa_desastres/diplomado/curso1/guia.pdf)
- ERSAPS. (2011). Obtenido de <http://www.ersaps.hn/nosotros.html>
- ERSAPS. (2019). Obtenido de <http://www.ersaps.hn/leyes.html>
- FAO. (1969). *Suelos de Honduras*.
- Finkelman. (1994). *Modes of occurrence of potentially hazardous elements in coal: levels of confidence*.
- Gobierno de Honduras. (2010). *Plan de nación, república de Honduras*. Tegucigalpa: Gobierno de Honduras. Recuperado el 6 de mayo de 2020
- Gómez, J. (2001). *CEPAL*. Recuperado el marzo de 2019, de <http://www.Cepal.org/publicaciones/xml/3/8283/jigomez.pdf>
- Hargreaves, G., & Samani, Z. (1985). Crop evapotranspiration from ambient air temperature. *Soc. Agric.*
- Honduras, L. G. (2009). *Reglamento especial*. Tegucigalpa: La Gaceta.
- Honduras, L. g. (14 de Diciembre de 2009). Reglamento general de la Ley General de Agua de Honduras. Tegucigal: La Gaceta.

- Hutchinson. (1957). *Limnología Aplicada y Calidad de Agua*. Argentina: Instituto Nacional del Agua.
- ICF. (2013). *Plan de conservación de la reserva Biológica Misoco*. Guaimaca.
- ICF-FORCUENCAS. (julio de 2010). 2010. Obtenido de Cuencas del golfo de Fonseca: <https://cuencasgolfodefonseca.org/wp-content/uploads/2017/11/Estrategia-Nacional-de-Cuencas.pdf>
- IMB. (2009). *IBM support*. Obtenido de <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>
- INE. (2013). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de <https://www.ine.gob.hn/V3/seccion/francisco-morazan/>
- Internacional-AVINA, CARE. (2012). *Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Cap 5. Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable*.
- Leiva, A. (2010). *Caracterización del agua en el ciclo de consumos del Municipio de Guaimaca*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/543/1/IAD-2010-T015.pdf>
- MANOFM. (2012). *Informe Hidrogeológico de la Ciudad de Guaimaca*. Guaimaca .
- Martínez, M., Fernández , D., Castillo, R., & Uribe, D. (2012). Recuperado el junio de 2019, de Martínez M. Fernández D. 2012. Líneas de conducción por gravedad ( en línea ) SAGRAPA. P. 30.
- Moreno, R. (2015). *Plan de acción para la Delimitación de la Microcuenca La Marmajosa*. Guaimaca: ICF.
- NTH. (1995). *Norma Técnica de Agua Potable y Saneamiento de Honduras*.
- Núñez, S. (2016). El agua como bien económico. *Entre aguas*, 11(1), 3. Recuperado el 20 de mes de 2020, de [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam\\_files/entreaguas1-11.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/entreaguas1-11.pdf)
- OMS. (2003b). *Guías para calidad de agua potable*.
- OMS. (2011). *Guías para la Calidad del Agua de Consumo Humano*. 4a. Edición que incorpora la primera ADENDA, Ginebra.

- OMS. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. Guías , Ginebra. doi:ISBN 978-92-4- 354995-8
- OPS, CEFIS, & UNATSABAR. (2005). *Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua*. OPS, Lima. Recuperado el Noviembre de 2018, de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS%202005b.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005b.%20Dise%C3%B1o%20de%20redes%20de%20distribuci%C3%B3n.pdf)
- (2003). OPS-OMS.
- Ordóñez, J. (2011). Balance Hídrico. En S. G. Perú, *Cartilla Técnica* (Primera ed.). Lima. Obtenido de [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/balance\\_hidrico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf)
- PATMUNI' s. (2005). *Planes de asistencia técnica Municipal*. Guaimaca.
- PDM. (2004). Guaimaca.
- PDM. (2015). *Planes de Desarrollo Municipal de Guaimaca*. Guaimaca.
- Pérez, B., Álvarez , J., Brito , B., & Delgado , M. (2003). *Convenio para la realización de trabajos y actividades de coope*. CEDEX, Tegucigalpa. Recuperado el 16 de abril de 2020, de [https://www.researchgate.net/publication/258291968\\_Balance\\_Hidrico\\_en\\_Honduras](https://www.researchgate.net/publication/258291968_Balance_Hidrico_en_Honduras)
- Pérez, F. (2001). (U. P. Colombia, Editor) Recuperado el Noviembre de 2018, de [https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6010/mod\\_resource/content/1/Tema\\_02\\_CAPT\\_AGUAS\\_SUP.pdf](https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6010/mod_resource/content/1/Tema_02_CAPT_AGUAS_SUP.pdf)
- Portal de Biodiversidad Biológica. (s.f.). Recuperado el 20 de enero de 2020, de [http://chmhonduras.org/phocadownloadpap/Ramsar/Humedales/caudal\\_ecologico/Caudal%20Ecologico%20NACAOME%20Segovia.pdf](http://chmhonduras.org/phocadownloadpap/Ramsar/Humedales/caudal_ecologico/Caudal%20Ecologico%20NACAOME%20Segovia.pdf)
- Pradillo, B. (12 de Septiembre de 2019). *iagua.es*. Recuperado el 20 de Mayo de 2020, de <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- Productores. (Septiembre de 2015). Productos químicos que más utilizan en la zona. (M. Ortiz, Entrevistador)
- Ramírez, A. (21 de Agosto de 2019). Crisis de los recursos hidricos en Centroamerica. *Forbes*, 2. Obtenido de <https://forbescentroamerica.com/2019/08/21/crisis-de-los-recursos-hidricos-en-centroamerica/>

- Ramírez, R. G. (2008). *Fundamentos de Limnología neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquía.
- Rawson . (1951). *Sólidos disueltos totales*.
- Sánchez, J. (2017). *Hidrología Superficial y Subterránea*. España: Createspace Independent .
- SINIMUN. (2015). *Diagnóstico Socioeconómico del Municipio de Guaimaca*. Guaimaca: Sistema de Información Municipal.
- Soto, J. (2009). La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. (UNAM, Ed.) *SciELO*(Vol.XI.Núm.2), 11. Recuperado el 20 de mayo de 2020, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v11n2/v11n2a4.pdf>
- Tenorio, E. (2017). *Introducción a Temática de la Calidad del Agua*. Tegucigalpa.
- Tincopa, J. (2005). *La Calidad del agua*. Lima.
- UMASAG, G. (julio de 2016). Unidad Municipal de Agua y Saneamiento de Guaimaca. (M. Ortiz, Entrevistador)
- UNESCO. (2005). *Portal.unesco.org*. Obtenido de [http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL\\_ID=30103&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=30103&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html).
- UNESCO. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*Esta. París: UNESCO.
- Universidad de Antioquía. (2004). Obtenido de <http://www.geocities.ws/edrochac/sanitaria/pagina1.htm>
- UTN. (2020). *Evaluación de la toxicidad del agua y sedimento provenientes de afluentes en cultivo de caña*. Investigación, Universidad Tecnológica Nacional de Guanacaste, Guanacaste. Recuperado el 08 de Agosto de 2020, de [https://issuu.com/invesytransfeguanacaste/docs/evaluaci\\_n\\_de\\_la\\_ecotoxicidad\\_del\\_agua](https://issuu.com/invesytransfeguanacaste/docs/evaluaci_n_de_la_ecotoxicidad_del_agua)
- Vaquero, R. (2008). *Manual de agua para riego*. San José, CR: EARTH, university.
- Zarco , A., Lima, A., & López, Y. (2005). Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/read/14838769/calidad-microbiologica-del-agua>

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Formato de encuesta aplicada

Colonia			
	Fecha		
	Masculina		
	Femenina		
Nº	Descripción de la variable	Categorías	código
1.	Tipo de calle		
1.1	Tipo de Calle	Vía adecuada para que pasen los vehículos	[ 1 ]
		Camino o vereda/callejón, donde pasan vehículos	[ 2 ]
1.2	Superficie de calle	Pavimentada (asfaltada, concreto)	[ 1 ]
		Empedrada o similar	[ 2 ]
		Tierra	[ 3 ]
1.3	La calle tiene alumbrado público	Sí (funciona)	[ 1 ]
		Sí (no funciona)	[ 2 ]
		No	[ 3 ]
1.4	El estado de la casa	Bueno	[ 1 ]
		Regular	[ 2 ]
		Malo	[ 3 ]
		Sin terminar	[ 4 ]
Datos personales y socioculturales			
Nº	Descripción de la variable	Categorías	código
2.1	Sexo del entrevistado	Masculino	[ 1 ]
		Femenino	[ 2 ]
2.2	Edad	_____Años	
2.3	Nivel de estudio	Primaria	[ 1 ]
		Secundaria	[ 2 ]
		Técnico	[ 3 ]
		Universitario	[ 4 ]
2.4	¿Dónde trabaja?	_____	
3. Datos demográficos y socioeconómicos			
Nº	Descripción de la Variable	Categorías	Código
3.1	¿Cuántas personas viven en esta casa?	Total_____	

## Anexo 2. Procedimiento para determina la evapotranspiración Potencial

Cálculo de la Evapotranspiración Potencial mediante la fórmula de Hargreaves							
NUMERO	ESTACION	CUENCA	Latitud	Longitud	#	Parámetros	
	Guaimaca	Guaimaca	14° 31' 60"N.	86° 49' 0".		P T.	
La fórmula de Hargreaves (Hargreaves y Samani, 1985) para evaluar la Evapotranspiración Potencial1 necesita solamente datos de temperaturas y de Radiación Solar.							
La expresión general es la siguiente:							
<b>ET0 = 0,0135 (tmed + 17,78) Rs (1)</b>							
donde: ET0 = evapotranspiración potencial diaria, mm/día							
tmed = temperatura media, °C							
Rs = radiación solar incidente, convertida en mm/día							
Fórmula aplicada (Samani, 2000): <b>Rs = Ro * KT * (tmáx. - t mín.)<sup>1/2</sup></b>							
Ro = Radiación solar extraterrestre para los 09 grados de latitud norte (mm/d)							
KT = Coeficiente = <b>0,18</b> para regiones entre el interior y la costa							
t mx. = Temperatura diaria máxima en °C obtenida de la Estación:							
t mín. = Temperatura mínima diaria en °C obtenida de la Estación:							
Ro: Constante de conversión: 0,408 (MJ/m <sup>2</sup> /d * 0,408 = mm/d )							
Rs = Radiación solar incidente en mm/d							
MES	Ro (MJ/m <sup>2</sup> /d)	Ro (mm/d)	(Tmax. - T mín.) <sup>1/2</sup>	Rs (mm/d)	Tmax °C	Tmin °C	T med
Noviembre	32	13.06	3.16	7.84	26	16	21.0
Diciembre	35	14.28	3.46	9.40	26	14	20.0
Enero	37	15.10	3.32	9.51	26	15	20.5
Febrero	37.9	15.46	3.61	10.59	29	16	22.5
Marzo	37.5	15.30	3.61	10.48	31	18	24.5
Abril	36.8	15.01	3.61	10.29	34	21	27.5
Mayo	37	15.10	3.46	9.94	31	19	25.0
Junio	37.4	15.26	3.16	9.17	28	18	23.0
Julio	37.1	15.14	3.00	8.63	28	19	23.5
Agosto	35.2	14.36	3.16	8.63	29	19	24.0
Septiembre	32.6	13.30	3.46	8.75	29	17	23.0
Octubre	31.5	12.85	3.16	7.72	27	17	22.0

<b>CÁLCULO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL PARA LOS 09 °C</b>						
<b>DE LATITUD NORTE MEDIANTE LA FÓRMULA DE HARGREAVES</b>						
<b>SITIO: GUAIMACA</b>						
Fórmula de Hargreaves aplicada: <b><math>ET_o = 0,0135 * (t_{med} + 17,78) R_s</math></b>						
ET <sub>o</sub> = Evapotranspiración potencial diaria en mm/día						
t med. = Temperatura media en °C del municipio de Guaimaca						
R <sub>s</sub> = Radiación solar incidente en mm/d calculada del cuadro anterior.						
<b>- CÁLCULO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL</b>						
MES	t med. ( °C )	0,0135*(t med.+17,78 )	R <sub>s</sub> ( mm/día )	ET <sub>o</sub> diaria ( mm/día )	Días del mes	ET <sub>o</sub> mensual (mm/día)
Nov. 2015	21.00	0.524	7.84	4.11	30	123.20
Dic 2016	20.00	0.510	9.40	4.79	31	148.60
Enero 2016	20.50	0.517	9.51	4.92	31	152.40
Feb 2016	22.50	0.618	10.59	2.55	29	73.95
Marzo 2016	24.50	0.605	10.48	2.48	31	76.88
Abril 2016	27.50	0.605	10.29	2.43	30	72.90
Mayo 2016	25.00	0.605	9.94	2.44	31	75.64
Junio2016	23.00	0.605	9.17	2.47	30	74.10
Julio 2016	23.50	0.605	8.63	2.46	31	76.26
Ago. 2016	24.00	0.564	8.63	4.87	30	146.01
Sep. 2016	23.00	0.591	8.75	2.10	31	65.10
Oct 2016	22.00	0.605	7.72	2.08	30	62.40
TOTAL, ANUAL =						1147.45

### Anexo 3. Estimación de Evapotranspiración Real.

Textura de suelo =	cm/h	Franco Arcilloso			P = precipitación media del sector	1945
Capac.infiltrac.(Fc) =	1.2	<b>288</b>	mm/d		Cf = coeficiente de infiltración	0.8
Capac.campo(CC) [%]=	27 CCp	37.2	186	mm	Pi = precipitación que infiltra	
Pto.marchitez(PM)[%]=	13 PMp	<b>18</b>	90	mm	Pe = precipitación que escurre	
Prof.raíces media(mm)=			<b>500</b>	mm	ETP = evapotranspiración potencial	1147.5
CC-PM=	mm				HSi = humedad de suelo inicial	
<b>CCv = CCp * γ muestra</b>					AgD = agua disponible después de ETP	
Peso específico = γ =	1.2				HSf = humedad de suelo final	
<b>Zona de balance hídrico de suelos:</b>					DCC = déficit de capacidad de campo	
<b>Suelo residual en cerros y Cf calculado</b>					Rp = recarga potencial al acuífero	
					ETR = evapotranspiración real	
					NR = necesidad de riego	

Variables	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	septiembre	Octubre	Noviembre
P (mm)	130	62	60	52	50	125	120	167	215	278	306	380
Cf (mm)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Pi (mm)	119.5	57.0	55.2	47.8	46.0	114.9	110.3	153.5	197.6	255.6	281.3	349.3
Pe (mm)	10.5	5.0	4.8	4.2	4.0	10.1	9.7	13.5	17.4	22.4	24.7	30.7
Pe(m3/ha)	104.9	50.0	48.4	42.0	40.4	100.9	96.8	134.8	173.5	224.3	246.9	306.7
ETP(mm)	148.6	152.4	73.95	76.9	72.9	75.6	74.1	76.3	146	65.1	62.4	123.2
HSi(mm)	108.0	82.5	0.0	0.0	6.4	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0
AgD(mm)	-29.1	-95.4	-18.8	-29.1	-26.9	39.3	36.2	77.2	51.6	190.5	218.9	226.1
HSf(mm)	82.5	0.0	0.0	6.4	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0	108.0
cHS (mm)	-25.5	-82.5	0.0	6.4	101.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DCC(mm)	25.5	108.0	108.0	101.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rp(mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	378.7	429.5	263.7	358.3	529.7	682.9	136.0	38.9
Rp(m3/ha)	0.0	0.0	0.0	0.0	3786.8	4295.4	2637.0	3582.6	5297.1	6829.4	1359.7	388.7
ETR(mm)	64.0	62.0	51.0	62.0	76.9	72.9	75.6	58.0	56.1	159.4	63.0	64.5
NR(mm)	25.5	108.0	108.0	101.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Anexo 3. Parámetros físico químicos (OD,pH,CE) mensuales medidos en los siete (noviembre 2015 a octubre 2016)**

OD	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
<b>M1</b>	7.00	6.30	5.75	6.90	6.50	5.50	6.30	6.58	6.03	5.98	6.64	5.40
<b>S1</b>	6.60	6.40	6.48	6.61	7.07	5.32	6.32	6.40	6.30	5.74	5.62	5.43
<b>D1</b>	6.27	5.80	4.95	7.28	5.85	4.96	5.93	6.40	6.16	5.97	5.87	4.75
<b>T1</b>	7.17	6.20	6.32	6.30	6.42	5.11	5.60	5.93	5.76	5.15	5.23	4.87
T2	6.23	6.11	6.59	6.41	6.36	4.98	6.20	6.43	6.23	6.16	5.56	5.86
C2	6.25	6.16	5.51	7.47	6.75	4.83	5.70	6.10	5.27	6.10	5.58	5.75
<b>C1</b>	7.16	6.00	6.10	6.20	6.15	4.88	5.10	5.80	5.73	5.25	5.25	5.00

pH	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	abril	Mayo	Junio	julio	agosto	septiembre	octubre
<b>M1</b>	7.94	7.79	6.86	7.5	7.34	7.5	7	6.95	7.21	7.3	6.67	6.32
<b>S1</b>	7.9	7.75	6.33	6.83	6.66	7.72	6.6	6.26	7.5	7.66	7.56	6.57
<b>D1</b>	8.21	8.28	7.61	7.97	7.73	8.11	7.8	7.61	7.89	8.02	7.56	7.62
<b>T1</b>	7.46	7.61	5.95	6.8	7.58	7.61	7.4	6.61	7.26	7.42	6.98	6.44
T2	7.8	7.9	7.73	7.9	7.97	7.86	7.25	6.43	7.23	7.21	6.85	6.1
C2	7.9	7.8	7.62	7.83	7.85	7.54	7.3	7.2	7.21	7.4	7.49	6.41
<b>C1</b>	7.3	7.6	7.74	7.9	7.83	7.73	7.43	7.5	7.3	7.1	7.81	6.15

CE	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
<b>M1</b>	113.4	83.44	78	84.9	68.1	92.1	94.3	92.4	88	126.67	145.93	135.12
<b>S1</b>	88	72.5	54.4	52.2	56.8	62.4	60.2	52	60.87	76.42	78.94	95.88
<b>D1</b>	274.16	284.7	224.3	329.5	369.2	384.3	367.18	237.5	247.7	347.15	417.12	387.16
<b>T1</b>	92.66	59.4	39	55.6	66.2	115.4	140.93	165.2	80.9	90.32	99.89	107.06
T2	259	296.3	268.6	260	256.8	358.6	284.34	194.7	197.06	245.9	329.7	386
C2	290	304.2	279	271.4	264.8	205.3	230.43	164.7	185	238.76	330.43	381.88
<b>C1</b>	58	51	45	57.4	70.3	123.5	114.16	100.2	77.22	87.05	89.96	93.24

#### Anexo 4. Aldeas y Caseríos del Municipio de Guaimaca.

No	Aldeas	No	Aldeas	No	Caseríos	No	Caseríos
1	Casas viejas	24	La Laguna	1	Pueblo Viejo	24	El Chaguitillo
2	Cerro Bonito	25	Río Abajo	2	Calona	25	Las Tunas
3	Marquito	26	Sabana Grande	3	El Aguacatillo	26	Las Pilas
4	El tomate	27	San José	4	Misisipi	27	Guamiles
5	Gónez	28	San Marcos	5	Sansón	28	El Cangrejo
6	El Aserradero	29	San Quín	6	La Herradura	29	El Naranja
7	Piñuelas	30	La Cabaña	7	La Rampla	30	Buena Vista
8	Agua Fría	31	Bijagual	8	Monte Galán	31	La Peñita
9	Guaracacal	32	Las Cañas	9	El Blanco	32	San Cristóbal
10	Caulote	33	San Cristóbal	10	Las Uvas	33	El Paraíso
11	Santa Inés	34	El Cairo	11	Las Marías	34	El Aguacatal
12	El Majastre	35	El Zarzal	12	El Danto	35	El Matasano
13	Tumba	36	Cabecera	13	Cañada de Flores	36	Pacaya
14	Santa Elena	37	Almendárez	14	Colina	37	Hato Nuevo
15	El Zapote	38	La Patastera	15	Colonia Soto	38	La Laguna
16	El Portillo	39	La Unión	16	La Estancia	39	Misoco
17	Rueda de Tejas	40	Guarlaca	17	Casa Blanca	40	Los Higüeros
18	El Arenal	41	El Destino	18	Las Delicias	41	Pozo Brujo
19	Piedras de Afilar	42	Buenos Aires	19	El Carrizal	42	El Coyol
20	Los Jobos	43	Nueva Esmeralda	20	San Marcos de Neda	43	La Huerta
21	Los Leones	44	Cruz Chiquita	21	San Diego	44	El Guano
22	El Chelón	45	La Guadalupe	22	La Colmena	45	El Relámpago
			Zacateras	23	El Guanacaste		

#### Barrios y Colonias de la Ciudad de Guaimaca

Número	Barrio	Número	Colonia
1	Barrio Abajo	1	Colonia Miraflores
2	Barrio Arriba	2	Colonia Alemania
3	Barrio El Centro	3	Colonia Llanos de Figueroa
4	Barrio Monte Rey	4	Colonia Los Laureles
5	Barrio Suyapa	5	Colonia Santa Fe
6	Barrio San José de Suyapa	6	Colonia María Elisa Vargas
7	Barrio El Ocote	7	Colonia Santa Rosa de Lima
8	Barrio Plaza Nueva	8	Colonia Samayoa
		9	Colonia 21 de noviembre
		10	Colonia Municipal
		11	Colonia Víctor Manuel Ferrera

12	Colonia San Juan
13	Colonia Víctor López
14	Colonia Francisco Rosales
15	Colonia Bella Vista 1
16	Colonia Bella Vista 2
17	Colonia Peralta
18	Colonia Brisas de Guaimaca
19	Colonia Nueva Esperanza
20	Colonia Menonita
21	Colonia Monterrey

---

#### **Desarrollo de la Ciudad de Guaimaca**

Según el Informe de Desarrollo Humano año 2003 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el IDH (Índice de Desarrollo Humano) del Departamento de Francisco Morazán es de 0.748, en el municipio de Guaimaca este mismo indicador se ubica en 0.663. El índice de pobreza humana para el departamento de Francisco Morazán (2003) fue 18.9%, ocupando el municipio de Guaimaca el lugar No. 67 en el país, lo que indica que a pesar de ser uno de los trece municipios del departamento que presenta indicadores de desarrollo importantes, todavía persisten condiciones desfavorables en cuanto a la cobertura de algunos servicios básicos, así como la salud y la educación (COFINSA, 2005).

El territorio hondureño está conformado por 25 cuencas hidrográficas de las cuales. La disponibilidad hídrica por habitante es aproximadamente de 15,211 m<sup>3</sup>/habitante/año para una población total de 8.6 millones de habitantes, con una tasa de crecimiento de 2,38 % en el 2013 por año y una densidad poblacional relativamente baja de 60 personas por km<sup>2</sup>. No obstante 3 de cada 10 hondureños no tienen acceso a agua potable (Revista digital. 2015).

**Anexo 5. Resultados del análisis fisicoquímico-realizados en el SANAA**



**SERVICIO AUTÓNOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**  
**LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD – DIVISION METROPOLITANA**  
 Col. Villa Los Laureles, 1,5 km carretera al Seminario Mayor, Comayagüela, MDC  
 Tel/fax: 227-4498

**INFORME DE RESULTADOS FISICOQUIMICOS**  
**RTL-33-01**

No de Informe: 1488

No de Solicitud: 596

DATOS DEL CLIENTE	
Nombre	MARIA RUBENIA ORTIZ
Proyecto	
Dirección	GUAIMACA - FRANCISCO MORAZAN
Teléfono/fax:	8753-7275
Correo Electrónico	

DATOS DEL MUESTREO				
Fuente	DESTINO			
Localidad				
Tomada por	MARIA RUBENIA ORTIZ			
Fecha/Hora	04-12-2015/ HORA: 11:07 AM			
Tipo de Muestra	AC	AT	AR	PZ
Entregada por	MARIA RUBENIA ORTIZ/04-12-2015/ HORA:03:12 PM			
Datos de Campo	T°	Cl	pH	ODis
Condiciones Ambientales				
Observaciones	TEMPERATURA DE LA MUESTRA AL LLEGAR AL LABORATORIO FQ = 9,3			

CONDICIONES AMBIENTALES DEL ANÁLISIS	
Area	FISICOQUIMICO
Fecha	11-12-2015
T°	22,5°C
Humedad	71%
Observaciones	

**Observaciones:** De acuerdo a los parámetros analizados desde el punto de vista Físico Químico esta muestra presenta valores dentro de lo establecido por la norma técnica nacional para la calidad del agua potable vigente bajo decreto #084 del 31 de julio de 1995.



**SERVICIO AUTÓNOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**  
**LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD – DIVISION METROPOLITANA**  
 Col. Villa Los Laureles, 1,5 km carretera al Seminario Mayor, Comayagüela, MDC  
 Tel/Fax: 227-4498

**INFORME DE RESULTADOS FISICOQUIMICOS**  
**RTL-33-01**

No de Informe: **1488**

No de Solicitud: **596**

ANÁLISIS FÍSICOS				
Parámetro	Método	*Norma	Resultado	*Ue
Turbiedad (NTU)	Parte 2130B	5	7,06	
Color (UC)	Parte 2120B	15	12,50	
Temperatura (°C)	Parte 2550B	18 - 30		
Olor	-	Inodoro		

ANÁLISIS QUÍMICOS				
Parámetro	Método	*Norma (mg/L)	Resultado	*Ue
pH	Parte 4500H*B	6,5 - 8,5	8,28	
Cloro residual	Colorimétrico con ortotolidina	0,5 - 1,0		
Conductividad	Parte 2510B	400 µs/cm	284,00	
Alcalinidad total	Parte 2320B	-		
Bicarbonatos	Parte 2320B	-		
Carbonatos	Parte 2320B	-		
Hidróxidos	Parte 2320B	-		
Acidez				
Dureza total	Parte 2340	400	134,64	
Dureza de Calcio	Parte 2340	-	114,84	
Dureza de Magnesio	Parte 2340	-	19,80	
Calcio		100	45,93	
Magnesio		30	4,81	
Sulfato	Parte 4500-SO <sub>4</sub> E	250	<10	
*o-fosfatos	Parte 365,3	-	0,77	
Cloruros	Parte 4500Cl C	250	2,06	
Hierro total	Parte 3 500-FeD	0,3		
Manganeso	MERCK 14770	0,5		
Aluminio	Parte 3500-Al-D	0,2		
Fósforo	Parte 4500-P-E	-		
Flúor	Parte 4500 FC	0,7 - 1,5	0,21	
*Nitratos	Parte 352,1	50		
*Nitrítos	Parte 354,1	0,1 - 3,0	0,01	
*Nitrógeno amoniacal	Parte 350,2	0,5	0,10	
Materia Orgánica	Volúmetrico con KmnO <sub>4</sub> DE-07-43			
Oxígeno disuelto	Parte 4500 OG	6 - 8		
DBO <sub>5</sub>	Parte 5210B	50		
DQO	Parte 5220D	200		
CO <sub>2</sub>	Volúmetrico con Caldo Básico DE-07-43	-		
P. Fluoresceína	Colorimétrico	-		
Sólidos totales	Parte 2540B	1 000		
Sólidos suspendidos	Parte 2540D	-		
Sólidos sedimentables	Cono Imhoff	-	0,00	
Sólidos totales disueltos		-	142,00	

\* Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 19 Ed (DE-05-01)

\* Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (DE-04-01)

\* Methods for Chemical Analysis of Water and Waste EPA (DE-05-05)

Ue = Incerfidumbre Expandida

Dra. Claudia S. Lagos  
 Analista Química

Dra. Lourdes P. Reyes  
 Jefe de Control de Calidad

Se prohíbe la reproducción de este informe en forma parcial sin la aprobación escrita del Jefe de Laboratorio



**SERVICIO AUTÓNOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**  
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD – DIVISION METROPOLITANA  
Col. Villa Los Laureles, 1,5 km carretera al Seminario Mayor, Comayagüela, MDC  
Tel/fax: 227-4498

**INFORME DE RESULTADOS FISICOQUIMICOS**

RTL-33-01

No de Informe: 1490

No de Solicitud: 596

DATOS DEL CUENTE	
Nombre	MARIA RUBENIA ORTIZ
Proyecto	
Dirección	GUAIMACA - FRANCISCO MORAZAN
Teléfono/fax:	8753-7275
Correo Electrónico	

DATOS DEL MUESTREO					
Fuente	PILA #2				
Localidad					
Tomada por	MARIA RUBENIA ORTIZ				
Fecha/Hora	04-12-2015/ HORA: 12:30 AM				
Tipo de Muestra	AC	AT	AR	PZ	
Entregada por	MARIA RUBENIA ORTIZ/4-12-2015/ HORA:03:12 PM				
Datos de Campo	T°	Cl	pH	ODis	Otros
Condiciones Ambientales					
Observaciones	TEMPERATURA DE LA MUESTRA AL LLEGAR AL LABORATORIO FQ = 11,0				

CONDICIONES AMBIENTALES DEL ANÁLISIS	
Area	FISICOQUIMICO
Fecha	11-12-2015
T°	22,5°C
Humedad	71%
Observaciones	

**Observaciones:** De acuerdo a los parámetros analizados desde el punto de vista Físico Químico esta muestra presenta valores dentro de lo establecido por la norma técnica nacional para la calidad del agua potable vigente bajo decreto #084 del 31 de julio de 1995.



**SERVICIO AUTÓNOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**  
**LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD – DIVISION METROPOLITANA**  
 Col. Villa Los Laureles, 1,5 km carretera al Seminario Mayor, Comayagüela, MDC  
 Tel/fax: 227-4498

**INFORME DE RESULTADOS FISICOQUIMICOS**

RTL-33-01

No de Informe: 1490

No de Solicitud: 596

ANALISIS FISICOS				
Parámetro	Método	*Norma	Resultado	*Ue
Turbiedad (NTU)	Parte 2130B	5	3,15	
Color (UC)	Parte 2120B	15	12,50	
Temperatura [°C]	Parte 2550B	18 - 30		
Olor	-	Inodora		

ANALISIS QUIMICOS				
Parámetro	Método	*Norma (mg/L)	Resultado	*Ue
pH	Parte 4500H*B	6,5-8,5	7,61	
Cloro residual	Colorimétrico con ortotolidina	0,5-1,0		
Conductividad	Parte 2510B	400 $\mu$ s/cm	59,40	
Alcalinidad total	Parte 2320B	-		
Bicarbonatos	Parte 2320B	-		
Carbonatos	Parte 2320B	-		
Hidróxidos	Parte 2320B	-		
Acidez				
Dureza total	Parte 2340	400	22,44	
Dureza de Calcio	Parte 2340	-	9,24	
Dureza de Magnesio	Parte 2340	-	13,20	
Calcio		100	3,69	
Magnesio		30	3,21	
Sulfato	Parte 4500-SO <sub>4</sub> E	250	<10	
*a-fosfatos	Parte 365.3	-	0,46	
Cloruros	Parte 4500Cl C	250	1,03	
Hierro total	Parte 3.500-FeD	0,3		
Manganeso	MERCK 14770	0,5		
Aluminio	Parte 3500-Al-D	0,2		
Fósforo	Parte 4500-P-E	-		
Flúor	Parte 4500 FC	0,7-1,5	0,17	
*Nitratos	Parte 352.1	50		
*Nitritos	Parte 354.1	0,1-3,0	0,01	
*Nitrógeno amoniacal	Parte 350.2	0,5	0,07	
Materia Orgánica	Volumétrico con KmnO <sub>4</sub> DE-07-43			
Oxígeno disuelto	Parte 4500 OG	6 - 8		
DBO <sub>5</sub>	Parte 5210B	50		
DQO	Parte 5220D	200		
CO <sub>2</sub>	Volumétrico con Caldo Básico DE-07-43	-		
P. Fluoresceína	Colorimétrico	-		
Sólidos totales	Parte 2540B	1 000		
Sólidos suspendidos	Parte 2540D	-		
Sólidos sedimentables	Cono Imhoff	-	0,00	
Sólidos totales disueltos		-	29,70	

\* Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 19 Ed (DE-05-01)

\* Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (DE-04-01)

\* Methods for Chemical Analysis of Water and Waste EPA (DE-05-05)

Ue = Incertidumbre Expandida

Dra. Claudia S. Magos  
 Analista Química

Dra. Lourdes E. Reyes  
 Jefe de Control de Calidad

Se prohíbe la reproducción de este informe en forma parcial sin la aprobación escrita del Jefe de Laboratorio



**SERVICIO AUTONOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**  
**LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD - DIVISION METROPOLITANA**  
 Col. Villa Los Laureles, 1,5 km carretera al Seminario Mayor, Comayagüela, MDC  
 Tel/fax: 227-4498

**INFORME DE RESULTADOS FISICOQUIMICOS**

RTL-33-01

No de Informe: 1489

No de Solicitud: 596

DATOS DEL CUENTE	
Nombre	MARIA RUBENIA ORTIZ
Proyecto	
Dirección	GUAIMACA - FRANCISCO MORAZAN
Teléfono/fax:	8753-7275
Correo Electrónico	

DATOS DEL MUESTREO				
Fuente	MORMAJOSA #1			
Localidad				
Tomada por	MARIA RUBENIA ORTIZ			
Fecha/Hora	04-12-2015/ HORA: 11:48 AM			
Tipo de Muestra	AC	AT	AR	PZ
Entregada por	MARIA RUBENIA ORTIZ/4-12-2015/ HORA:03:12 PM			
Datos de Campo	T°	Cl	pH	ODis
Condiciones Ambientales				
Observaciones	TEMPERATURA DE LA MUESTRA AL LLEGAR AL LABORATORIO FQ = 9,3			

CONDICIONES AMBIENTALES DEL ANÁLISIS	
Area	FISICOQUIMICO
Fecha	11-12-2015
T°	22,5°C
Humedad	71%
Observaciones	

**Observaciones:** De acuerdo a los parámetros analizados desde el punto de vista Físico Químico esta muestra presenta valores dentro de lo establecido por la norma técnica nacional para la calidad del agua potable vigente bajo decreto #084 del 31 de julio de 1995.

Se prohíbe la reproducción de este informe en forma parcial, sin la aprobación escrita del Jefe de Laboratorio



**SERVICIO AUTONOMO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**  
**LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD - DIVISION METROPOLITANA**  
 Col. Villa Los Laureles, 1,5 km carretera al Seminario Mayor, Comayagüela, MDC  
 Tel/fax: 227-4498

**INFORME DE RESULTADOS FISICOQUIMICOS**

No de Informe: 1489

RTL-33-01

No de Solicitud: 596

ANALISIS FISICOS				
Parámetro	Método	*Norma	Resultado	*Ue
Turbiedad (NTU)	Parte 2130B	5	1,81	
Color (UC)	Parte 2120B	15	12,50	
Temperatura (°C)	Parte 2550B	18 - 30		
Olor	-	Inodoro		

ANALISIS QUIMICOS				
Parámetro	Método	*Norma (mg/l)	Resultado	*Ue
pH	Parte 4500H*8	6,5 - 8,5	7,99	
Cloro residual	Colorimétrica con ortotolidina	0,5 - 1,0		
Conductividad	Parte 2510B	400 µs/cm	83,40	
Alcalinidad total	Parte 2320B	-		
Bicarbonatos	Parte 2320B	-		
Carbonatos	Parte 2320B	-		
Hidróxidos	Parte 2320B	-		
Acidez				
Dureza total	Parte 2340	400	31,68	
Dureza de Calcio	Parte 2340	-	17,16	
Dureza de Magnesio	Parte 2340	-	14,52	
Calcio		100	6,86	
Magnesio		30	3,53	
Sulfato	Parte 4500-SO <sub>4</sub> E	250	<10	
*o-fosfatos	Parte 365.3	-	0,97	
Cloruros	Parte 4500Cl C	250	1,03	
Hierro total	Parte 3 500-FeD	0,3		
Manganeso	MERCK 14770	0,5		
Aluminio	Parte 3500-Al-D	0,2		
Fósforo	Parte 4500-P-E	-		
Flúor	Parte 4500 FC	0,7 - 1,5	0,35	
*Nitratos	Parte 352.1	50		
*Nitritos	Parte 354.1	0,1 - 3,0	0,01	
*Nitrógeno amoniacal	Parte 350.2	0,5	0,07	
Materia Orgánica	Volumétrica con KmnO <sub>4</sub> DE-07-43			
Oxígeno disuelto	Parte 4500 OG	6 - 8		
DBO <sub>5</sub>	Parte 5210B	50		
DQO	Parte 5220D	200		
CO <sub>2</sub>	Volumétrica con Caldo Básico DE-07-43	-		
P. Fluoresceína	Colorimétrica	-		
Sólidos totales	Parte 2540B	1 000		
Sólidos suspendidos	Parte 2540D	-		
Sólidos sedimentables	Cono Imhoff	-	0,00	
Sólidos totales disueltos		-	41,70	

\* Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 19 Ed (DE-05-01)

\* Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable (DE-04-01)

\* Methods for Chemical Analysis of Water and Waste EPA (DE-05-05)

Ue = Incertidumbre Expandida

Dra. Claudia Lagos  
 Analista Químico

Dra. Lourdes Reyes  
 Jefe de Control de Calidad

Se prohíbe la reproducción de este informe en forma parcial, sin la aprobación escrita del Jefe de Laboratorio

## Anexo 6. Análisis fisicoquímicos realizados en el laboratorio de El CIRA

2016-AN-507



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua**  
 Hospital Monte España 303 m al norte, Teléfonos (505) 2278 6981, 2278 6797, 2278 6982  
 Telefax (505) 2267 8168, apartado postal 4585, correo: ventas.servicios@cira-unan.edu.ni



**Resultados Analítico Físico Químicos**

**CLIENTE**

**MARIA RUBENIA ORTIZ**  
 Semiform ENTEL Villa Fontana 500 metros al norte  
 Managua, Managua  
 Tel. 22786981 Ext. 8330

**MATRIZ DE LA MUESTRA:**  
 FUENTE: IDENTIFICACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
 LOCAL Y/O COMUNIDAD: MUNICIPIO DEPARTAMENTAL  
 COORDENADAS: ELEVACION: FECHA DE MUESTREO: HORA DE MUESTREO:

**AGUA NATURAL**  
 No Reportada  
 Wilton (T2)  
 Temp. Microambiente Wilton: Gualema, Francisco Morazan  
 No Reportada  
 948 mm  
 2016-04-27  
 09 h 03

**CONDICIONES DEL LABORATORIO:** AN-507  
**FECHA DE RECEPCION:** 2016-04-28  
**FECHA DE INICIO DEL ANALISIS:** 2016-04-28  
**FECHA DEL REPORTE:** 2016-05-25

Parámetros	Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	mg/L <sup>1</sup>	Rango de Detección	Valores máximos admisibles CAPRE <sup>1</sup>
TURBIDEZ	2136-B <sup>1</sup>		1,80	UNT		0,80 a 999	5,00 UNT
pH A 25,0 °C	4500-A-B <sup>1</sup>		8,07	Unidades de pH		6,18 a 14,00	6,5 - 8,5 Unidades de pH
CONDUCTIVIDAD A 25,0 °C	2590-B <sup>1</sup>		343,06	µS/cm <sup>1</sup>		1,0 a 100 000,00	Sin referencia
COLORES VERDADERO	2135-B <sup>1</sup>		< 3,0	mg/L Pt-Co		5,0 - 15,0	10,00 mg/L Pt-Co
SODIO	3000-Na-B <sup>1</sup>	0,06	0,08	mg/L	0,016		200,00 mg/L
POTASIO	3000-K-B <sup>1</sup>	0,10	1,28	mg/L	0,035		10,00 mg/L
MAGNESIO	3000-Mg-B <sup>1</sup>	0,20	0,23	mg/L	0,708		60,00 mg/L
CALCIO	3000-Ca-B <sup>1</sup>	0,09	03,21	mg/L	2,668		Sin referencia
CLORUROS	4110-B <sup>1</sup>	0,25	0,30	mg/L	0,193		250,00 mg/L
NITRATOS	4110-B <sup>1</sup>	0,25	0,45	mg/L	0,697		10,00 mg/L
SULFATOS	4110-B <sup>1</sup>	0,25	2,62	mg/L	0,075		200,00 mg/L
CARBONATOS	2126-B <sup>1</sup>	2,00	< 2,00	mg/L			Sin referencia
BICARBONATOS	2126-B <sup>1</sup>	4,75	212,87	mg/L	3,580		Sin referencia
ENERGIA TOTAL (Oxígeno GAO)	2340-C <sup>1</sup>	0,12	171,80	mg/L	3,420		Sin referencia
ALUMINUMO TOTAL (Oxígeno GAO)	2320-B <sup>1</sup>	0,62	116,00	mg/L	2,900		Sin referencia
ALUMINUMO A LA FENOLFTALEINA	2320-B <sup>1</sup>	1,67	< 1,67	mg/L			Sin referencia
SILICIO REACTIVO ORTOFTALATO	4180-SiO <sub>2</sub> -C <sup>1</sup>	0,28	30,27	mg/L			0,50 a 2,00 mg/L <sup>1</sup>
NIQUELO	4000-Ni <sub>2</sub> -B <sup>1</sup>	0,002	< 0,002	mg/L			0,30 mg/L <sup>1</sup>
HERRISO TOTAL	2500-Pb-B <sup>1</sup>	0,02	0,19	mg/L			0,7 - 1,0 mg/L <sup>1</sup>
PLUMBO	4110-B <sup>1</sup>	0,20	< 0,20	mg/L			0,5 mg/L
ARSENIO	4000-Ar <sub>3</sub> -B <sup>1</sup>	0,002	0,025	mg/L			
BALANZAS BRUNO DE LA MUESTRA	1020-B <sup>1</sup>		1,26	%			

<sup>1</sup> Si se trata el valor de 3,00 mg/L debe multiplicarse el número y reflejar por fórmula



L. Mario Flores, Técnico



J. María, Jefe de Laboratorio de Aguas Naturales

Managua, a los veinte días del mes de mayo de dos mil dieciséis.



AREA ANALITICA  
CIRA/UNAN



AREA TECNICA ASESORAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD  
CIRA/UNAN

 <b>Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua</b> <b>Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua</b> <small>Hospital Mario España 300 m al norte, Teléfonos: (505) 2278 6981, 2278 5767, 2278 6982          Telefax (505) 2267 8168, apartado postal 4598, correo: ventas.servicios@cira-iran.edu.ni</small>							
<b>Resultados Analíticos Físico Químicos</b>							
<b>CLIENTE</b>		<b>MATRIZ DE LA MUESTRA</b>	<b>AGUA NATURAL</b>				
<b>MAFÍA RUBENIA ORTIZ</b> Señaliforme ENITEL Villa Fontana 500 metros al norte Managua, Managua Tel. 22786981 Ext. 8330		<b>FUENTE</b> IDENTIFICACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE <b>LUGAR Y/O COMUNIDAD</b> <b>MUNICIPIO, DEPARTAMENTO</b> <b>COORDENADAS</b> <b>ELEVACION</b> <b>FECHA DE MUESTREO</b> <b>HORA DE MUESTREO</b>	<b>No Reportado</b> <b>Vitroto (T3)</b> <b>Temperatura Ambiente Vitroto</b> <b>Guatemala, Francisco Morazan</b> <b>No Reportado</b> <b>346 mm</b> <b>2016-04-27</b> <b>09 h 01</b>				
		<b>CORPO DEL LABORATORIO</b> <b>FECHA DE RECEPCION</b> <b>FECHA DE INICIO DEL ANALISIS</b> <b>FECHA DEL REPORTE</b>	<b>AN-007</b> <b>2016-04-28</b> <b>2016-04-28</b> <b>2016-05-20</b>				
Parámetros	Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	mg/L <sup>1</sup>	Rango de Detección	Valores máximos admisibles CAPRE <sup>1</sup>
TURBIDEZ	7120-B <sup>1</sup>		1,80	UNT		0,50 a 999	4,00 UNT
pH a 25,0 °C	4000-4-B <sup>1</sup>		6,87	Unidades de pH		0,10 a 14,00	6,5 - 8,5 Unidades de pH
CONDUCTIVIDAD A 25,0 °C	2010-B <sup>1</sup>		243,00	µS/cm <sup>1</sup>		1,0 a 100 000,00	Sin referencia
COLOR VITROTO	7120-B <sup>1</sup>		< 5,0	mg/L Pt-Co		0,5 - 75,0	15,00 mg/L Pt-Co
SOCl	3000-Na-B <sup>1</sup>	0,06	0,04	mg/L <sup>1</sup>	0,010		200,00 mg/L <sup>1</sup>
POTASIO	3000-K-B <sup>1</sup>	0,10	1,24	mg/L <sup>1</sup>	0,020		70,00 mg/L <sup>1</sup>
MAGNESIO	3000-Mg-B <sup>1</sup>	0,20	0,22	mg/L <sup>1</sup>	0,700		60,00 mg/L <sup>1</sup>
CALCIO	3000-Ca-B <sup>1</sup>	0,09	43,21	mg/L <sup>1</sup>	2,000		Sin referencia
CLORURO	4110-B <sup>1</sup>	0,25	0,85	mg/L <sup>1</sup>	0,100		250,00 mg/L <sup>1</sup>
NITRATO	4110-B <sup>1</sup>	0,25	0,45	mg/L <sup>1</sup>	0,020		40,00 mg/L <sup>1</sup>
SULFATO	4110-B <sup>1</sup>	0,25	2,62	mg/L <sup>1</sup>	0,020		200,00 mg/L <sup>1</sup>
CARBONATO	3120-B <sup>1</sup>	2,00	< 2,00	mg/L <sup>1</sup>			Sin referencia
BICARBONATO	3120-B <sup>1</sup>	4,75	713,47	mg/L <sup>1</sup>	3,500		Sin referencia
DUREZA TOTAL Como CaCO <sub>3</sub>	2340-C <sup>1</sup>	0,12	171,00	mg/L <sup>1</sup>	3,400		Sin referencia
ALCALINIDAD TOTAL Como CaCO <sub>3</sub>	2320-B <sup>1</sup>	0,62	176,00	mg/L <sup>1</sup>	2,500		Sin referencia
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA	2320-B <sup>1</sup>	1,07	< 1,07	mg/L <sup>1</sup>			Sin referencia
BRUCE REACTIVO DISUUELTO	4000-SO <sub>4</sub> -C <sup>1</sup>	0,20	30,23	mg/L <sup>1</sup>			Sin referencia
NITRITO	4000-NO <sub>2</sub> -B <sup>1</sup>	0,002	< 0,002	mg/L <sup>1</sup>			0,50 a 2,00 mg/L <sup>1</sup> *
HIERRO TOTAL	5000-Fe-B <sup>1</sup>	0,02	0,10	mg/L <sup>1</sup>			0,30 mg/L <sup>1</sup>
FLUORURO	4110-B <sup>1</sup>	0,20	< 0,20	mg/L <sup>1</sup>			0,7 - 1,0 mg/L <sup>1</sup>
AMONIO	4000-NH <sub>4</sub> -F <sup>1</sup>	0,005	0,020	mg/L <sup>1</sup>			0,5 mg/L <sup>1</sup>
SALANTE: EXACTO DE LA MUESTRA	1000-B <sup>1</sup>		1,26	%			

<sup>1</sup> Si se trata el valor de 2,00 mg/L debe adicionarse al número y signo por litro.

  
 M. María Elena Torres

  
 M. María Elena Torres

  
**AREA ANALITICA**  
  
**AREA ANALITICA**

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá otorgar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veinte días del mes de mayo del año veinte y dosés.

  
**AREA TECNICA ASESORAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD**  
**CIRA/UNAN**



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua**  
 Hospital Monte España 300 m. al norte, Teléfonos (505) 2278 6981, 2278 6767, 2278 6982  
 Telefax (505) 2267 8169; apartado postal 4598, correo: ventas.servicios@cira-unan.edu.ni



**Resultados Analíticos Físico Químicos**

**CLIENTE**

MARIA RUBENIA ORTIZ  
 Semáforos ENITEL Villa Fontana 500 metros al norte  
 Managua, Managua  
 Tel. 22786981 Ext. 8329

<b>MATRIZ DE LA MUESTRA</b> FUENTE IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE LUGAR Y/O COMUNIDAD MUNICIPIO, DEPARTAMENTO COORDENADAS ELEVACIÓN FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO	<b>AGUA NATURAL</b> Geó Llave (C) Cas del Golfo, Ciudad Guasaca Guaimara, Francisco Morazan No reportada No reportada 2016-04-27 12 h 43
CÓDIGO DEL LABORATORIO FECHA DE RECEPCIÓN FECHA DE FINO DEL ANÁLISIS FECHA DEL REPORTE	AN-612 2016-04-29 2016-04-29 2016-05-20

Parámetros	Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades	mg/L <sup>1</sup>	Rango de Detección	Valores máximos admisibles CAPRE <sup>1</sup>
TURBIDEZ	2130 B <sup>1</sup>		220.06	UNT		0,00 a 999	5,00 UNT
pH A 25,0 °C	4590 H, B <sup>1</sup>		7,06	Unidades de pH		6,10 a 14,00	6,5 - 8,5 Unidades de pH
CONDUCTIVIDAD A 25,0 °C	2510 B <sup>1</sup>		199,46	µS/cm <sup>1</sup>		1,0 a 100 000,00	Sin referencia
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	1030 E <sup>1</sup>		71,27	mg/l <sup>1</sup>			1000,00 mg/l <sup>1</sup>
COLOR VERDADERO	2120 B <sup>1</sup>		20,8	mg/l <sup>1</sup> Pt-Co		5,0 - 75,0	15,00 mg/l <sup>1</sup> Pt-Co
SODIO	3660 Na B <sup>1</sup>	0,09	6,35	mg/l <sup>1</sup>	0,298		200,00 mg/l <sup>1</sup>
POTASIO	3600 K, B <sup>1</sup>	0,10	2,18	mg/l <sup>1</sup>	0,055		10,00 mg/l <sup>1</sup>
MAGNESIO	2500 Mg, B <sup>1</sup>	0,20	4,91	mg/l <sup>1</sup>	0,400		80,00 mg/l <sup>1</sup>
CALCIO	3810 Ca, B <sup>1</sup>	0,08	5,82	mg/l <sup>1</sup>	0,440		Sin referencia
CLORUROS	4110 B <sup>1</sup>	0,25	6,34	mg/l <sup>1</sup>	0,196		250,00 mg/l <sup>1</sup>
NITRATOS	4110 B <sup>1</sup>	0,25	8,65	mg/l <sup>1</sup>	0,010		50,00 mg/l <sup>1</sup>
SULFATOS	4110 B <sup>1</sup>	0,25	2,34	mg/l <sup>1</sup>	0,049		250,00 mg/l <sup>1</sup>
CARBONATOS	2320 B <sup>1</sup>	2,00	< 2,00	mg/l <sup>1</sup>			Sin referencia
BICARBONATOS	2320 B <sup>1</sup>	0,78	56,14	mg/l <sup>1</sup>	0,920		Sin referencia
DUREZA TOTAL Como CaCO <sub>3</sub>	2340 C <sup>1</sup>	0,13	42,69	mg/l <sup>1</sup>	0,840		Sin referencia
ALCALINIDAD TOTAL Como CaCO <sub>3</sub>	2326 B <sup>1</sup>	0,62	40,68	mg/l <sup>1</sup>	0,920		Sin referencia
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEINA	2326 B <sup>1</sup>	1,87	< 1,67	mg/l <sup>1</sup>			Sin referencia
SILICE REACTIVO DISUELTOS	4900-Si, C <sup>1</sup>	0,20	23,19	mg/l <sup>1</sup>			Sin referencia
NITRITOS	4890-NO <sub>2</sub> , B <sup>1</sup>	0,03	0,067	mg/l <sup>1</sup>			0,10 a 3,00 mg/l <sup>1</sup> **
HIERRO TOTAL	3660-Fe, B <sup>1</sup>	0,02	19,36	mg/l <sup>1</sup>			0,30 mg/l <sup>1</sup>
FLUORUROS	4118 B <sup>1</sup>	0,25	0,26	mg/l <sup>1</sup>			0,7 - 1,5 mg/l <sup>1</sup>
AMONIO	4500-NH <sub>4</sub> , F <sup>1</sup>	0,0003	0,052	mg/l <sup>1</sup>			0,5 mg/l <sup>1</sup>
BALANCE IONICO DE LA MUESTRA	1028 E <sup>1</sup>		0,78	%			

\* Si se toma el valor de 3,00 mg/l debe relacionarse el nitrato y nitrógeno por separado

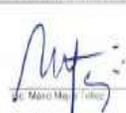
Datos de campo:

pH: 7,73 Unidades de pH

Temperatura: 26,7 °C

Oxígeno Disuelto: 4,91 mg/l<sup>1</sup>

Saturación de Oxígeno Disuelto: 81 %



M. María Martínez



J. J. Martínez

**DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS**

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-512 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la institución por un tiempo de 5 años.





**ÁREA ANALÍTICA**

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veinte días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.



**ÁREA TÉCNICA ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD**  
 CIRA/UNAN

## Anexo 7. Resultados de análisis de arsénico

2016-CM-297



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua**  
 Hospital Monte España 100 metros al lago. Teléfonos (505) 2278 6981, 2278 6757, 2278 6982.  
 Telefax (505) 2267 8169, apartado postal 4595, correo: ventas.servicios@cira-unan.edu.ni



**CLIENTE**

**MARIA RUBENIA ORTIZ**  
 Semáforos Entel Villa Fontana 500 m al Norte  
 Managua, Managua  
 Tel. 22786981 Ext 8320

**Resultados Analíticos de Metales Pesados**

MATRIZ DE LA MUESTRA FUENTE IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE LUGAR Y/O COMUNIDAD MUNICIPIO, DEPARTAMENTO COORDENADAS ELEVACIÓN FECHA DE MUESTREO HORA DE MUESTREO TIPO DE MUESTREO	AGUA NATURAL Ortos Villalero (T2) Tanque de Almacenamiento Villalero Guatimaca, Francisco Morazán No reportadas 940 msnm 2016-04-27 09 h 02 Purasaj
CÓDIGO DEL LABORATORIO FECHA DE RECEPCIÓN FECHA DE FINO DEL ANÁLISIS FECHA DEL REPORTE	CM-297 2016-04-29 2016-05-03 2016-05-06

Parámetro	Método	Límite de Detección	Resultado	Unidades	Valor máximo admisible
ARSENICO TOTAL	E. Rothery et al, 1984 <sup>1</sup>	0,99	12,01	µg.l <sup>-1</sup>	10,00 µg.l <sup>-1</sup>

Datos de Campo:

pH: 7,54 Unidades de pH

Temperatura: 25,5 °C

Oxígeno Disuelto: 4,90 mg.l<sup>-1</sup>

Saturación de Oxígeno: 66,6 %



Ing. Joviller Glynca Ramirez



MSc. Maximina Altamirano Espinoza  
 Jefe Lab. Contaminantes Metálicos

**Referencias:**

<sup>1</sup>E. Rothery, 1984. Operación Manual VGA-76, VARIAN.

<sup>2</sup>Organización Mundial de la Salud, 2006. Guías para la calidad del agua potable. Primer Apéndice a la 3a Ed. Volumen I. Ginebra.

**DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS**

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Contaminantes Metálicos hace constar que la muestra codificada como CM-297 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Metálicos".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.





ÁREA ANALÍTICA

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRAUNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los seis días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.



ÁREA TÉCNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD

Parámetro		Método	Límite de Detección	Resultado	Unidades	Valor máximo admisible
ARSENICO TOTAL		E. Rothery et al, 1984 <sup>1</sup>	0,08	11,15	µg/l <sup>2</sup>	10,00 µg/l <sup>2</sup>

**CLIENTE**  
**MARIA RUBENIA ORTIZ**  
 Semáforos Entel Villa Fontana 500 m al Norte  
 Managua, Managua  
 Tel. 22786951 Ext 8320

**Resultados Analíticos de Metales Pesados**

MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA NATURAL
FUENTE	Océo
IDENTIFICACIÓN PROPORCIONAL POR EL CLIENTE	Misajal (T1)
LUGAR Y/O COMUNIDAD	Tanque de Almacenamiento Misajal
MUNICIPIO, DEPARTAMENTO	Guatemala, Francisco Morazán
COORDENADAS	No reportadas
ELEVACIÓN	No reportada
FECHA DE MUESTREO	2016-04-27
HORA DE MUESTREO	06 h 16
TIPO DE MUESTREO	Puntal
CÓDIGO DEL LABORATORIO	CM-298
FECHA DE RECEPCIÓN	2016-04-29
FECHA DE FIN DEL ANÁLISIS	2016-05-03
FECHA DEL REPORTE	2016-05-08

**DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS**

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001-05), el Laboratorio de Contaminantes Metálicos hace constar que la muestra codificada como CM-298 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el 'Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Metálicos'.

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRAJUNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los seis días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.

**AREA ANALITICA**  
 AREA ANALITICA  
 CIRAJUNAN

**AREA TECNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DE CALIDAD**  
 AREA TECNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD DE CALIDAD  
 CIRAJUNAN

**Referencias:**  
<sup>1</sup>E. Rothery, 1984. Operación Manual VQA-76, VWRJAN  
<sup>2</sup>Organización Mundial de la Salud, 2006. Guías para la calidad del agua potable. Primer Apéndice a la 3a Ed. Volumen I. Gratis.



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua**  
 Hospital Monte España 305 m al norte. Teléfonos (505) 2278 6981, 2278 6767, 2278 6982  
 Teléfono (505) 2267 8169. apartado postal 4598. correo: ventas.servicio@cira-unan.edu.ni



**Resultados Analíticos Físico Químicos**

**CLIENTE**

**MARIA RUBENIA ORTIZ**  
 Semáforos ENITEL Villa Fontana 500 metros al norte  
 Managua, Managua  
 Tel. 22786981 Ext. 8320

MATRI DE LA MUESTRA  
 FUENTE  
 IDENTIFICACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
 USUARIO Y/O COMANDO  
 MARCHEL DEPARTAMENTO  
 COORDENADA  
 ELEVACION  
 FECHA DE MUESTREO  
 HORA DE MUESTREO  
 CODIGO DEL LABORATORIO  
 FECHA DE RECEPCION  
 FECHA DE FINO DEL ANALISIS  
 FECHA DEL REPORTE

AGUA NATURAL  
 No Reporte  
 Volumen (L)  
 Torque Atmosferico (Milim)  
 Guatemla, Francisco Morazan  
 No Reporte  
 840 mms  
 2016-04-27  
 09:14:22  
 AN-507  
 2016-04-29  
 2016-04-29  
 2016-05-02

Parámetros	Método	Límite de		Unidades	Rango de Detección	Valores máximos admitidos CAIRE *
		Detección	Resultados			
SOLIDOS TOTALES	2540.D <sup>1</sup>		346.00	mg/l <sup>1</sup>	Hasta 20 000.00	Sin referencia
SOLIDOS TOTALES DISUeltOS	2540.C <sup>1</sup>		205.00	mg/l <sup>1</sup>	Hasta 20 000.00	1000.00 mg/l <sup>1</sup>
SOLIDOS SUSPENSIVOS TOTALES	2540.D <sup>1</sup>		147.00	mg/l <sup>1</sup>	Hasta 20 000.00	Sin referencia
SOLIDOS VOLATILES TOTALES	2540.D.E <sup>1</sup>		126.00	mg/l <sup>1</sup>	Hasta 20 000.00	Sin referencia
SOLIDOS FIJOS TOTALES	2540.B.H <sup>1</sup>		219.00	mg/l <sup>1</sup>	Hasta 20 000.00	Sin referencia
SOLIDOS ORGANIZABLES	2540.F <sup>1</sup>		< 0.1	unl <sup>1</sup>	0.1 a 1 000.0	Sin referencia

Condiciones de campo:  
 pH: 7.54 Unidades de pH  
 Temperatura: 25.3 °C  
 Oxígeno DisueltO: 4.96 mg/l<sup>1</sup>  
 Saturación de Oxígeno DisueltO: 90.0 %

*[Firma]*  
 Víctor Hugo Méndez  
 Director de Laboratorio de Agua y Saneamiento  
 CIRA/UNAN

**DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS**

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04-001-05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-507 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros la mantendrá la institución por un tiempo de 5 años.



*[Firma]*  
 AREA ANALITICA  
 CIRA/UNAN

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veinte días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.



AREA TECNICA ASEGURAMIENTO  
 Y CONTROL DE LA CALIDAD  
 CIRA/UNAN

**Referencias:**  
 Asociación Latinoamericana de Normas (AS/NOR). (2007). Normas Técnicas de Referencia de Métodos de Laboratorio. 27 ediciones. Washington: AS/NOR.  
 Consejo Consultivo Especial de Ambiente de Agua y Saneamiento de Centro América. (2005). Norma Técnica Nicaragüense de Referencia (NTN) 04-001-05. Servicio de Calidad de Aguas Naturales. León: INAC.



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua**  
Edificio Monte Espeño 500 m al norte, Telefonos: (505) 2278 0001 - 2278 0082  
 Telefono (505) 2267 8199, apartado postal 4594, correo: centro\_servicios@unr-unan.edu.ni



**Resultados Analíticos Físico Químicos**

**CLIENTE**

MARIA RUBENIA ORTIZ  
 Sembreros (FINTE) Villa Fontana 500 metros al norte  
 Managua, Managua  
 Tel. 22796661 Ext. 8320

**ORIGEN DE LA MUESTRA**  
**FUENTE**  
 IDENTIFICACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
 USAR Y/O COMERCIO  
 MUNICIPIO DEPARTAMENTO  
 COORDENADAS  
 ALICACION  
 FECHA DE MUESTREO  
 HORA DE MUESTREO

**AGUAS NATURALES**  
 Quezaco  
 San Juan  
 Quezaco San Juan, San Juan  
 Quezaco, Francisco Morazan  
 No Registrado  
 2016-04-27  
 11:34h

**CODIGO DEL LABORATORIO**  
**FECHA DE RECEPCION**  
**FECHA DE FIN DEL ANALISIS**  
**FECHA DEL REPORTE**

AN-511  
 2016-04-28  
 2016-04-29  
 2016-05-02

Parámetros	Método	Límite de		Resultados	Unidades	Valores relativos admitidos LAFOS *
		Detección	Resultados			
HIDROGENO TOTAL	Segunda Derivada *	6.180	6.478	99%		Se referencia
FOSFORO TOTAL	4398 P-BE *	6.276	6.178	99%		Se referencia
SOLIDOS TOTALES	2040 B *		127.00	99%	Hasta 20.000.00	Se referencia
SOLIDOS TOTALES DISUeltos	2040 C *		24.00	99%	Hasta 20.000.00	1000.00 mg/l
SOLIDOS SUSPENSADOS TOTALES	2040 D *		102.00	99%	Hasta 20.000.00	Se referencia
SOLIDOS VOLATILES TOTALES	2040 E *		30.00	99%	Hasta 20.000.00	Se referencia
SOLIDOS FIJOS TOTALES	2040 G *		194.00	99%	Hasta 20.000.00	Se referencia
SOLIDOS MOMENTANEOS	2040 F *		10.1	99%	0.1 a 1.000.0	Se referencia

**Observaciones:**

Temperatura de muestra: 28.0°C  
 pH: 7.72 Unidades de pH  
 Oxígeno disuelto: 6.07 mg/l  
 Saturación de oxígeno disuelto: 90.7%

*[Firma]*  
 Lic. María RIVERA  
 2016-05-02

*[Firma]*  
 Lic. JUAN CARLOS RIVERA  
 2016-05-02

**Referencias:**

Norma Técnica Nicaragüense (NTN) 04-001-05, 04-001-06, 04-001-07, 04-001-08, 04-001-09, 04-001-10, 04-001-11, 04-001-12, 04-001-13, 04-001-14, 04-001-15, 04-001-16, 04-001-17, 04-001-18, 04-001-19, 04-001-20, 04-001-21, 04-001-22, 04-001-23, 04-001-24, 04-001-25, 04-001-26, 04-001-27, 04-001-28, 04-001-29, 04-001-30, 04-001-31, 04-001-32, 04-001-33, 04-001-34, 04-001-35, 04-001-36, 04-001-37, 04-001-38, 04-001-39, 04-001-40, 04-001-41, 04-001-42, 04-001-43, 04-001-44, 04-001-45, 04-001-46, 04-001-47, 04-001-48, 04-001-49, 04-001-50, 04-001-51, 04-001-52, 04-001-53, 04-001-54, 04-001-55, 04-001-56, 04-001-57, 04-001-58, 04-001-59, 04-001-60, 04-001-61, 04-001-62, 04-001-63, 04-001-64, 04-001-65, 04-001-66, 04-001-67, 04-001-68, 04-001-69, 04-001-70, 04-001-71, 04-001-72, 04-001-73, 04-001-74, 04-001-75, 04-001-76, 04-001-77, 04-001-78, 04-001-79, 04-001-80, 04-001-81, 04-001-82, 04-001-83, 04-001-84, 04-001-85, 04-001-86, 04-001-87, 04-001-88, 04-001-89, 04-001-90, 04-001-91, 04-001-92, 04-001-93, 04-001-94, 04-001-95, 04-001-96, 04-001-97, 04-001-98, 04-001-99, 04-001-100.

**DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS**

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-511 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el mismo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la institución por un tiempo de 5 años.



*[Firma]*  
 Lic. JUAN CARLOS RIVERA  
 2016-05-02

**AREA ANALITICA**

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CRAUNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veinte días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.



**AREA TECNICA ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALITICA**  
 CENTRO DE INVESTIGACION EN RECURSOS ACUATICOS DE NICARAGUA

Unidad		Límite de		Valores referidos a	
Padrems	Método	Detección	Resultados	Unidades	CAPRE <sup>1</sup>
NITRÓGENO TOTAL	Segundo Método <sup>2</sup>	0.100	0.280	mg/l	Sin referencia
FOSFORO TOTAL	4500-F-04 <sup>3</sup>	0.016	0.094	mg/l	Sin referencia
SÓLIDOS TOTALES	2948-B		300.00	mg/l	Referencia: 300.00
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	2948-C		91.26	mg/l	Referencia: 300.00
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	2948-D		207.74	mg/l	Referencia: 300.00
SÓLIDOS VOLÁTILES TOTALES	2948-E <sup>4</sup>		126.90	mg/l	Referencia: 200.00
SÓLIDOS FIJOS TOTALES	2948-F		180.88	mg/l	Referencia: 200.00
SÓLIDOS BIOMAS TOTALES	2948-F		> 0.1	mg/l	Referencia: 0.1 a 1.000.00

Unidad		Límite de		Valores referidos a	
Padrems	Método	Detección	Resultados	Unidades	CAPRE <sup>1</sup>
NITRÓGENO TOTAL	Segundo Método <sup>2</sup>	0.100	0.280	mg/l	Sin referencia
FOSFORO TOTAL	4500-F-04 <sup>3</sup>	0.016	0.094	mg/l	Sin referencia
SÓLIDOS TOTALES	2948-B		300.00	mg/l	Referencia: 300.00
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	2948-C		91.26	mg/l	Referencia: 300.00
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	2948-D		207.74	mg/l	Referencia: 300.00
SÓLIDOS VOLÁTILES TOTALES	2948-E <sup>4</sup>		126.90	mg/l	Referencia: 200.00
SÓLIDOS FIJOS TOTALES	2948-F		180.88	mg/l	Referencia: 200.00
SÓLIDOS BIOMAS TOTALES	2948-F		> 0.1	mg/l	Referencia: 0.1 a 1.000.00

Datos de campo:  
 pH: 7.00  
 Temperatura: 22.8 °C  
 Oxígeno Disuelto: 5.5 mg/l  
 Saturación de Oxígeno Disuelto: 71.3%

Área Analítica  
 CIRA/UNAN

Declaración del Aseguramiento y Control de la Calidad Analítica en este Reporte de Resultados

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-510 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relativos al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tiempo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la institución por un tiempo de 5 años.

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veinte días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.

Área Técnica Aseguramiento y Control de la Calidad  
 CIRA/UNAN



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua  
 Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua  
 Hospital María España 300 m al norte, Teléfonos: (505) 2278 8081 - 2278 6787, 2278 6982  
 Telefax: (505) 2287 8199, apap@ciara.unan.edu.ni correo: veritas.servicios@ciara.unan.edu.ni



2016-AN-509

Resultados Analíticos Físico-Químicos

CLIENTE

MANA RUBENIA ORTIZ  
 Semáforo ENTEL Vía Portaña 500 metros al norte  
 Managua, Managua  
 Tel. 22786981 Ext. 8320

DIRECCIÓN DE MUESTRA:  
 FUENTE:  
 IDENTIFICACIÓN FÍSICO-QUÍMICA POR EL CLIENTE:  
 LUGAR Y/O COMUNIDAD:  
 MUNICIPIO/DISTRITO/ESTADO:  
 COORDENADAS:  
 ELEVACION:  
 FECHA DE MUESTREO:  
 HORA DE MUESTREO:

AGUA NATURAL  
 Calidad:  
 Destino:  
 Origen: Legitimado, El Ocaso  
 Química, Fosfatos Nuevos  
 No Predefinido  
 No Reportado  
 2016-04-27  
 08:54

CÓDIGO DE LABORATORIO:  
 FECHA DE RECEPCIÓN:  
 FECHA DE FIN DE DEL ANÁLISIS:  
 FECHA DEL REPORTE:

AN-509  
 2016-04-28  
 2016-04-28  
 2016-05-20

Parámetro	Método	Límite de		Unidades	Valores máximos admisibles CAPEE <sup>1</sup>
		Detección	Resultados		
NIÓTRÓGENO TOTAL	Segundo Método <sup>2</sup>	0,100	0,201	mg/l	Gratificación
FOSFORO TOTAL	4000 P-BB <sup>3</sup>	0,010	0,100	mg/l	Gratificación
SOLIDOS TOTALES	2040 B <sup>4</sup>		343,36	mg/l	Hasta 20 000,00
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	2040 C <sup>4</sup>		216,08	mg/l	Hasta 20 000,00
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	2040 D <sup>4</sup>		126,48	mg/l	Hasta 20 000,00
SOLIDOS VOLÁTILES TOTALES	2040 BB <sup>4</sup>		140,00	mg/l	Hasta 20 000,00
SOLIDOS FIJOS TOTALES	2040 BB <sup>4</sup>		203,00	mg/l	Hasta 20 000,00
SOLIDOS SEDIMENTABLES	2040 F <sup>4</sup>		4,83	mg/l	0,1 a 1 000,0

Condiciones de ensayo:  
 pH: 7,11 (Medido en pH)  
 Temperatura: 23,2 °C  
 Oxígeno Disuelto: 4,90 mg/l<sup>5</sup>  
 Saturación de Oxígeno: 106,0 %

*Managua, 20 de mayo de 2016*  
 M. R. Ortiz  
 M. R. Ortiz  
 M. R. Ortiz

DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-509 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Considerando los resultados cualitativos y cuantitativos relevados al procesamiento de la muestra que se encuentran en el formato correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la institución por un tiempo de 5 años.



*Managua, 20 de mayo de 2016*  
 AREA ANALITICA

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Por su parte, el CIARA/INAN Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expresa y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veinte días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.

*Managua, 20 de mayo de 2016*  
 AREA TECNICA, ASESURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD  
 CIARA/INAN

Referencias

- 1 Norma Técnica Nicaragüense NTN 04 001 05, Manual de Normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) 15843
- 2 Comité de Normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) 15843
- 3 Comité de Normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) 15843
- 4 Comité de Normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) 15843
- 5 Norma Técnica Nicaragüense NTN 04 001 05, Manual de Normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) 15843

Unidad de Medida		Límite de		Valores máximos admitidos	
Parámetros	Método	Detección	Resultado	Unidades	CAPAS <sup>1</sup>
NIQUELO TOTAL	Segundo Método <sup>2</sup>	0.100	0.280	µg/l	Sin referencia
COBALTO TOTAL	4500-P-BE <sup>3</sup>	0.015	0.084	µg/l	Sin referencia
SOLIDOS TOTALES	2540-B <sup>4</sup>		389.00	mg/l	Referencia 20 000.00
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	2540-C <sup>4</sup>		91.26	mg/l	Referencia 1000.00 mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	2540-D <sup>4</sup>		297.74	mg/l	Referencia 20 000.00
SOLIDOS VOLÁTILES TOTALES	2540-E <sup>4</sup>		126.86	mg/l	Referencia 20 000.00
SOLIDOS FIJOS TOTALES	2540-F <sup>4</sup>		148.88	mg/l	Referencia 20 000.00
SOLIDOS BIOMINERALES	2540-F <sup>4</sup>		< 0.1	mg/l	Referencia 0.1 + 1 000.0

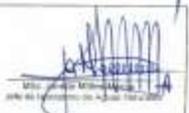
  

MAYOR DE LA MUESTRA		AGUA NATURAL	
FUENTE		Ortodoxo	
SOLICITUD PROPORCIONADA POR EL CLIENTE		Muestreo	
LUGAR Y/O COMUNIDAD		Cuadrada Biológica	
MUNICIPIO, DEPARTAMENTO		Químico, Parícuta Masaten	
COORDENADAS		No Fotografiado	
ELEVACIÓN		No Fotografiado	
FECHA DE MUESTREO		2016-04-27	
HORA DE MUESTREO		10:4:38	
CÓDIGO DE LABORATORIO		AN-510	
FECHA DE RECEPCIÓN		2016-04-28	
FECHA DE VENCIMIENTO		2016-05-28	
FECHA DEL REPORTE		2016-05-28	

Datos de campo	
pH	7.02
Temperatura	25.0 °C
Conductividad	53.0 µS/cm <sup>25</sup>
Saturación de Oxígeno Disuelto	112.7%

Víctor Manuel López  
 Mónica Alejandra Martínez

### DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-510 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relativos al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la oficina general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendremos en la institución por un tiempo de 5 años.



AREA ANALITICA  
CIRA/UNAN

  
AREA ANALITICA

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expresa y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veinte días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.

  
AREA TECNICA ASEGURAMIENTO  
Y CONTROL DE CALIDAD  
CIRA/UNAN

Unidad de Medida		Unidad de Medida		Unidad de Medida	
SOLIDOS TOTALES	2540.8 <sup>1</sup>	266.08	mg/l	Hasta 20 000.00	Sin referencia
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	2540.0 <sup>1</sup>	62.88	mg/l	Hasta 20 000.00	100.00 mg/l
SOLIDOS SUSPENSOS TOTALES	2540.0 <sup>1</sup>	193.12	mg/l	Hasta 20 000.00	Sin referencia
SOLIDOS VOLATILES TOTALES	2540.8 <sup>1</sup>	124.08	mg/l	Hasta 20 000.00	Sin referencia
SOLIDOS FIJOS TOTALES	2540.8 <sup>1</sup>	132.08	mg/l	Hasta 20 000.00	Sin referencia
SOLIDOS SEDIMENTABLES	2540.8 <sup>1</sup>	< 0.1	mg/l	0.1 a 1 000.0	Sin referencia

Unidad de Medida		Unidad de Medida		Unidad de Medida	
PH	7.61	Unidades de pH			
Temperatura	24.3 °C				
Oxígeno Disuelto	5.11 mg/l				
Saturación de Oxígeno Disuelto	62.3 %				

**Referencias:**

<sup>1</sup> American Public Health Association (APHA). (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21<sup>st</sup> ed. New York: APHA.

<sup>2</sup> Centro Nicaragüense de Investigación en Recursos Acuáticos (CIRA/UNAN). *Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales*. 2016. Managua, Nicaragua.



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua**  
 Hospital Morán España 300 m al norte, Telefonos: (505) 2278 0961, 2278 6707, 2278 0962  
 Telefax: (505) 2267 8169, apartado postal 4596, correo: ventas.servicio@cira-unan.edu.ni



### Resultados Análisis Físico Químicos

CLIENTE	MATRIZ DE LA MUESTRA	AGUA NATURAL
<b>MANIÁ RUBENIA ORTIZ</b> Semáforo ENITEL Villa Fontana 500 metros al norte Managua, Managua Tel. 22786981 Ext. 8320	FUENTE	No reportada
	IDENTIFICACION PROPORCIONADA POR EL CLIENTE	Mueja (71)
	LUGAR Y/O COMUNIDAD	Temp. Almacenamiento Mueja
	MUNICIPIO, DEPARTAMENTO	Químico, Presión Mueja
	COORDENADAS	No Reportada
	ELEVACION	No Reportada
	FECHA DE MUESTREO	2016-04-27
	HORA DE MUESTREO	02 h 13
	CODIGO DEL LABORATORIO	AN-008
	FECHA DE RECEPCION	2016-04-29
FECHA DE FINO DEL ANALISIS	2016-04-29	
FECHA DEL REPORTE	2016-05-20	

### DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS

En función de las prescripciones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra codificada como AN-508 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la Información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la Institución por un tiempo de 5 años.



AREA ANALITICA  
CISA/UNAN

*[Firma]*  
AREA ANALITICA

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí señalados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veinte días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.





**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua**  
Registro Mercantil Tipo de 2403 en el libro 10007. Telefonos: (505) 2278 6881, 2278 6701, 2278 6902  
 Telefax (505) 2267 8169, apartado postal 4698, correo: venias.semeyos@unad.edu.ni



**Resultados Analíticos Risco Químicos**

**CLIENTE**

**MARÍA RUBENIA ORTIZ**  
 Semáforos ENITEL Villa Fontana 500 metros al norte  
 Managua, Managua  
 Tel. 22780581 Fax. 3320

**AGUA NATURAL**  
 No controlada  
 (Método ITI)  
 Tanco Almacén Cerro Mito  
 Guinza, Francisco Morazan  
 No Reportada  
 No Reportada  
 2016-44-27  
 09:17

**AGUA NATURAL**  
 No controlada  
 (Método ITI)  
 Tanco Almacén Cerro Mito  
 Guinza, Francisco Morazan  
 No Reportada  
 No Reportada  
 2016-44-27  
 2016-2520

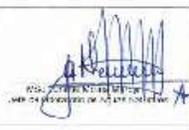
**CLIENTE EN CONTACTO**  
 FECHA DE CONTACTO:  
 FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS:  
 FECHA DE FIN DEL ANÁLISIS:

Parámetro	Método	Límite de		Valores máximos admisibles	
		Detección	Resultados	Unidades	CMR/10 <sup>3</sup>
SÓLIDOS TOTALES	2540.21		200.00	mg/l	1000.00 mg/l
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	2540.21		50.00	mg/l	1000.00 mg/l
SÓLIDOS SUSPENDIDOS (S) ALBOS	2540.21		100.00	mg/l	1000.00 mg/l
SÓLIDOS VOLÁTILES TOTALES	2540.21		100.00	mg/l	1000.00 mg/l
SÓLIDOS FIJOS TOTALES	2540.21		100.00	mg/l	1000.00 mg/l
SÓLIDOS INORGÁNICOS	2540.21		1.00	mg/l	1000.00 mg/l

**Datos de campo:**  
 pH: 7.87 (muestras de pH)  
 Temperatura: 24.8°C  
 Oxígeno Disuelto: 5.1 mg/l  
 Saturación de Oxígeno Disuelto: 125.1%



María Rubenia Ortiz  
 Cliente



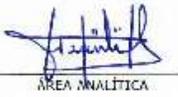
ÁREA ANALÍTICA  
 CIRA/UNAN

**Referencias:**  
 Instrucción Técnica Normativa (ITN) N.º 1001, Aspectos Básicos de Evaluación de la Contaminación Ambiental y su Control y Vigilancia  
 Comité Costarricense Regulador de la Calidad del Agua, Normativa de Centroamérica, Documento Normativo CA/199/010, Comité de Control de Calidad de Aguas Superficiales, 1992, Costa Rica

**DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS**

En función de las presiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN) 04 (01.05) el Laboratorio de Aguas Naturales hace constar que la muestra clasificada como AN 508 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Aguas Naturales".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la oficina general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la institución por un tiempo de 5 años.

**ÁREA ANALÍTICA**  
**CIRA/UNAN**

Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al agua ensayada. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar el Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRAUNAN Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expreso y formal consentimiento del Cliente.

Managua, a los veinte días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.



**ÁREA TÉCNICA, ASESURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD**  
**INSTRUMENTOS, ASESURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD**  
**CIRA/UNAN**

Anexo 8. Resultado de análisis de Triazinas.

2016-CO-130



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua**  
**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua**  
 Avenida Benito Juárez 313 al norte, Teléfono: (505) 2278 5551, 2278 0751, 2278 6962  
 Telefax: (505) 2267 5169, apartado postal 4938, correo: centros.cien@unin.edu.ni



**Resultados Analíticos de Herbicidas**

**CLIENTE**

**María Rubén Ortiz**  
 Sembradora Entel Vía Forestal 503 al norte  
 Managua, Managua  
 Tel. 22786961 Ext. 1329

**SEMINOCLASIFICACION**  
 FUMI F  
 EFECTIVIDAD PROPECIOCLASIFICACION  
 USAR N/C COPOLIMERO  
 MANEJO DE FUMIGACIONES  
 COORDINADOR  
 DILUYOR  
 FORMA FUMIGACION  
 MODALIDAD FUMIGACION

**ACER NACIONAL**  
 Sistema  
 Distrito  
 Control de Calidad, El Centro  
 Sucesos, Pinar del Mar  
 No. ejemplares  
 No. control  
 21644-27  
 21644

**COORDINADOR**  
 FORMA FUMIGACION  
 MODALIDAD FUMIGACION  
 FORMA FUMIGACION

CO-130  
 21644-29  
 21644-31  
 21644-27

**OTROS**

OTROS Analisis: No Detectado

Fecha de Campo: 21/05/2016

Temperatura: 28.7°C

Chubasco: 430mm

Humedad: 85%

**Referencias**

\*Procedimientos Operativos para el control de calidad de los alimentos para acuicultura. CO-004-MON-004



V. Ochoa



F. Rodríguez

Managua, a los veintidós días del mes de mayo del año dos mil dieciséis



**AREA TECNICA ASESORAMIENTO TECNICO Y CONTROL DE LA CALIDAD**

**DECLARACION DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALITICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS**

En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN) 04-014-01, a 1 elemento de Contaminantes Orgánicos (AO) se constata que la muestra controlada como CO-130 fue controlada y transportada a esta laboratoria por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el laboratorio para el aseguramiento de la calidad de la información presentada en este reporte. Los Procedimientos de mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Orgánicos".

Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relativos al procesamiento de la muestra que se encuentran en el libro correspondiente a análisis solicitado en la biblioteca general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los almacenará la institución por un tiempo de 5 años.





AREA ANALITICA

**AREA ANALITICA**  
**CIRA/LINAN**

Los resultados analíticos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí analizados, bajo su propia responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo el nombre y forma abreviada de la Dirección. Por su parte, el CIRA/LINAN Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expresa y formal consentimiento del Cliente.

Página 1 de 1

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua		Resultados Analíticos de Hebridos		
 <p>Hospital Monte España 300 m al norte, Teléfonos: (505) 2278 6981, 2278 6767, 2278 6982 Teletex: (505) 2267 6166, apertado postal 4566, correo: ventas.servicios@cira-unan.edu.ni</p>				
<b>CLIENTE</b> María Ruleria Ortiz Semáforos Entrel Villa Fontana 500 m al norte Managua, Managua Tel: 22786981 Ext. 8328		<b>ORIGEN DE LA MUESTRA:</b> FUENTE: IDENTIFICACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE LUGAR Y/O COMUNIDAD: BONDOLC, DEPARTAMENTO: COORDINADORA: ELEVAOR: FECHA DE MUESTREO: HORA DE MUESTREO:		
		<b>ANÁLISIS:</b> Método: Heterociclo Ubicación: Guinaca, Francisco Morazán No reportado: No reportado 2016-04-27 10 H:38		
		CÓDIGO DEL LABORATORIO: 021 - 131 FECHA DE RECEPCIÓN: 2016-04-26 FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS: 2016-04-26 FECHA DEL REPORTE: 2016-05-27		
Parámetros	Método	Límite de Detección	Resultados	Unidades
AMETRINA	ORAN UNAN	0,28	AVD	µg/l
ATRAZINA		0,25	AVD	µg/l
ATRAZINA		0,28	AVD	µg/l
CLAVAZINA		0,28	AVD	µg/l
PROMETON		0,28	AVD	µg/l
PROXIFENSA		0,20	AVD	µg/l
PROPANSA		0,20	AVD	µg/l
SECURETON		0,20	AVD	µg/l
IMAZAHA		0,25	AVD	µg/l
IMAZAHA		0,26	AVD	µg/l
TERBUTAZINA		0,28	AVD	µg/l
TERBUTAZINA		0,28	AVD	µg/l
<b>Comentarios:</b> AND: Analizado, No Detectado		<b>Fecha de Campo:</b> pH: No reportado Temperatura: 23,1°C Oígeno Disuelto: 5,5 mg/l Saturación de O2: 71,2 %		
<b>Referencias:</b> Procedimientos Operativos Normalizados para la Determinación de Hebridos Triaxiales en aguas subterráneas, PONDICAT, MPON-0138		 Lic. Víctor Valde Leizaola		
		 Lic. Georgette Muñoz Rodríguez Jefe de Laboratorio de Contaminantes Orgánicos		
<b>DECLARACIÓN DEL ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD ANALÍTICA EN ESTE REPORTE DE RESULTADOS</b>				
En función de las previsiones contenidas en la Norma Técnica Nicaragüense (NTN 04 001 05), el Laboratorio de Contaminantes Orgánicos hace constar que la muestra codificada como CO - 131 fue captada, preservada y transportada a este laboratorio por el Cliente. Ha sido procesada de acuerdo a los Procedimientos Operativos Normalizados establecidos por el Laboratorio para el Aseguramiento de la Calidad de la información presentada en este reporte. Los Procedimientos en mención son los descritos en el "Manual de Procedimientos Operativos Normalizados del Laboratorio de Contaminantes Orgánicos".				
Conservamos los resultados cualitativos y cuantitativos relevantes al procesamiento de la muestra que se encuentran en el tomo correspondiente al análisis solicitado en la bitácora general del laboratorio. Asimismo, copia de estos registros los mantendrá la institución por un tiempo de 5 años.				
  AREA ANALITICA				
<b>AREA ANALITICA CIRA/UNAN</b>				
Los resultados emitidos en este informe se refieren únicamente al objeto ensayado. El Cliente está en libertad de reproducir total o parcialmente los resultados aquí anotados, bajo su propio nombre y responsabilidad. Podrá citar al Centro bajo expresa y formal autorización de la Dirección. Por su parte, el CIRA/UNAN-Managua se compromete a mantener confidencialidad del contenido de este informe de resultados, salvo expresa y formal consentimiento del Cliente.				
Managua, a los veintiseis días del mes de mayo del año dos mil dieciséis.				
 <b>AREA TECNICA, ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE LA CALIDAD</b>				