

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Suroccidente
Ingeniería En Gestión Ambiental Local



TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación del sistema de agua entubada y de pozos artesanales en el cantón
Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.

POR:

Liza Fernanda Samayoa Boteo
201443816

ASESOR

MSc. Sharon Quiñónez Melgar

Mazatenango, Suchitepéquez noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

M. A. Pablo Ernesto Oliva

Rector en Funciones

MSc. Gustavo Enrique Taracena G.

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJODIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE
SUROCCIDENTE**

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE GRADUADO DE CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

T.P.A. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE Rony Roderico Alonzo Solis

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

Lic. Edín Aníbal Ortiz Lara
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

MSc. José Norberto Thomas Villatoro
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Ing. Luis Alfredo Tobar Piril
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Lic. Sergio Román Espinoza Antón
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez
Coordinador de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.S. Juan Pablo Ángeles Lam
Coordinador Carrera Periodista Profesional y
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

DEDICATORIA

- A DIOS:** por ser quien me dio la vida, la sabiduría, las fuerzas, la inteligencia, la bendición, la prosperidad y el resguardo ante todo mal para lograr esta meta.
- A MIS PADRES:** Myra Yesenia Boteo Bracamonte y Walter Humberto Samayoa Paúl, por apoyar cada una de mis metas, brindarme los recursos necesarios para lograrlas y brindarme todo su amor y paciencia incondicionalmente y ser un gran ejemplo a seguir.
- A MI HERMANA:** Alejandra Gabriela Samayoa Boteo, por brindarme su amor, apoyo, paciencia, consejos y ayuda académica incondicionalmente.
- A MIS MEJORES AMIGAS:** Jimena Ronquillo, Sharon Castillo y Margarita Toledo, por el apoyo, consejos, ayuda académica, amistad y amor incondicional durante el desarrollo de mi carrera.
- A MI NOVIO:** German Orozco, por apoyar cada meta, cada paso a dar, por brindarme su ayuda académica y económica, por los consejos, por su paciencia, amistad y amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

- A:** La Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro Universitario de Suroccidente por ser el alma máter y casa de estudios que me brindó la oportunidad de formarme profesionalmente.

- A:** La carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por cada uno de los conocimientos brindados en la formación académica.

- A:** El Programa de Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario (EPSUM), por la oportunidad de formar parte de su programa, brindar el incentivo económico y permitirme desarrollar el EPS de la mejor manera.

- A:** El Laboratorio de Aguas CUNSUROC-USAC, por cooperar al desarrollo exitosamente de mi Investigación Inferencial dentro del EPS.

- A:** La Maestra Sharon Quiñónez, por la asesoría, apoyo, amistad, paciencia, cariño y conocimientos brindados durante el proceso de EPS.

- A:** Mis evaluadores, MSc. Karen Pérez y al Ing. Allan Castro, por el apoyo, paciencia, comprensión, cariño y conocimientos brindados durante el proceso de la Investigación Inferencial.

- A:** Docentes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por sus enseñanzas, consejos, apoyo y cariño durante los años de estudio.

- A:** Mis amigos, José Soto, José Zarceño, Herbert Figueroa y Elvis Poz, por estar conmigo en cada una de las experiencias universitarias, consejos, ayuda académica y sobre todo por brindarme su amistad y amor incondicional.

Índice general

Contenido	página
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. Introducción	1
II. Revisión de literatura	3
2.1. Marco contextual	3
2.1.1. Nombre de la unidad de práctica	3
2.1.2. Historia	3
2.1.3. El territorio	3
2.1.3.1. Ubicación geográfica	3
2.1.3.2. División política.	4
2.1.3.3. Organización	5
2.1.4. Caracterización socioeconómica	5
2.1.4.1. Demografía	5
2.1.4.2. Vivienda	6
2.1.4.3. Educación	6
2.1.4.4. Salud.....	6
2.1.4.5. Economía	8
2.1.4.6. Servicios básicos.....	8
2.1.5. Zona de vida.....	9
2.1.6. Suelos	9
2.1.7. Hidrología	9
2.2. Marco teórico.....	10
2.2.1. Generalidades del agua.....	10
2.2.2. Fuentes de recurso hídrico	12
2.2.3. Tipos de agua.....	14
2.2.4. Usos del agua.....	15
2.2.5. El agua en Guatemala	16
2.2.5.1. Usos del agua en Guatemala	17

2.2.6.	Factores que influyen principalmente en la calidad del agua según el uso del suelo	18
2.2.7.	Relación de los servicios de agua potable y saneamiento con la salud, la nutrición, la educación, la pobreza y género	21
2.2.8.	Enfermedades causadas por consumir agua contaminada.....	22
2.2.9.	Regulación para el agua y saneamiento en Guatemala	26
2.2.10.	Muestreo del agua para consumo humano	31
2.2.10.1.	Recipientes, volumen y condiciones de manipulación y transporte de las muestras	32
2.2.11.	Análisis del agua para consumo humano	33
2.2.11.1.	Análisis físico.....	34
2.2.11.2.	Análisis químico	36
2.2.11.3.	Examen bacteriológico.....	39
2.2.12.	Manual de funcionamiento y evaluación del agua para consumo..... humano.....	44
III.	Objetivos.....	46
3.1.	General.....	46
3.2.	Específicos	46
IV.	Materiales y métodos.....	47
4.1.	Materiales.....	47
4.2.	Metodología.....	48
4.2.1.	Información general de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo en el cantón Taracena.	48
4.2.2.	Determinación de la calidad del agua para consumo humano en..... cantón Taracena.	50
4.2.3.	Identificación de los principales factores que influyen en la calidad.... del agua según el uso de suelo actual en el cantón Taracena.	55
4.2.4.	Identificación de la influencia de la calidad del agua de consumo actual con la causa de enfermedades e infecciones gastrointestinales en los habitantes.....	56

4.2.5. Propuesta de manual de funcionamiento y evaluación periódica del agua para consumo humano en el cantón Taracena.....	57
V. Resultados y discusión	58
5.1. Información general de los sistemas de abastecimiento de agua en el..... cantón Taracena.	58
5.1.1. Componentes y tipo de tratamiento del servicio de agua entubada	58
5.1.2. Usuarios del servicio de agua entubada y usuarios de pozos..... artesanales familiares	65
5.1.3. Generación de mapa de usuarios de ambos sistemas de..... abastecimiento de agua	66
5.2. Calidad del agua para consumo humano en cantón Taracena.	68
5.3. Factores que influyen en la calidad del agua según el uso del suelo actual de cantón Taracena.	69
5.3.1. Definición del uso del suelo del cantón Taracena	71
5.3.2. Factores que influyen en la calidad del agua según el uso de suelo... actual en el cantón Taracena.	72
5.4. Influencia de la calidad del agua de consumo actual con la causa de..... enfermedades e infecciones gastrointestinales en los habitantes.	81
5.5. Propuesta de manual de funcionamiento y evaluación del agua para..... consumo humano en cantón Taracena.	83
VI. Conclusiones	85
VII. Recomendaciones	87
VIII.Referencias bibliográficas	89
IX. Anexos	95

Índice de cuadros

Cuadro	página
Cuadro 1. Índices de enfermedades del municipio de Santo Domingo, Such.....	6
Cuadro 2. Casos de morbilidad del municipio de Santo Domingo, Suchitepéquez..	7
Cuadro 3. Características físicas y organolépticas del agua para consumo.....	
humano.....	34
Cuadro 4. Características químicas del agua para consumo humano.....	36
Cuadro 5. Características microbiológicas del agua para consumo humano.....	41
Cuadro 6. Características químicas del agua para consumo humano.....	41
Cuadro 7. Características químicas del agua para consumo humano.....	42
Cuadro 8. Características químicas del agua para consumo humano.....	43
Cuadro 9. Valores radiológicos del agua para consumo humano.....	44
Cuadro 10. Indicadores de radiación en el agua para consumo humano.....	44
Cuadro 11. Materiales y presupuesto de la investigación.....	47
Cuadro 12. Características físicas y organolépticas del agua para consumo.....	
humano.....	53
Cuadro 13. Características químicas del agua para consumo humano.....	53
Cuadro 14. Características microbiológicas del agua para consumo humano.....	54
Cuadro 15. Escala de calificación utilizada en factores que influyen en la calidad	
del agua.....	55
Cuadro 16. Costos actuales del sistema de agua entubada.....	60
Cuadro 17. Tabla de costos del sistema de agua entubada con mejoras.....	61
Cuadro 18. Boleta de información del sistema de tratamiento del agua en el.....	
cantón Taracena.....	63
Cuadro 19. Ponderación de los factores que influyen en la calidad del agua.....	
según el uso de suelo actual en cantón Taracena.....	79
Cuadro 20. Diez primeras causas de morbilidad en Santo Domingo.....	
Suchitepéquez del año 2020.....	81
Cuadro 21. Diez primeras causas de morbilidad en el municipio de Santo.....	
Domingo Suchitepéquez del año 2021.....	82

Cuadro 22. Ficha de observación al sistema de agua entubada.....	105
Cuadro 23. Resultados de análisis físico-químico de ambos sistemas..... de abastecimiento de agua	108
Cuadro 24. Resultados de análisis microbiológico de ambos..... sistemas de abastecimiento de agua.	109
Cuadro 25. Cronograma de actividades.	110

Índice de figuras

Figura	página
Figura 1. Mapa de sectorización del cantón Taracena.....	4
Figura 2. Organigrama del COCODE de cantón Taracena.....	5
Figura 3. Mapa hidrológico del cantón Taracena.....	10
Figura 4. Distribución de agua en el planeta.....	11
Figura 5. Usos del agua.....	17
Figura 6. Factores que influyen en la calidad del agua.....	20
Figura 7. Normativa de agua y saneamiento en Guatemala.....	30
Figura 8. Mapa de ubicación de usuarios y toma de muestra del sistema de agua entubada.....	66
Figura 9. Mapa de ubicación de usuarios y toma de muestras del sistema de pozo artesanal.....	67
Figura 10. Mapa del uso del suelo actual en el cantón Taracena.....	71
Figura 11. Marcación de puntos en el cantón Taracena.	95
Figura 12. Entrevista a Fontanero del cantón.....	95
Figura 13. Obtención de información general del sistema de tratamiento.....	96
Figura 14. Entrevista al presidente del COCODE.....	96
Figura 15. Toma de muestra de agua entubada	97
Figura 16. Toma de muestra en Tanque de captación.	97
Figura 17. Toma de muestra de agua en pozo No. 13 sector sur.	98
Figura 18. Toma de muestra de agua pozo No. 50, sector inicial.	98
Figura 19. Toma de muestra de agua pozo No. 45, sector central.	98
Figura 20. Entrega de trifoliales sobre manual en el cantón Taracena.	99
Figura 21. Entrega de trifoliales sobre manual a personas del lugar.	99
Figura 22. Resultados de censo general	107
Figura 23. Plano de la red de distribución del agua en cantón Taracena.....	111
Figura 24. Análisis físico-químico de tanque de captación de agua entubada.....	112
Figura 25. Análisis microbiológico de tanque de captación de agua entubada.....	113

Figura 26. Análisis físico-químico de la ultima vivienda de red de distribucion de agua entubada.....	114
Figura 27. Análisis microbiológico de la ultima vivienda de red de distribucion de agua entubada.....	115
Figura 28. Análisis físico-químico de pozo artesanal No. 50.....	116
Figura 29. Análisis microbiológico de pozo artesanal No. 50	117
Figura 30. Análisis físico-químico de pozo artesanal No. 45.....	118
Figura 31. Análisis microbiológico de pozo No. 45.....	119
Figura 32. Análisis físico-químico de pozo No. 13.....	120
Figura 33. Análisis microbiológico de pozo No. 13	121

Resumen

La siguiente investigación fue realizada con el objetivo de evaluar la calidad del agua de los dos sistemas de abastecimiento dentro del cantón Taracena del municipio de Santo Domingo Suchitepéquez. Para lograrlo se hizo la recolección de cinco muestras de agua, dos en el servicio de agua entubada y tres en pozos artesanales; se realizó un censo para determinar la cantidad de usuarios, verificar la salud de las personas y evaluar la calidad de cada sistema, se aplicaron encuestas a miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) y al inspector de saneamiento del centro de salud, se identificaron los principales factores según el uso del suelo que influyen en la calidad del agua y se relacionó la calidad del agua obtenida con la morbilidad del municipio.

Los resultados obtenidos demuestran que ambos sistemas cumplen con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001, siendo, aptos para consumo humano al momento del muestreo; se identificaron también ocho factores que afectan la calidad del agua con base en la definición del uso del suelo agrupados en una escala de valoración.

En virtud de los mismos se concluye que la calidad del agua consumida por los habitantes al momento del muestreo no puede relacionarse con las enfermedades gastrointestinales padecidas con mayor frecuencia, lo cual implica que, estas pueden ser provocadas por otros motivos, tales como: no utilizar las buenas prácticas de higiene, el deficiente saneamiento ambiental del lugar, la inadecuada manipulación y el incorrecto almacenamiento del agua previo a consumirla.

Por último, se propuso un manual de funcionamiento y evaluación del agua para consumo humano en cantón Taracena, este documento contiene los lineamientos necesarios para la correcta manipulación y almacenamiento del agua dentro de los hogares, así como las buenas prácticas de higiene personal, con el propósito de que la población del lugar consuma agua libre de contaminantes que les puedan generar enfermedades que afecten su salud.

Abstract

The following investigation was carried out with the objective of evaluating the water quality of the two supply systems in cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez. To achieve this, five water samples were collected, two from the piped water service and three from artisan wells; a census was carried out to determine the number of users, verify the health of the people and evaluate the quality of each system, surveys were applied to members of Community Development Council (CODECO) and the sanitation inspector of the health center, the main factors were identified according to the use of the soil that influence the quality of the water and the quality of the water obtained was related to the morbidity of the town.

The results obtained show that both supply systems comply with the parameters established in the Guatemala Technical Rules COGUANOR NTG 29001, being suitable for human consumption at the time of sampling; eight factors that affect water quality were also identified based on the definition of land use grouped in an assessment scale.

By virtue of them, it is concluded that the quality of the water consumed by the inhabitants at the time of sampling cannot be related to the gastrointestinal diseases suffered, which implies that these can be caused by other reasons, such as: not using good hygiene practices, poor environmental sanitation of the place, improper handling and incorrect storage of water prior to consume.

Finally, an operation and evaluation of the water for consumption in cantón Taracena manual is proposed, this document contains the necessary guidelines for the correct handling and storage of water within homes, as well as good personal hygiene practices, in order for the local population to consume water free of contaminants that can generate diseases that affect their health.

I. Introducción

La investigación inferencial que se presenta a continuación se llevó a cabo en cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez, el cual tiene una extensión territorial de 190 hectáreas, dividido en tres sectores y es parte del área rural del municipio. Según el censo realizado en el presente año (2021) por la municipalidad, la población del lugar asciende a 1,076 habitantes distribuidos en 208 viviendas, quienes en su mayoría se dedican a actividades pecuarias, agrícolas, comercio y construcción.

Durante la fase de diagnóstico se determinó que los sistemas principales de abastecimiento de agua en la población actualmente son dos: el servicio comunal de agua entubada, el cual cuenta con un pozo mecánico y pozos artesanales familiares. Se identificó que el saneamiento ambiental del lugar es inadecuado, pues, no existe un sistema de drenaje instalado, por lo que, los pobladores utilizan letrinas para satisfacer sus necesidades, las cuales, en su mayoría están ubicadas a pocos metros de los pozos usados para abastecerse de agua para consumo. Por tal motivo, surgió la preocupación y la necesidad de las autoridades comunitarias de identificar si el agua de ambos sistemas es apta para el consumo humano.

El objetivo general de la investigación consistió en evaluar la calidad del sistema de agua entubada y de pozos artesanales en el área de estudio, esto se logró, determinando si el agua de ambos sistemas es apta para el consumo humano, identificando los factores que pueden influir en la calidad del agua según el uso del suelo y su relación con la causa de enfermedades e infecciones gastrointestinales en los habitantes.

La metodología propuesta para el alcance de los objetivos planteados incluyó la toma de muestras en las dos fuentes de abastecimiento de agua, para llevar a cabo el análisis físico-químico y microbiológico de acuerdo a la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001. Además se obtuvo información general sobre ambos sistemas (entubada y pozos), se definieron las enfermedades

relacionadas con la calidad del agua y la cantidad de usuarios que utilizan cada sistema a través de un censo, entrevistas a miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo y personal del Centro de Salud, así mismo, se realizó la fotointerpretación de imágenes satelitales para definir el uso del suelo e investigaciones bibliográficas para identificar los factores principales que pueden influir en la calidad del agua según el uso de este.

II. Revisión de literatura

2.1. Marco contextual

2.1.1. Nombre de la unidad de práctica

Cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.

2.1.2. Historia

El Cantón Taracena se fundó en el año 1925, actualmente se llama así en honor al Coronel Vicente Estrada Taracena, quien compró esas tierras a finca La Legua en el año 1920. En el año 1935 el coronel lo heredó a sus hijos y en el año 1940 vendieron las tierras a personas de escasos recursos por el costo de Q5.00 por cuerda. (Barrientos A. , 2019, pág. 3)

Luego de ser finca el territorio paso a ser caserío y con el tiempo se convirtió en cantón, lo que es hoy actualmente. El primer centro educativo fue fundado en el año 1987, su construcción fue de madera, en un terreno que donó el sacerdote Hugo Reyes, contaba con dos aulas y las clases eran impartidas por el profesor Augusto Lara. (Barrientos A. , 2019, pág. 3 y 4)

El primer Consejo Comunitario de Desarrollo surgió con el objetivo de brindarles un espacio de participación a los pobladores del cantón, el primer presidente fue el señor Lázaro Jóchala, este fue puesto por el alcalde municipal en servicio en esa época y en el año 2008 se eligió al primer presidente del COCODE el Sr. Mardoqueo Morales y actualmente el presidente elegido en el año 2021 fue el Sr. Abel Escobar. (FUNDAZUCAR, 2015 pág. 13)

2.1.3. El territorio

2.1.3.1. Ubicación geográfica

Está a 14 Km de la cabecera departamental y a 4 Km del parque central del municipio Santo Domingo Suchitepéquez, con las coordenadas 14° 29' 40" latitud norte y 91° 29' 39" latitud oeste, a 256 metros sobre el nivel del mar. (Barrientos A. , 2019, pág. 3)

2.1.3.2. División política.

El siguiente mapa representa la delimitación y sectorización de cantón Taracena.

DELIMITACIÓN Y SECTORIZACIÓN *de Cantón Taracena, Santo Domingo, Suchitepéquez*

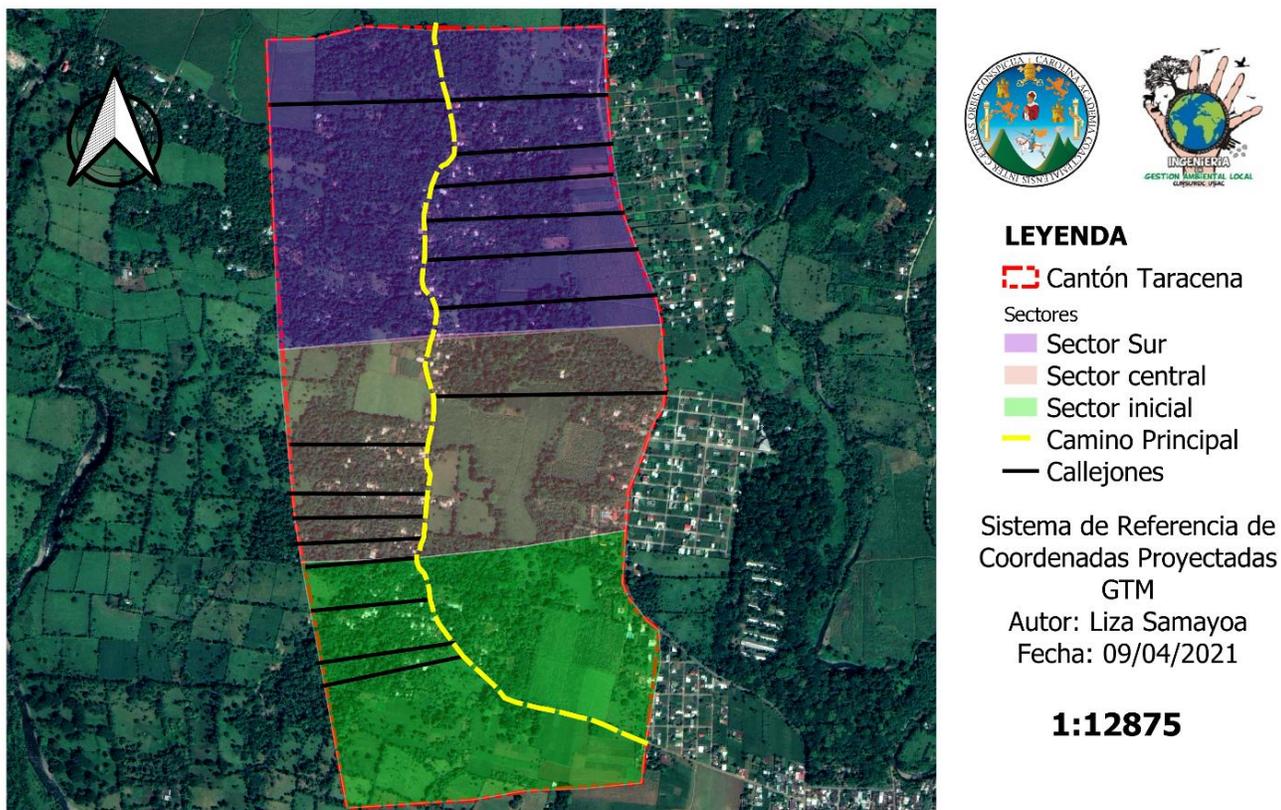


Figura 1. Mapa de sectorización del cantón Taracena

Fuente: con base en imágenes satelitales descargadas de Google Earth, 2020

Cantón Taracena pertenece al área rural del municipio de Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez y políticamente está dividido en tres sectores que son: el sector sur colindante de finca La Legua, el sector central colindante de aldea Chimulhua y el sector inicial colindante de lotificación San Fernando.

2.1.3.3. Organización

La población de cantón Taracena está organizada a través de la figura de un Consejo Comunitario de Desarrollo, el cual tiene siguiente estructura:

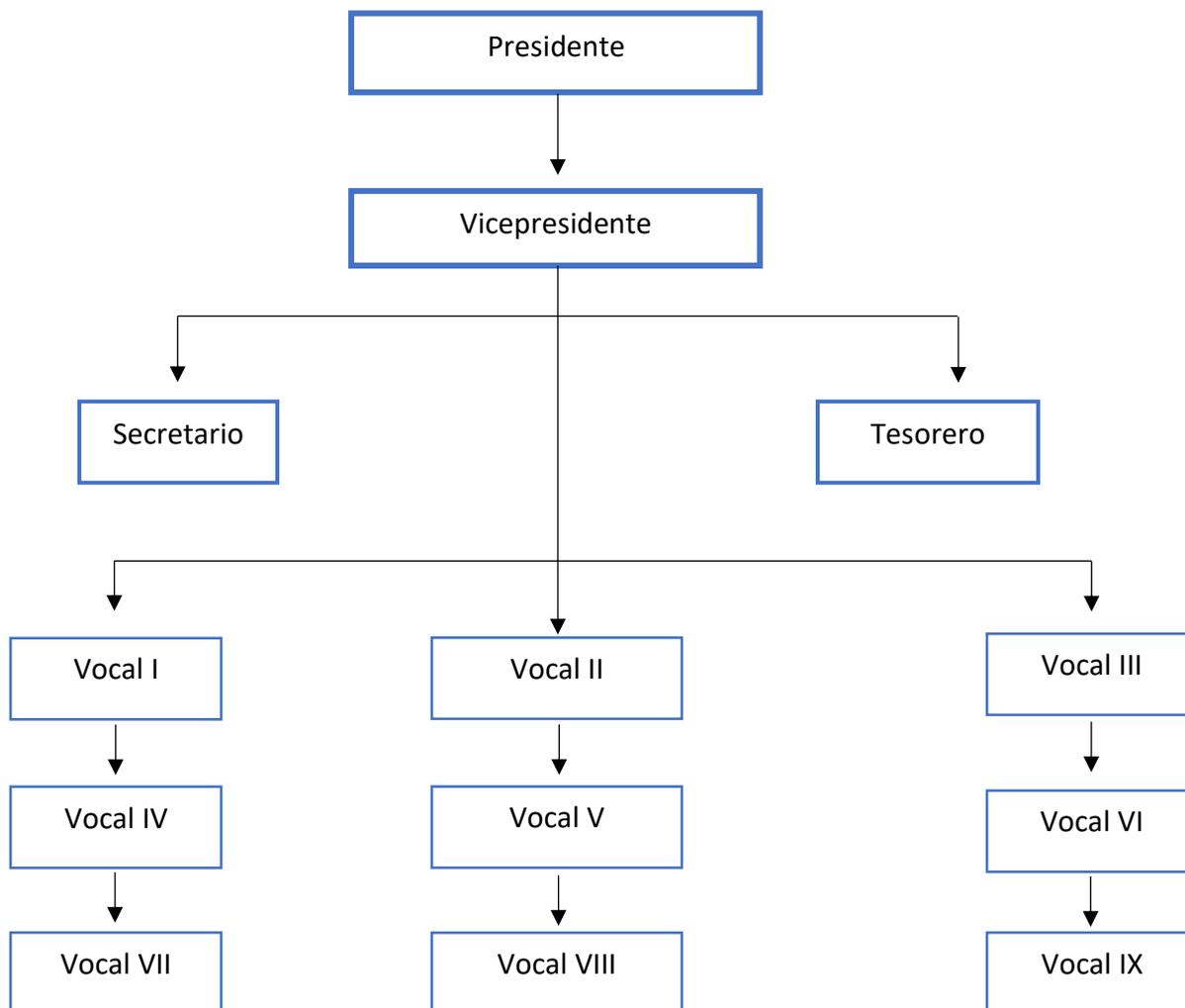


Figura 2. Organigrama del COCODE de cantón Taracena

Fuente: con base en el diagnóstico socio ambiental de cantón Taracena, 2019, pág. 32

2.1.4. Caracterización socioeconómica

2.1.4.1. Demografía

Los habitantes de cantón Taracena ascienden a 1,076 equivalentes a 208 viviendas. (García, Samayoa, Par, Santos, 2021, pág. 1)

2.1.4.2. Vivienda

Las casas de los pobladores del cantón son de 40% madera, 4% de lepa y el resto de block y madera, suelen tener piso de concreto o de tierra y techo de lámina. (Barrientos A. , 2019, pág. 9)

2.1.4.3. Educación

En el cantón Taracena únicamente hay un centro educativo llamado “Escuela Oficial Rural Mixta del Cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez”, este es del nivel pre-primario y primario; está estructurado en block y concreto y cuenta con toda la organización institucional por parte del Ministerio de Educación. (Barrientos A. , 2019, pág. 9)

El nivel de alfabetismo en el cantón es del 40%, quiere decir que, el 60% restantes es la población que logró un nivel escolar, siendo estos, el nivel primario, básico o diversificado. La mayoría de la población alfabeta se encuentra entre los habitantes menores a 50 años, siendo en su mayoría, adolescentes, ya que actualmente son ellos los que han estado en constante educación. (Barrientos A. , 2019, pág. 9 y 10)

2.1.4.4. Salud

Según la sala situacional del municipio brindada por el Ministerio de Salud y Asistencia Social (2020), los índices de salud son los siguientes:

- **Índice de enfermedades, casos totales y porcentaje por cada mil habitantes.**

El siguiente cuadro contiene la información específica sobre los casos totales y en porcentaje por cada mil habitantes de las enfermedades en el municipio de Santo Domingo Suchitepéquez del año 2020:

Cuadro 1.: Índices de enfermedades del municipio de Santo Domingo, Such.

Municipio	Santo Domingo, Suchitepéquez	
No. De habitantes por área	Urbana (32.7%)	Rural (67.3%)
	12,667	26,070
Sexo	Mujeres	Hombres
	20,050	18,687

INDICES DE SALUD 2020		
Nombre	Casos totales	Tasa porcentual por cada 1,000 hab.
Vigilancia epidemiológica	482	12.13%
Hepatitis viral A	2	0.05%
Otras infecciones respiratorias agudas	1,481	38.2%
Resfriado común	1,950	50.3%
Neumonías y bronconeumonías	57	1.4%
Desnutrición proteica calórica	9	0.1%
Tuberculosis	20	-----
VIH/SIDA	289	-----
Dengue	2	0.052%
Malaria clínica	30	0.78%
Malaria confirmada	9	0.2%

Fuente: con base en la sala situacional del MSAS en Santo Domingo Suchitepéquez, 2020

- **Tasa de morbilidad del municipio**

A continuación, se presentan los datos específicos sobre la tasa de morbilidad del municipio de Santo Domingo Suchitepéquez presentadas en el año 2020:

Cuadro 2. Casos de morbilidad del municipio de Santo Domingo, Suchitepéquez.

Morbilidad	Casos				
	Niños menores de 1 mes	niños 1 a 4 años	Adolescentes	Mujeres en edad fértil	Adulto mayor (60 a +)
Resfriado común	20	723	67	400	399
Amebiasis	0	357	28	285	287
Amigdalitis	0	227	68	474	482
Nf. Intestinal	0	197	43	0	0
Parasitismo	0	182	72	399	391
Impétigo	4	142	54	108	115
Tos	0	98	10	71	0
ITU	0	87	126	1015	998
Enf. De tráquea bronquial	1	79	32	0	0
Edas	1	52	8	0	0
Gastritis	0	0	0	566	648
Depleción del volumen	0	0	0	122	155
Anemia	0	0	0	175	98
Cefalea	0	0	0	0	245
Resto de causas	23	1,663	752	4512	4960
TOTAL	49	3807	1260	8127	8778

Fuente: con base en la sala situacional del MSAS en Santo Domingo Suchitepéquez, 2020

Conforme a las tablas, cabe destacar, que dentro de los índices de morbilidad en el municipio se tienen enfermedades relacionadas al consumo de agua contaminada, tales como: la amebiasis, el parasitismo, el dengue y la malaria. Estas pueden observarse resaltadas con el color amarillo dentro de cada una de las tablas.

Respecto a servicios de salud en cantón Taracena se tiene conocimiento de que en el lugar existe un dispensario médico, implementado por los estudiantes del programa de Ejercicio Profesional Supervisado Multiprofesional (EPSUM, 2020) Cohorte II con apoyo de la Dirección Municipal de la Mujer.

2.1.4.5. Economía

El 31.3% de la población se dedica a la agricultura, el 32.8% trabaja de empleado para empresas privadas y públicas, el 23.9% se dedica al trabajo de albañilería, el 9% tiene negocios propios como tiendas de abarrotería, tortillerías, farmacias y negocio de internet y el resto trabaja de comerciantes en mercados locales y dentro del cantón. (García, Samayoa, Par, Santos, 2021, pág. 1)

2.1.4.6. Servicios básicos

En el cantón Taracena actualmente funciona el servicio eléctrico, a través de alumbrado público e instalación de energía eléctrica en las viviendas.

Dentro del cantón se tiene también instalado el servicio de agua potable; es un sistema de agua entubada que abastece a través de un pozo mecánico un tanque de captación, con el sistema de cloración como tratamiento químico.

Lamentablemente el cantón no cuenta con el servicio de drenaje ni un sistema de drenajes instalado, por lo que, los sistemas de aguas residuales descargan en su mayoría hacia el río Yaquijá y hacia la calle principal del cantón sin previo tratamiento. (Barrientos A. , 2019, pág. 1)

2.1.5. Zona de vida

El territorio de cantón Taracena se encuentra en la zona de vida “bosque muy húmedo tropical (cálido) –bmh-S(c)”. Las condiciones climáticas son favorables, la temperatura mínima es de 15 °C y la máxima es de 34 °C anual. La influencia de vientos es de 6.7 Km/hora y la precipitación mínima es de 3 mm y la máxima es de 261 mm anuales. (Barrientos A. , 2019, pág. 7)

2.1.6. Suelos

La capacidad de uso de suelo es de Clase III, son adecuados para cultivos agrícolas con prácticas culturales específicas de uso y manejo, se encuentran desarrollados sobre cenizas volcánicas de color claro con una textura Franco-arcillo-arenoso, estos suelos pueden ser usados de manera permanente para cultivos de maíz, banano, frijol, piña y café.

El cantón es caracterizado por ser puramente agrícola, el uso del suelo prácticamente lo define la agricultura limpia anual de caña y maíz, sin embargo, también se dan otros cultivos como el ajonjolí. (Barrientos A., 2019, pág. 7)

2.1.7. Hidrología

El cantón es atravesado únicamente por el río Yaquijá, este se localiza a 14° 29' 45" latitud norte y 91° 29' 42" longitud oeste, está a una altura de 256 msnm, un caudal de 400 L/s en época de verano, tiene una longitud de 3.31 km dentro del territorio de cantón Taracena, pertenece a la subcuenca del río Sis II, que pertenece a la cuenca Sis-Icán de la vertiente del pacífico y tiene un área de 236 km². (Barrientos A., 2019, pág. 7 y 8).

También cuenta con un nacimiento de agua llamado Bujillá que es una corriente que conduce agua en época lluviosa y en verano se seca. (Barrientos A., 2019, pág. 7 y 8).

A continuación, se muestra un mapa especificando el área hidrológica del cantón Taracena:

MAPA DE DELIMITACIÓN DEL RÍO YAQUIJÁ EN CANTÓN TARACENA
SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ

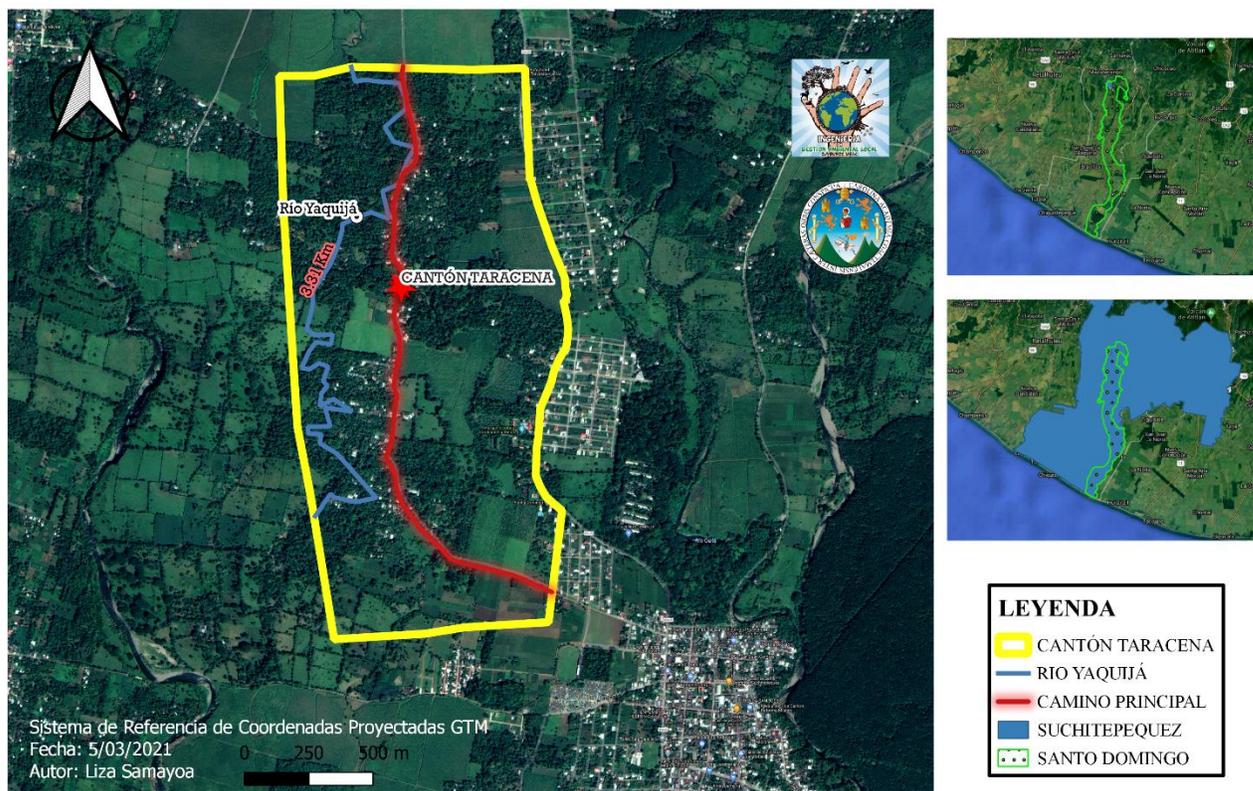


Figura 3. Mapa hidrológico del cantón Taracena.

Fuente: con base en imágenes satelitales descargadas de Google Earth, 2020

2.2. Marco teórico

2.2.1. Generalidades del agua

El agua es una combinación de los elementos hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2) y su fórmula estequiométrica es H_2O ; es un líquido incoloro, inodoro e insípido, es el compuesto principal de la materia viva y constituye del 50 al 90 % de la masa de los organismos vivos. (Solorzano, 2005, pág. 1)

Se puede encontrar en estado sólido (hielo), gaseoso (vapor) y líquido (agua). Las propiedades físicas y químicas del agua son muy importantes para la supervivencia de los ecosistemas. (Valdivieso, 2021, Párr. 2)

De todas las biomoléculas, el agua es la más abundante en el cuerpo humano, constituye el 60% del peso del organismo, lo que en un adulto de 70 kg supone unos 42 kg de agua, y además el mantenimiento de este porcentaje está ligado a la capacidad de supervivencia del individuo. (PNUMA, 2021, pág. 1)

Alrededor del 97.5% del agua de la Tierra está en los océanos, por lo tanto, no es apta para beber; el 2.5% de agua dulce en su mayor parte está en forma de hielo y en aguas subterráneas, dejando tan sólo 0.007% aproximadamente en forma de lagos, ríos, represas y fuentes subterráneas poco profundas, reabastecidos por los procesos de evaporación y precipitación, y fácilmente disponible para uso de los seres humanos. (PNUMA, 2021, pág. 2)

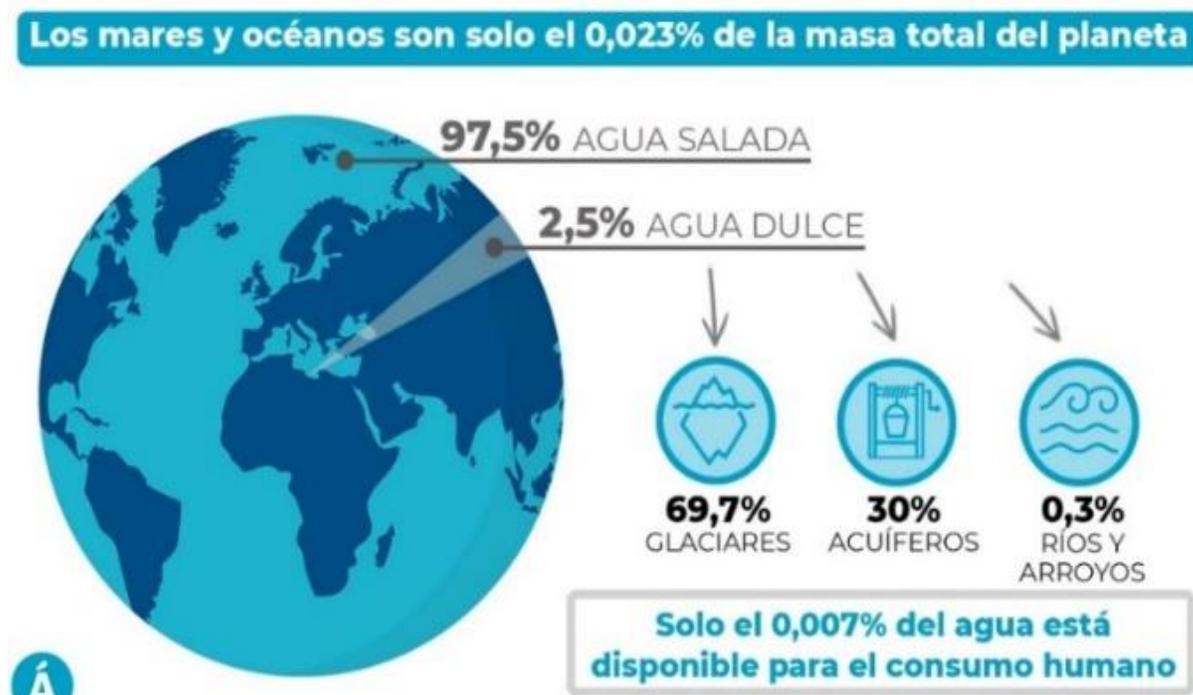


Figura 4. Distribución de agua en el planeta.
Fuente: Carrion, 2020 párr. 10

2.2.2. Fuentes de recurso hídrico

El agua que compone el planeta se puede encontrar en varios lugares, por ejemplo, las nubes, en forma de nieve o hielo, en las cumbres de las montañas, en el mar, en los lagos, en los ríos y arroyos, de forma subterránea y en los seres vivos.

Las fuentes principales en donde se encuentra agua según PNTIC (2021, párr. 1 al 10), se mencionan a continuación:

- a. **Los mares:** los mares y océanos están formados por la gran masa de agua que cubre la superficie de la Tierra situada entre los continentes. Los mares son las zonas más próximas a la tierra firme; el resto de la superficie terrestre cubierta por las aguas forma los océanos y estos cubren aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra.

- b. **Los ríos:** los ríos son corrientes continuas de agua dulce. Surgen de las zonas elevadas (montañas), lagos, manantiales, etc. y tras recorrer valles y llanuras y pasar junto a pueblos o ciudades, entregan sus aguas a otro río o al mar.

Los ríos que desembocan en el mar se llaman ríos principales, aquellos que desembocan en otro río se llaman afluentes y se llama curso de un río al recorrido o trayectoria que sigue desde su nacimiento hasta su desembocadura.

El curso de un río presenta tres zonas bien diferenciadas:

- **Curso alto:** que es la parte del curso más próxima al lugar de nacimiento o formación del río, suele ser un terreno montañoso con pendientes muy pronunciadas y es en esta zona donde suelen existir cascadas y cataratas.

- **Curso medio:** cuando el río desciende de las zonas elevadas comienza el llamado curso medio, eso significa que la pendiente del terreno disminuye y el río va aumentando su caudal al recibir los primeros afluentes y el agua

disminuye su velocidad, en esta zona las aguas del río transportan gran parte de los materiales arrancados a la montaña en el curso alto.

- **Curso bajo:** esta es la última parte del curso del río y comprende la parte más próxima a la desembocadura, aquí la velocidad de las aguas es muy lenta y el cauce se ensancha y el caudal es máximo, en esta parte el descenso de velocidad hace que los materiales que las aguas transportan se acumulen en la desembocadura, llegando a crear grandes extensiones de tierra firme.
- c. **Lagos y lagunas:** los lagos son grandes acumulaciones de agua en zonas deprimidas del terreno, son zonas hundidas del terreno en donde se acumulan las aguas procedentes del entorno, incluso hay ríos que desembocan en estas zonas y hay lagos tan extensos que llegan a tener varias ciudades diferentes en sus orillas, y las lagunas son lagos de pequeña extensión.
- d. **Aguas subterráneas:** en esta parte, el agua es procedente de las lluvias que se filtra en el terreno formando grandes depósitos, entonces parte de esta agua discurre bajo tierra formando auténticos ríos subterráneos. Las aguas subterráneas pueden volver a salir a la superficie de modo natural a través de fuentes y manantiales, y otras veces los hombres excavan pozos o realizan perforaciones para extraer el agua almacenada en las profundidades de la tierra.
- e. **Embalses:** los embalses son retenciones artificiales de los cursos naturales de los ríos que se logran mediante la construcción de un gran muro o presa, es de ésta forma que conseguimos almacenar gran cantidad de agua que después será utilizada para diversos fines.

2.2.3. Tipos de agua

El agua se puede encontrar de diferentes formas y tipos alrededor del mundo, ésta siempre dependerá de la fuente que la está proporcionando. Según Zarza (2021, párr. 2 al 12) los principales tipos de agua son:

- **Agua potable:** El agua potable es el agua apta para el consumo humano, que, tras un tratamiento adecuado, puede ser consumida sin que exista peligro para la salud, el agua potable es limpia, transparente, sin olores o sabores desagradables y está libre de contaminantes.
- **Agua dulce:** El agua dulce es aquella que se encuentra naturalmente en la superficie de la Tierra en capas de hielo, humedales, lagunas, lagos, ríos y arroyos, y bajo la superficie como agua subterránea en acuíferos y corrientes bajo tierra. Se caracteriza generalmente por tener una baja concentración de sales y sólidos disueltos.
- **Agua salada:** También se denomina agua de mar, siendo la que se encuentra en los océanos y los mares de la Tierra. Se caracteriza por tener una concentración de sales minerales disueltas en torno al 35%.
- **Agua salobre:** El agua salobre es agua con una salinidad entre el agua dulce y el agua de mar. La salinidad del agua salobre no es condición definida con precisión y se considera que puede abarcar una gran variedad de regímenes de salinidad. El agua salobre puede contener entre 0,5 y 30 gramos de sal por litro.
- **Agua dura:** El agua dura es aquella que contiene un alto nivel de minerales disueltos, en particular, sales de magnesio y calcio. En química, también se denomina agua calcárea.
- **Agua blanda:** El agua blanda es el agua en la que se encuentran disueltas mínimas cantidades de sales. Se consideran aquellas que tienen menos de 50 mg/l de carbonato cálcico.
- **Agua destilada:** El agua destilada es aquella sustancia cuya composición se basa en la unidad de moléculas de agua (H₂O) y ha sido purificada o limpiada mediante destilación.

- **Aguas residuales:** Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad está afectada negativamente por la influencia antropogénica, se trata de agua que no tiene valor inmediato para el fin para el que se utilizó ni para el propósito para el que se produjo debido a su calidad, cantidad o al momento en que se dispone de ella.
- **Aguas negras:** Dentro de las aguas usadas, las aguas negras son aquellas que están contaminadas con heces u orina.
- **Aguas grises:** Las aguas grises son las aguas resultantes del uso doméstico. Tienen mucho menos nitrógeno y fósforo que las aguas negras y están compuestas por materia orgánica e inorgánica y microorganismos. Deben su nombre a su aspecto turbio y su condición de estar entre el agua dulce y potable y aguas residuales.
- **Agua bruta:** El agua bruta o agua cruda es el agua que no ha recibido ningún tratamiento. Se encuentra en fuentes y reservas naturales de aguas superficiales y subterráneas.

2.2.4. Usos del agua

Cuando se habla de usos del agua se refiere a la manera en que se gasta el recurso, el uso del agua está definido principalmente por el tipo de agua que se tiene disponible y si esta necesariamente debe ser potable o no. De acuerdo a Mimosa (2021 párr. 1 al 7) los principales usos que puede dársele al agua son:

- **Doméstico:** comprende el consumo de agua en la alimentación, en la limpieza de las viviendas, en el lavado de ropa, la higiene, aseo personal y todas aquellas actividades que se realizan diariamente en los hogares.
- **Público:** se refiere al uso que se le da al agua en la limpieza de las calles de ciudades y pueblos, en las fuentes públicas, ornamentación, riego de parques y jardines, otros usos de interés comunitario, etc.
- **En agricultura y ganadería:** en agricultura se utiliza el agua para el riego de los campos y en la ganadería como parte de la alimentación de los animales,

en la limpieza de los establos y otras instalaciones dedicadas a la cría de ganado.

- **En la industria:** el agua suele ser muy utilizada y gastada por las industrias, ésta se usa en las fábricas, en el proceso de fabricación de productos, en los talleres, en la construcción, en la limpieza de áreas, etc.
- **Como fuente de energía:** el agua es bastante aprovechada para producir energía eléctrica, es utilizada en centrales hidroeléctricas situadas en los embalses de agua y en algunos lugares se aprovecha la fuerza de la corriente de agua de los ríos para mover máquinas como molinos de agua y acerrados.
- **Como vía de comunicación:** Desde muy antiguo, el hombre aprendió a construir embarcaciones que le permitieron navegar por las aguas de mares, ríos y lagos, hoy en día, se utilizan enormes barcos para transportar las cargas más pesadas que no pueden ser transportadas por otros medios.
- **Deporte, ocio y agua:** en todas las fuentes hídricas como ríos, mar, las piscinas y lagos, en la montaña, suelen practicarse un gran número de deportes, es así como entra el uso del agua en esta parte.

2.2.5. El agua en Guatemala

Guatemala tiene una superficie terrestre 108,889 kilómetros cuadrados (km²), tres vertientes, Pacífico, mar Caribe y Golfo de México y 38 cuencas. Según Noriega (2019, pág. 5) quien cita el último balance hídrico nacional (2003) del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH) reporta una disponibilidad hídrica total de 93,338 millones de m³ mientras que el diagnóstico de la Estrategia de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Guatemala realizado por SEGEPLAN (2006) reporta un caudal total de 97,120 millones de m³ y que recientemente, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el Fondo Nórdico de Desarrollo (NDF, por sus siglas en inglés), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) (2018) reportan que la disponibilidad anual es de 154 900 millones de m³.

Guatemala cuenta con las condiciones naturales favorables que le permiten disponer de abundante agua para las personas, se estima que anualmente se producen 97000 millones de metros cúbicos (m³) de agua. Sin embargo, de esto solo se aprovecha un 10% a nivel nacional. (OPS, 2015, párr. 2)

Según la OPS (2015, párr. 2) quien cita la encuesta nacional de condiciones de vida (ENCOVI) 2011-2012, el 70% de los hogares guatemaltecos tiene acceso a servicios básicos, es decir, a agua entubada y drenajes a nivel urbano, mientras que, en el área rural, solo el 30% de los hogares tiene acceso a estos servicios. Para todos los departamentos la cobertura con mejores fuentes de agua es mayor en la zona urbana que en la rural. El déficit de la cobertura para los servicios de saneamiento está cerca de 83% en la zona rural, mientras en la zona urbana la cobertura es de 76,7%.

2.2.5.1. Usos del agua en Guatemala

De los aproximadamente 20,000 millones de metros cúbicos (m³) utilizados a nivel nacional, alrededor de 7,000 millones fueron empleados por la industria, incluyendo la agroindustria, lo que representó el 37.5% del agua utilizada, las actividades agropecuarias y silviculturales demandaron el 31.9% de los recursos hídricos utilizados en el país, es decir más de 6,000 millones de m³. (Ibáñez, 2020, pág. 23).

Actividades económicas y de consumo	Año				
	2006	2007	2008	2009	2010
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	5,042.00	5,490.10	6,003.62	6,252.08	6,496.56
Pesca	427.06	535.24	527.52	511.90	514.62
Explotación de minas y canteras	6.13	6.93	6.22	6.34	6.19
Industrias manufactureras (incluye agroindustria)	7,473.39	8,185.24	8,296.74	7,604.04	7,643.17
Suministro de electricidad, gas y agua	4,765.13	5,184.56	5,516.04	5,110.16	5,057.33
Construcción	93.17	104.36	102.94	87.29	76.26
Comercio al por mayor y menor	51.33	44.36	44.94	47.27	48.22
Servicios	52.33	51.71	59.30	68.16	69.85
Hogares	422.93	433.51	444.35	455.45	461.68
Total	18,333.48	20,036.00	21,001.66	20,142.69	20,373.88

Figura 5. Usos del agua.

Fuente: Perfil Ambiental de Guatemala IARNA, 2012, pág. 136

Otro usuario importante es la generación de energía eléctrica con base al movimiento hidráulico (si bien este es un uso no-consuntivo), la cual se estimó que utilizó poco más de 5000 millones de m³, lo que representó el 24.82% del total empleado, los hogares, por su parte, habrían utilizado 461.68 millones de m³ (2.3%) y el resto de actividades participó con el 3.5% del total de la utilización.

Además, Quiñónez (2018, pág. 23) quien cita la Política Nacional del Agua de Guatemala (2011) indica que se estima que el uso doméstico representa el 9%, el uso industrial 3% y el resto corresponde a usos no consuntivos tales como uso con fines hidroeléctricos.

2.2.6. Factores que influyen principalmente en la calidad del agua según el uso del suelo

Hoy en día en Guatemala la calidad del agua puede estar alterada por varios factores que probablemente antes aun no existían, como la contaminación excesiva de suelos por distintos factores biológicos y la alta producción industrial, sin embargo, se tiene conocimiento que la principal causa de la degradación del recurso hídrico actualmente es el avance de la frontera agropecuaria, con prácticas de uso del suelo tradicionales, como la ganadería extensiva, sobrepastoreo, riego por inundación, contaminación etc., que han causado impactos negativos sobre los ecosistemas, tales como la contaminación por nitratos y agroquímicos de las aguas superficiales y subterráneas importantes. (Auquilla, 2005, pág. 83)

La mala calidad del agua puede ser el resultado no sólo de un uso inadecuado del suelo y malas prácticas de manejo que dan lugar al transporte de materiales por escorrentía superficial, sino también a la contaminación urbana e industrial debido a procesos inadecuados de control y malos sistemas sanitarios. (FAO, 2021 párr. 16)

Según Dane (2018, párr. 2) y Chang (2021, págs. 25, 26 y 30) algunos de los factores que pueden afectar directamente la calidad del agua son:

- **Factores físicos:** son factores que no son controlables tales como la precipitación, la evaporación y la luz solar, pero hay otros que, si se pueden controlar, así como, construcciones acuícolas y geológicas del sector.
- **Factores químicos:** son todos aquellos que incluyen algunos componentes o procesos químicos que se dan de forma natural que llegan a afectar el agua, entre estos están: fotosíntesis, color aparente, color verdadero y la turbidez.
- **Sedimentos y nutrientes:** que se recogen de las tierras de cultivo y las áreas de construcción, hacen que las aguas de los lagos y ríos se vuelvan turbias y llenen gradualmente los lagos y los lechos de arroyos. Esto dificulta el crecimiento de las plantas y destruye los hábitats acuáticos.
- **Pesticidas y plaguicidas:** El aceite, la grasa, los pesticidas, los herbicidas, los limpiadores y los productos químicos tóxicos de los vehículos de motor pueden enfermar a la gente y a los animales, y destruir la vida acuática.
- **Productos inorgánicos:** Los fertilizantes y las hojas del pasto del jardín pueden provocar la proliferación de algas tóxicas que pueden dañar a la gente y a los animales, y provocar la muerte de peces y otras especies acuáticas.
- **Desechos sólidos, domésticos, industriales y hospitalarios:** Los virus, parásitos y bacterias de los desechos de hospitales, clínicas, mascotas y aves de ribera, lluvias intensas, desechos de los tanques de embarcaciones y sistemas sépticos defectuosos pueden enfermar a la gente que se baña en áreas de playa con un alto conteo bacteriano, y también pueden contaminar el agua potable.
- **Hidrocarburos y desechos de vías:** La sal de carretera aplicada al asfalto y aceras a lo largo del invierno termina en los lagos, arroyos y acuíferos locales que son los proveedores de agua potable. La sal de carretera es perjudicial para la vida acuática y los altos niveles de sodio en el agua potable pueden tener efectos nocivos en la salud humana.
- **Movilización:** El tiempo y el clima que se refiere a las condiciones atmosféricas que están en constante cambio, es decir, los fenómenos naturales que pueden suceder durante todo un año, por ejemplo, los

fenómenos del niño y la niña, cobertura de nubes, velocidad de vientos, precipitación, presión atmosférica, etc.

- **Radioactividad:** La radiación solar, es la cantidad de luz que recibe el agua al estar en su ambiente natural.
- **Aguas residuales domésticas e industriales:** la contaminación generada a través de las aguas residuales que surgen desde un hogar o desde grandes empresas, son uno de los mayores problemas de contaminación, ya que, estas son vertidas sobre la superficie de las aguas a través de los sistemas de alcantarillado. Las aguas residuales domésticas constan principalmente de papel, jabón, orina, heces y detergentes; los desechos industriales, en cambio, son variados y dependen de los procesos específicos de las plantas de las que proceden en origen, en algunos casos, los residuos industriales son liberados directamente sobre los ríos y mares y contienen metales pesados que dañan por completo las aguas.

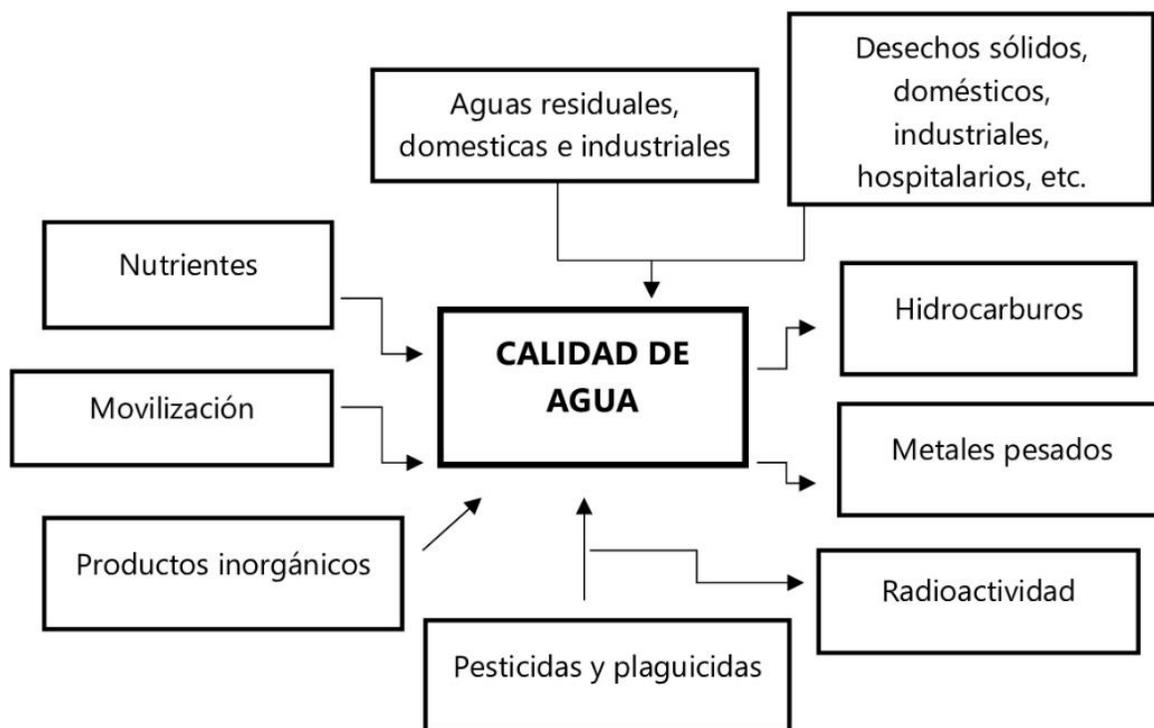


Figura 6. Factores que influyen en la calidad del agua.

Fuente: Chang, 2021, pág. 24

2.2.7. Relación de los servicios de agua potable y saneamiento con la salud, la nutrición, la educación, la pobreza y género

De acuerdo a las proyecciones de población del año 2018 Guatemala cuenta con una población de 16.9 millones de habitantes, siendo el 51% mujeres y el 49% hombres, en donde más de dos millones son pobres y viven en el área rural, por lo que, es probable que más de un millón de niños y niñas no cuenten con servicios de agua potable y saneamiento en el país. Esto repercute directamente en su educación, salud y desarrollo. (-INE-, 2018, pág. 1)

Según la Política Nacional del sector de agua potable y saneamiento en Guatemala los problemas de enfermedades por contaminación hídrica, saneamiento inadecuado y malas prácticas higiénicas en el país aún persisten, el impacto de la falta de servicios de agua potable y saneamiento recae, principalmente, sobre los sectores con mayor pobreza. (Gobierno de Guatemala, 2011, pág. 7)

En el año 2010 se registraron tasas de mortalidad infantil, de mortalidad general y razón de mortalidad materna y datos del Sistema de Información Gerencial en Salud (SIGSA), indican que durante el año 2011, los eventos que ocupan el mayor número de primeras consultas por morbilidad (4,490,279 consultas) a los servicios de salud en todos los grupos de edad son las infecciones respiratorias agudas con el 48%, seguidos de parasitosis intestinal con un 10%, gastritis con 9%, infecciones de las vías urinarias con un 7% y otras enfermedades diarreicas agudas con 6%, lo que representa el 80% del total de las consultas. (Gobierno de Guatemala, 2011, pág. 8)

Cuando se manejan recursos hídricos, se deben considerar los riesgos asociados al consumo del agua. Estos pueden ser colectivos o individuales, inmediatos o a largo plazo. Según OPS/HEP (1998, pág. 7), son los siguientes:

- **Riesgos a corto plazo:** Los riesgos a corto plazo son el resultado de la contaminación del agua por elementos químicos o microbiológicos que

pueden suscitar trastornos en un período que va desde unas pocas horas hasta varias semanas después de la ingestión.

- **Riesgos a mediano y largo plazo:** la mayoría de estos riesgos son causados por metales tales como el arsénico, plomo, cadmio o mercurio que son bien conocidos; por ello, se debe cumplir con los estándares existentes para proteger efectivamente la salud, ya que, los casos de intoxicación humana a largo plazo con plaguicidas u otros productos orgánicos generalmente están relacionados con la contaminación en los entornos ocupacionales y está claro que la concentración de estos productos en el agua debe mantenerse a un nivel tan bajo como sea posible y compatible con los imperativos económicos, sociales y ambientales específicos de cada comunidad.

Según la OMS (2013, págs. 9 y 11), las principales consecuencias del agua contaminada para la salud son las enfermedades e infecciones, siendo la diarrea y el cólera las más comunes en niños y adultos, envenenamiento o intoxicación por metales como el arsénico y patógenos microbiológicos como la salmonela, la E-coli, blastocitos, etc.

2.2.8. Enfermedades causadas por consumir agua contaminada

Según la OMS (2019, párr. 5 y 6) en todo el mundo al menos 2,000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable contaminada, provocando más de 502,000 muertes al año. Generalmente el agua se contamina por heces fecales y descargas residuales, producto del mal saneamiento ambiental en que se encuentra la población, mayormente población en pobreza o pobreza extrema, causando la transmisión de enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis; también existen fuentes de contaminación más puntuales como lo son el uso incontrolable de agroquímicos en suelos para producción agrícola y exceso de producción industrial cerca de las fuentes hídricas.

Las enfermedades transmitidas por consumir agua no apta o contaminada según (Menegazzo, 2018, págs. 9, 12, 17, y 21) son:

a. Enfermedad diarreica aguda

La enfermedad diarreica aguda, es causada por diversas etiologías (patógenos bacterianos, virales y/o parásitos intestinales), se caracteriza por la expulsión frecuente de heces líquidas, puede acompañarse de náuseas, vómitos, fiebre, deshidratación y desequilibrio electrolítico, con una duración menor a 14 días.

La diarrea constituye el problema de salud pública más importante provocado por las deficiencias en materia de agua y saneamiento. La simple medida de lavarse las manos con agua y jabón puede reducir en un tercio los casos de enfermedades diarreicas. Dicha medida, junto con el acceso a instalaciones sanitarias adecuadas, es el principal modo de prevención de las enfermedades transmitidas por el agua.

b. Cólera

Enfermedad bacteriana intestinal, caracterizada por diarrea profusa, acuosa (heces con aspecto de agua de arroz) y sin dolor, vómitos, deshidratación rápida. El 80% de los infectados, cursa de manera asintomática. Sin tratamiento oportuno, la tasa de mortalidad es mayor al 50%.

El cólera es una infección bacteriana aguda del intestino que causa numerosos episodios de diarrea, los cuales pueden derivar en deshidratación aguda y provocar la muerte si no se los trata de inmediato. El cólera es un problema que afecta a todos los países del mundo, especialmente en las situaciones de emergencia.

c. Fiebre tifoidea

Enfermedad bacteriana, que caracteriza por la aparición insidiosa y sostenida de fiebre, cefalea intensa, malestar general, anorexia, relativa bradicardia, estreñimiento o diarrea (principalmente en niños), y hepatoesplenomegalia

(aumento de tamaño del hígado o del bazo), tos no productiva. Sin embargo, pueden ocurrir infecciones atípicas y poco severas.

d. Disentería (diarrea con sangre)

Es una infección aguda, que afecta el intestino grueso y la porción distal del intestino delgado, se caracteriza por diarrea acompañada de fiebre, náusea y a veces toxemia, vómito, cólicos y tenesmo. Las heces, contienen sangre y moco (disentería), que es el resultado de la confluencia de micro abscesos causados por los microorganismos invasores; sin embargo, muchos casos tienen como cuadro inicial diarrea acuosa. Se dan casos leves y asintomáticos. La enfermedad, suele ser de curso limitado y durar de cuatro a siete días en promedio.

Las enfermedades transmitidas por consumir agua no apta según la UNICEF (2021, párr. 1 al 12) que pueden darse en Guatemala son:

a. Parásitos intestinales

Los parásitos intestinales (también conocidos como helmintos) infectan a las personas que entran en contacto con suelos contaminados con heces de un ser humano infestado con los mismos, o a quienes consumen alimentos contaminados.

Los parásitos intestinales afectan a más del 10% de la población en los países en desarrollo y, según sea la gravedad de la infección, pueden causar desnutrición, anemia o retrasos en el crecimiento.

Los niños y las niñas son especialmente vulnerables a los parásitos y, por lo general, tienen la mayor cantidad de helmintos en sus intestinos. Alrededor de 400 millones de menores en edad escolar están infectados por ascárides comunes, tricocéfalos y/o anquilostomas. Más aun, se calcula que las ascárides comunes y los tricocéfalos afectan a una cuarta parte de la población mundial.

b. Paludismo

El paludismo es una enfermedad grave provocada por un parásito transmitido por ciertos tipos de mosquitos. Los seres humanos la contraen al ser picados por estos mosquitos. Cada año se registran entre 300 millones y 500 millones de casos de paludismo en todo el mundo y la enfermedad causa cerca de un millón de muertes infantiles. La disminución de la cantidad de mosquitos en los hogares mediante la eliminación del agua estancada, ya sea en tanques de agua sin tapa o en charcos producidos por un desagüe deficiente pueden ser un factor importante para la reducción del número de casos de paludismo.

c. Dengue

Es una enfermedad viral aguda que puede afectar a personas de cualquier edad, especialmente niños y adultos mayores; causada por un virus transmitido a través de la picadura de mosquitos infectados (*Aedes aegypti*). Los mosquitos del dengue se presentan en zonas urbanas con altitudes inferiores a 2200 metros sobre el nivel del mar, ponen sus huevos en depósitos de agua limpia como albercas, floreros de plantas acuáticas, llantas, baldes de agua y cualquier recipiente que está a la intemperie y que puede almacenar agua. (MINSALUD, 2021 párr. 3 y 4)

d. Amebiasis

La amebiasis es una enfermedad intestinal causada por un parásito microscópico llamado *Entamoeba histolytica*, hay informes de aproximadamente 1,000 casos por año en cualquier país, estos parásitos viven únicamente en los seres humanos.

La materia fecal de las personas infectadas puede contaminar el agua o los alimentos, transmitiendo los parásitos a cualquiera que los consuma y precisamente se contrae al consumir alimentos contaminados o agua contaminada que contengan el parásito en fase quística o también se puede contagiar a través de contacto directo persona a persona.

2.2.9. Regulación para el agua y saneamiento en Guatemala

Como se sabe el agua es proporcionada por un sistema de abastecimiento, es decir, un conjunto de instalaciones cuya construcción, explotación y mantenimiento se destina a captar, transportar, potabilizar, almacenar y distribuir agua hasta los usuarios finales, su objetivo principal es abastecer a estos usuarios de agua para diferentes usos, en cantidad y calidad. (Panhispanico, 2020 párr. 1).

En Guatemala existe una serie de normas y estándares que buscan proveer a los pobladores la protección de la salud pública, haciendo que los sistemas de abastecimiento de agua capten, conduzcan, traten, almacenen y distribuyan agua con calidad garantizada y que cumpla con lo necesario para ser apta para consumo humano, especificando el adecuado tratamiento y los parámetros de cumplimiento que el agua debe tener antes de consumirse, para así evitar la propagación de las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua.

Según Tejeda (2011, págs. 11 a la 23) en la guía de normas y estándares técnicos aplicados al agua y saneamiento son las siguientes:

a. Constitución Política de la República de Guatemala

Los instrumentos relacionados con agua y saneamiento parten de lo establecido en la Constitución Política, en su Capítulo II Sección Séptima (Salud, seguridad y asistencia social) son:

- Artículo 93. Derecho a la salud.
- Artículo 97. Medio ambiente y equilibrio ecológico.

El Artículo 97 refiere la prevención de la contaminación del ambiente, siendo una directriz para las normas sobre la utilización y aprovechamiento racional del agua, temas que también están contemplados constitucionalmente en el Capítulo II, Sección Décima:

- a) Artículo 127. Régimen de Aguas (enunciado anteriormente).
- b) Artículo 128. Aprovechamiento de aguas, lagos y ríos.

De la Constitución Política derivan la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente con base en el Artículo 97 y el Código de Salud que se fundamenta en el Artículo 93.

b. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente

La Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto 68-86, contiene el fundamento para reglamentos relacionados con el manejo del agua: el Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo 236-2006, el Reglamento de vertidos para cuerpos receptores de la cuenca del lago de Atitlán, Acuerdo gubernativo 12-2011, y el Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo gubernativo 509-2001. Algunos de los artículos de esta ley en relación a los aspectos de reglamentación mencionados son:

- Artículo 1.
- Artículo 5.
- Artículo 6. (Reformado por el Artículo 1 del Decreto legislativo 75-91).
- Artículo 10.
- del Capítulo II de la ley contempla lo relacionado al sistema hídrico:
- Artículo 15.

La ley también contiene, como se observa, un capítulo específico sobre el recurso hídrico en donde enuncia que el Gobierno debe velar por el mantenimiento de cantidades de agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, así como evaluar la calidad de las aguas y su aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas, el control y aprovechamiento de las aguas, el cuidado de las aguas, el fomento de la investigación y el análisis en aguas interiores litorales y oceánicas, la promoción de su uso integral, la investigación de fuentes de contaminación hídrica, la prevención, control y determinación de niveles de contaminación de ríos, lagos y mares en Guatemala.

c. Código de Salud

El Código de Salud, Decreto 90-97 establece:

- **Artículo 1.** Del Derecho a la Salud. Todos los habitantes de la República tienen derecho a la prevención, promoción, recuperación y rehabilitación de su salud, sin discriminación alguna.
- **Artículo 7.** Ley de observancia general. El presente Código es ley de observancia general, sin perjuicio de la aplicación de las normas especiales de seguridad social. En caso de existir dudas sobre la aplicación de las leyes sanitarias, las de seguridad social y otras de igual jerarquía, deberá prevalecer el criterio de aplicación de la norma que más beneficie la salud de la población en general.

Igualmente, para los efectos de la interpretación de las mismas, sus reglamentos y de las demás, disposiciones dictadas para la promoción, prevención, recuperación y rehabilitación de la salud de la población, privará fundamentalmente el interés social.

Para agua de consumo humano, agua potable y agua envasada, el Código de Salud, en la Sección II dispone lo relacionado con agua potable:

- Artículo 78. Acceso y cobertura universal.
- Artículo 79. Obligatoriedad de las municipalidades.
- Artículo 80: Protección de las fuentes de agua.
- Artículo 81. Declaración de utilidad pública.
- Artículo 82. Fomento de la construcción de servicios.
- Artículo 83. Dotación de agua en centros de trabajo.
- Artículo 84. Tala de árboles.
- Artículo 85. Organizaciones no gubernamentales/ONG.
- Artículo 86. Normas.
- Artículo 87. Purificación del agua.
- Artículo 88. Certificado de calidad.
- Artículo 89. Conexión de servicios.

- Artículo 90. Agua contaminada.
- Artículo 91. Suspensión del servicio.

Asimismo, en relación a la vigilancia y control del agua, el Acuerdo gubernativo 113-2009, dispone: Artículo 15. Norma para la calidad del agua. Para la vigilancia y control de la calidad del agua debe acatarse lo contenido en la Norma Guatemalteca Obligatoria de especificaciones COGUANOR NGO 29001.

d. Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001

Actualmente se conoce que mediante los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos se determina la calidad del agua, éstos a su vez, tienen asociados valores cualitativos y cuantitativos, que deben estar comprendidos entre los límites necesarios o tolerables para el consumo humano. La norma técnica COGUANOR 29001, es un manual que tiene como objeto establecer los valores de las características que definen la calidad del agua apta para consumo humano en la República de Guatemala y han sido escritas y publicadas por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). (Solorzano, 2005, pág. 17)

Existen dos valores que definen los límites máximos permisibles y aceptables para las concentraciones de sales y para los datos físicos como color, olor, turbiedad, color, etc.

- **Límite máximo aceptable (LMA):** es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual estas características son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor. (COGUANOR 29001, 2016, pág. 5)
- **Límite máximo permisible (LMP):** el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano. (COGUANOR 29001, 2016, pág. 5)

A continuación, se presenta de manera resumida el orden y funcionamiento de la normativa que regula el agua y saneamiento en Guatemala, a través de un mapa conceptual:

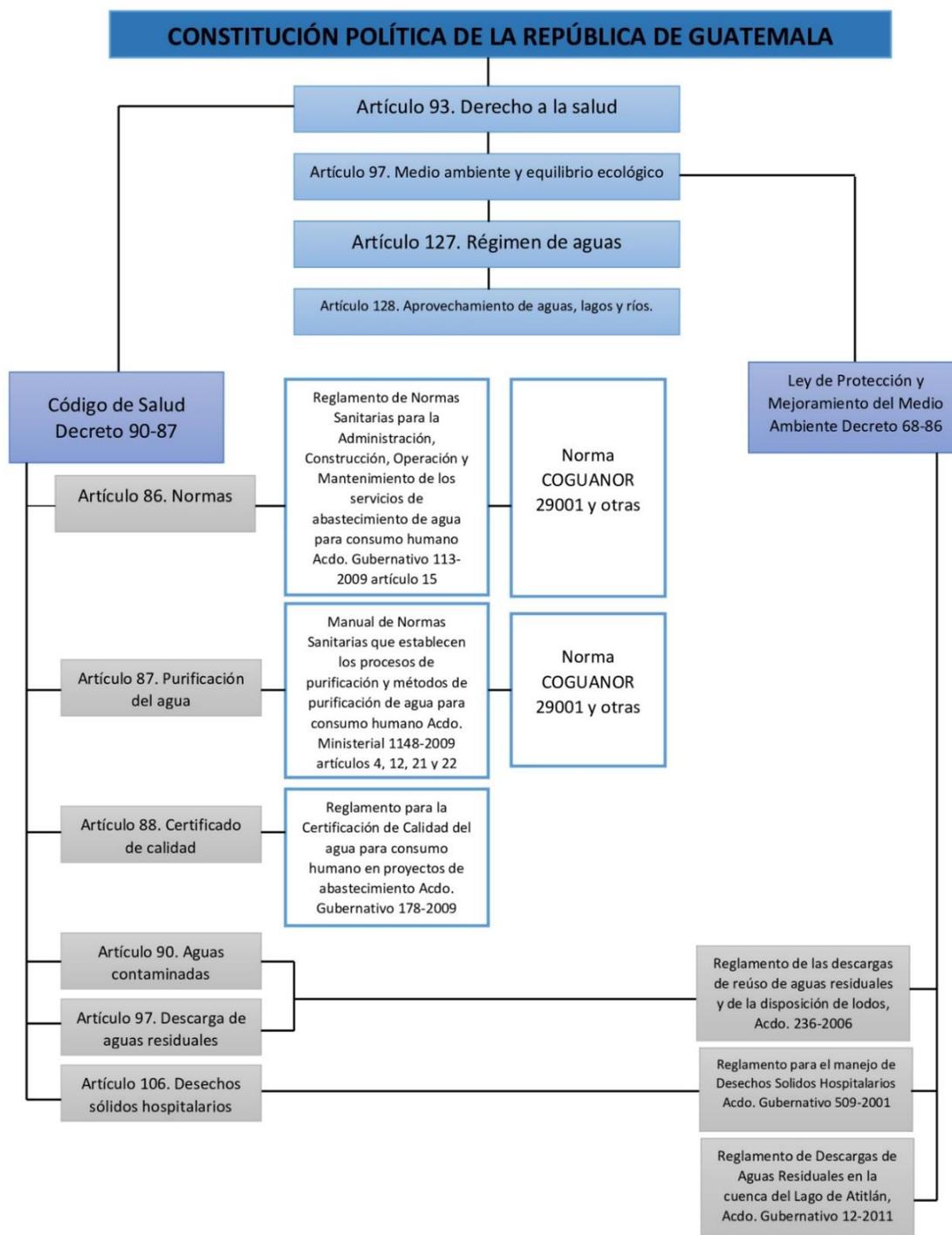


Figura 7. Normativa de agua y saneamiento en Guatemala

Fuente: Tejeda, 2011, pág. 11.

2.2.10. Muestreo del agua para consumo humano

Los muestreos se realizan principalmente para determinar qué características tiene una parte representativa del agua que se está estudiando, mediante una evaluación precisa y controlada de laboratorio, para verificar exactamente si está cumpliendo con lo establecido en la normativa y así mismo determinar cuál debería ser el mantenimiento y tratamiento adecuado para ser apta para consumo humano.

En la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29006 (2011, págs. 5 y 6) el objetivo del muestreo es recolectar una pequeña porción del material con el volumen y tamaño suficiente para ser transportado y evaluado, lo cual ayuda a que todas las proporciones relativas o concentraciones de todos los componentes pertinentes, sean las mismas en las muestras, así como en el material de donde provienen y que la muestra debe ser manipulada de tal manera que no ocurran cambios significativos en su composición antes de su análisis.

Esta norma también define como muestra a la porción, idealmente representativa, recolectada de una masa de agua definida, ya sea intermitente o continuamente, con el fin de examinar varias características específicas. (pág. 6)

Formas de recolección según la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29006 (2011, pág. 6):

- **recolección continua:** proceso según el cual una muestra se extrae consecutivamente de una masa de agua
- **recolección intermitente:** proceso según el cual se toman muestras simples de una masa de agua, espaciadas por un lapso de tiempo

según la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29006 (2011, pág. 7) los tipos de muestra que pueden realizarse son:

a. Muestras puntuales

Este tipo de muestras, son aquellas que se toman en un punto y lugar específico, en un período corto de tiempo, las cuales, representan de forma instantánea en tiempo y espacio del área de muestreo y se deben tomar en un lugar, profundidad y tiempo determinado.

2.2.10.1. Recipientes, volumen y condiciones de manipulación y transporte de las muestras.

a. Recipientes

El tipo de recipiente utilizado para la toma de muestra es de suma importancia y este va a depender de los elementos que se analizarán en laboratorio, los recipientes normalmente están hechos de plástico o vidrio y a veces uno es preferible que el otro. (Comisión Guatemalteca de Normas, 2011 pág. 8)

b. Volumen

Para la mayoría de los análisis físicos y químicos se recolecta 1L de muestra, sin embargo, en ocasiones puede llegar a ser necesario mayor volumen de muestra o incluso menor, pero todo esto va a depender del tipo de análisis que se quiera hacer. (Comisión Guatemalteca de Normas, 2011 pág. 8)

c. Preservación y transporte

Las técnicas de preservación son procedimientos que retardan los cambios químicos y biológicos, por lo que, es de suma importancia conservar la muestra tras ser tomada correctamente, ya que, pueden afectar el análisis. Generalmente las muestras luego de ser tomadas son resguardadas en frío e inmediatamente se transportan al laboratorio de análisis. (Comisión Guatemalteca de Normas, 2011 pág. 11)

2.2.10.2. Métodos de recolección de muestras

De acuerdo a la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 (2011, pág. 14) los métodos para recolectar las muestras son:

a. Recolección manual

Para la recolección manual se requiere equipo mínimo, sin embargo el proceso puede ser costoso y lento, tanto para recolección de muestras de rutina como para programas de recolección a gran escala, ya que, requiere de técnicos entrenados en el campo y es a menudo necesaria para fines regulatorios y de investigación, donde es esencial un análisis crítico de las condiciones de campo y de las técnicas complejas de muestreo, generalmente son recolectadas manualmente todas aquellas aguas que contienen aceites y grasas.

b. Recolección automática

Los equipos de recolección automática de muestras pueden eliminar el error humano en la recolección manual, pueden reducir costos de mano de obra, proporcionan los medios para la recolección más frecuente, y se usan cada vez más.

2.2.11. Análisis del agua para consumo humano

Los análisis de agua son un proceso químico en el que se extrae una muestra del líquido a analizar, ésta depende de la extensión del estudio y es a partir de ella que se determinará la calidad del agua. (Biolab, 2019 párr. 4)

Todos los análisis que se realicen al agua deberán ser regidos según las Guías para la Calidad del Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud y del país. Generalmente no es necesario llevar a cabo un exhaustivo proceso de detección de todos y cada uno de los agentes patógenos, ya que hacerlo requeriría un tiempo excesivamente largo y su procedimiento sería demasiado complejo y costoso, por lo cual, es suficiente de una a 4 muestras por área para identificar que si la calidad del agua es perjudicial para la salud humana. (Biolab, 2019 párr. 5)

Para realizar el análisis de agua se debe tomar en cuenta lo siguiente:

2.2.11.1. Análisis físico

Aquí se evalúan los sentidos organolépticos, que ayudan a analizar el agua relacionando parámetros que pueden ser medidos de forma física y comparados con estándares estipulados que se disponen en los laboratorios. (Solorzano, 2005, pág. 5)

Los parámetros físicos y organolépticos establecidos para evaluar la calidad del agua en Guatemala según la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 (2016, pág. 6) son:

a. Características físicas y organolépticas que debe tener el agua para consumo humano en Guatemala:

La siguiente tabla corresponde a los parámetros físicos y organolépticos medibles en aguas para consumo humano

Cuadro 3. Características físicas y organolépticas del agua para consumo humano.

CARACTERÍSTICAS	LMA	LMP
Color	5,0	35,0 u ^(a)
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15,0 UNT ^(b)
Conductividad eléctrica	750 μ S/cm	1500 μ S/cm ^(d)
Potencial de hidrogeno	7,0-7,5	6,5-8,5 ^(c) ^(d)
Solidos totales disueltos	500,00 mg/L	1000,0 mg/L
(a)Unidades de color en la escala de platino-cobalto (b)unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) (c)en unidades de pH (d)limites establecidos a una temperatura de 25 °C		

Fuente: COGUANOR, 2016, pág. 6.

- **Color:** Es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. Constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas. (Microsfot, 2021, pág. 6)

- **Sabor y olor:** son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para las cuales no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida, por lo que, en el agua se pueden considerar cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo y el sabor se determina por sucesivas diluciones de la muestra original con agua inodora (T^a 40 °C) hasta que es indetectable (umbral de percepción), siendo un ensayo muy subjetivo y de escasa reproducibilidad. Las muestras deben conservarse en vidrio un máximo de 6 h a 2 -5 °C. (Ibague, 2021, párr. 2)
- **Turbidez:** La turbidez es la dificultad del agua, para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además, interfiere con la mayoría de procesos a que se pueda destinar el agua. La turbidez nos da una noción de la apariencia del agua y sirve para tener una idea acerca de la eficiencia de su tratamiento. (Ibague, 2021, párr. 24)
- **Potencial de hidrogeno (pH):** es importante determinar este parámetro, ya que la mayoría de las aguas naturales tienen valores de pH entre 5.5 – 8.6. La alteración excesiva fuera de estos límites puede indicar contaminación del abastecimiento de agua por algún desecho de tipo industrial. El agua con pH menor que 6.0 será fuertemente para los metales, ya que, al aumentar las concentraciones de hidrógeno, aumenta el poder corrosivo sobre el metal. (Solorzano, 2005, pág. 7)
- **Conductividad:** La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua. (Microsfot, 2021, pág. 7)

- **Sólidos totales:** La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos no filtrables como sales y residuos orgánicos a través de una membrana con poros de 2.0 μm o más pequeños, pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas, este es el índice que muestra toda la materia sólida presente en una muestra de agua, en este indicador de la calidad del agua, se encuentran integrados todos los tipos de sólidos, como sólidos sedimentados, sólidos filtrables, etc. (Rojas, 2006, pág. 8)

2.2.11.2. Análisis químico

Por medio de este análisis se determina el contenido de sales minerales y materia orgánica, para compararlo contra los estándares y poder determinar su calidad, usos y cualquier proceso a que deba ser sometida. (Fion, 1996, pág. 15)

Los parámetros que se evalúan en Guatemala según Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 (2016, págs. 7, 8 y 9) son:

a. Características químicas del agua para consumo humano

A continuación, se presentan los parámetros químicos que la norma técnica establece en análisis de aguas:

Cuadro 4. Características químicas del agua para consumo humano.

CARACTERÍSTICAS	LMA	LMP
Cloro residual libre ^(a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl)	100,0	250,0
Dureza total (CaCO ₃)	100,0	500,0
Sulfato (SO ₄)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) ^(b)	0,3	---

(a)El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.
(b)No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.

Fuente: COGUANOR, 2016, pág. 7

- **Cloro residual:** El cloro no es sólo un poderoso desinfectante, sino que también satisface otras necesidades en las plantas potabilizadoras de agua. Puede reaccionar con amoníaco, hierro, manganeso, sustancias proteicas, sulfuro y algunas sustancias productoras de sabores y olores mejorando las características del agua potabilizada. (Solorzano, 2005, pág. 9)
- **Cloro y cloruros:** El conjunto de cloro libre y cloro combinado se nombra como cloro residual total (TRC total residual chlorine). La medida de TRC se considera suficiente para definir las toxicidades sobre los organismos acuáticos de agua dulce, ahora el ión cloruro se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente, generalmente en forma de cloruro sódico, potásico o cálcico, el gran inconveniente de los cloruros es el sabor desagradable que comunican al agua. Son también susceptibles de ocasionar una corrosión en las canalizaciones y en los depósitos, en particular para los elementos de acero inoxidable. (Microsfot, 2021, pág. 11)
- **Dureza:** La dureza representa una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, fundamentalmente Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) provenientes de la disolución de rocas y minerales que será tanto mayor cuanto más elevada sea la acidez del agua, es una medida, por tanto, del estado de mineralización del agua, la dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad, está siempre va a depender de ambos. (Ibagué, 2021, párr. 19)
- **Sulfato:** Se puede encontrar presente en el agua natural en un amplio rango de concentraciones, generalmente en aguas provenientes de minas o efluentes industriales, éstas contienen altas concentraciones de sulfato, debido a la oxidación de la pirita y el uso del ácido sulfúrico. La presencia en exceso de sulfatos en el agua de suministro público obra como purgante, es decir, que tiene efectos laxantes, además también tiene efectos corrosivos en los materiales que regularmente se utilizan en la fabricación de tuberías y piezas de equipo. (Solorzano, 2005, pág. 11)

- **Aluminio:** Las sales de aluminio se usan ampliamente como coagulante para el tratamiento del agua para reducir la materia orgánica, el color, turbidez y nivel de microorganismos. Este tipo de uso puede provocar un incremento en las concentraciones de aluminio del agua tratada. (Cassauce, 2016 párr. 2)
- **Calcio:** este elemento se encuentra en niveles diversos en las aguas. Contribuye a las propiedades de dureza del agua. (Tejada, 2011, pág. 20)
- **Zinc:** el zinc, especialmente en forma de metal, es relativamente no tóxico, sin embargo, puede reaccionar con otros materiales que se pueden encontrar en el agua como oxígeno o ácidos y pueden ser potencialmente peligrosos y tóxicos. (Metals, 2018, pág. 5)
- **Cobre:** las altas concentraciones de cobre pueden darle al agua un sabor metálico. Además, manchas de color azul verdoso en los artefactos de plomería y otras superficies que entran en contacto con el agua, pueden indicar que existe corrosión o de que el cobre está siendo liberado dentro del agua. Como se ha mencionado anteriormente, los altos niveles de cobre también pueden causar efectos de salud adversos como intoxicaciones. (Lesikar, 1914, pág. 2)
- **Magnesio:** este elemento se encuentra normalmente en las aguas. Al igual que el calcio debe su control a que es precursor de la dureza del agua. (Tejada, 2011, pág. 21)
- **Manganeso:** en el agua de origen natural, con bastante regularidad, este elemento se encuentra presente junto al hierro y al igual es más bien un riesgo económico que un riesgo para la salud como causante de manchas, mal sabor o problemas estéticos en el uso del agua. (Tejada, 2011, pág. 21)

- **Hierro total:** el hierro es un nutriente esencial en la dieta humana y no posee ningún riesgo en la salud. En realidad, inadecuada cantidad de hierro puede producir anemia, una deficiencia en los componentes que transportan el oxígeno en la sangre. (Sigler, 2012 párr. 2).
- Sin embargo, altas concentraciones de hierro en el agua pueden causar problemas con sedimentos en tuberías, sabor metálico, y problemas estéticos por manchas rojas en accesorios y ropa. (Sigler, 2012 párr. 2).

2.2.11.3. Examen bacteriológico

Se refiere a la presencia de microorganismos patógenos de diferentes tipos: bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc.

En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. (MDP, 2019 párr. 7)

Normalmente estos microorganismos llegan al agua a través de heces y otros restos orgánicos que producen las personas y animales. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. (MDP, 2019 párr. 8)

Las pruebas bacteriológicas se han diseñado de manera que sean muy sensibles y específicas para revelar cualquier contaminación de origen fecal o presencia de los gérmenes del grupo coliforme. (Fion, 1996, pág. 15)

Las tolerancias para estos parámetros dependen del tipo de aplicación que se le va a dar el agua. Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre. Su presencia en el agua indica contaminación fecal. (Solorzano, 2005, pág. 14)

Según la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 (2016, pág. 10) los parámetros medibles en Guatemala del agua para consumo humano coliformes totales y *Escherichia coli* (*E. coli*).

Las bacterias coliformes causan una enfermedad, sin embargo, estas bacterias son usadas como indicadores en pruebas de agua porque su presencia señala que hay organismos que pueden causar enfermedades (patógenos).

La presencia de algunos tipos de bacterias coliformes en el agua señala la presencia de excremento o desechos de alcantarillas y usualmente causan enfermedades si se llegan a consumir esas aguas. (División de Salud Pública de Carolina del Norte 2009, pág. 1)

Los subgrupos de coliformes totales según la división de salud pública de Carolina del Norte (2009, pág. 1) son:

- a. **Bacterias coliformes fecales:** es un subgrupo de bacterias coliformes totales que se encuentran en grandes cantidades en los intestinos y excremento de los humanos y animales, su presencia indica que el agua está contaminada con excremento o desechos de alcantarillas y tiene potencial de causar enfermedades.

- b. ***Escherichia coli*:** es un subgrupo de bacterias fecales coliformes, algunas cepas de este tipo de bacterias se encuentran en grandes cantidades en los intestinos de las personas y animales de sangre caliente y tienden a causar enfermedades si se llega a consumir agua con presencia de estos organismos e indican un alto riesgo en la salud de las personas.

Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua

Tabla de parámetros microbiológicos medibles en agua para consumo humano en Guatemala.

Cuadro 5. Características microbiológicas del agua para consumo humano.

MICROORGANISMOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Agua para consumo directo Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 ml de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 ml de agua
Agua tratada en el sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 ml de agua

Fuente: COGUANOR, 2016, pág. 10.

Otros parámetros (químicos y radiológicos) que la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 establece para la evaluación del agua para consumo humano son:

a. Relación de las sustancias inorgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud:

A continuación, se presenta la tabla de parámetros inorgánicos medibles en agua para consumo humano en Guatemala:

Cuadro 6. Características químicas del agua para consumo humano.

Substancia	LMP (mg/L)
Arsenico (As)	0,010
Bario (Ba)	0,70
Boro (B)	0,30
Cadmio (Cd)	0,003
Cianuro (CN ⁻)	0,070
Cromo total (Cr)	0,050
Mercurio total (Hg)	0,001
Plomo (Pb)	0,010
Selenio (Se)	0,010
Nitrato (NO ₃ ⁻)	50,0
Nitrito (NO ₂ ⁻)	3,0

Fuente: COGUANOR, 2016, pág. 7.

b. Sustancias plaguicidas cuya presencia en el agua es significativa para la salud:

A continuación, se encuentra la tabla de sustancias plaguicidas medibles en agua para consumo humano en Guatemala:

Cuadro 7. Características químicas del agua para consumo humano

Grupo	LMP (µg/L)
Compuestos organoclorados^(a)	
Aldrin y Dieldrin	0,03
Clordano	0,20
Clorotolurón	30,0
DDT y sus metabolitos	1,00
Endrin	0,60
Lindano	2,00
Metoxicloro	20,0
Pentaclofenol	9,0
Acidos fenoxi	
2,4-D	30,0
2,4-DB	90,0
2,4 5T	9,00
Mecoprop	10,0
Dicloroprop	100,0
MCPA	2,00
Fumigantes	
1,2-Dicloropropano	40,0
1,3-Dicloropropeno	20,0
DBCP (1,2-Dibromo-3-cloropropano	1,00
Triazinas	
Atrazina	2,00
Simazina	2,00
Acetanilidas	
Atacloro	20,0
Metolacloro	10,0
Carbamatos	
Aldicab y sus metabolitos	10,0
Carbofuran	7,00
Isoproturon	9,00
Molinato	6,00
Pendimetalina	20,0
Amidas	
Di etil-hexil) ftalato	8,00
Trifluralín	20,00
Organofosfatos	
Cabofurán	7,00
Clorpirifós	30,00
dimetoato	6,00

^(a) Aunque algunas de estas sustancias ya no son permitidas se asignan los valores límite, debido a su persistencia ambiental.

Fuente: COGUANOR, 2016, pág. 8.

c. Sustancias orgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud:

A continuación, se presenta la tabla de sustancias orgánicas medibles en agua para consumo humano en Guatemala:

Cuadro 8. Características químicas del agua para consumo humano.

Compuesto	LMP (µ/L)
Acido edético (EDTA) ⁽⁴⁾	600,0
Acido nitrilo triacético	200,0
Benceno	10,0 ⁽¹⁾
Cloruro de vinilo	0,3, ⁽¹⁾
o-diclorobenceno	1000,0 ⁽²⁾
p-diclorobenceno	300,0 ⁽²⁾
1,2-dicloroetano	30,0 ⁽¹⁾
1,1-dicloroetano	30,0
1,2-dicloroetano	50,0
Cis-1,2-dicloroetileno	50,0
Trans-1,2-dicloroetileno	50,0
Diclorometano	20,0
1,2-dicloropropano	40,0 ⁽³⁾
Di(2etilhexil)ftalato	8,0
1,4-dioxano	50,0 ⁽¹⁾
Estireno	20,0 ⁽²⁾
Etilbenceno	300,0 ⁽²⁾
Hexaclorobutadieno	0,6
Pentaclorofenol	9,0 ^{(1) (3)}
Tetracloruro de carbono	4,0
Tetracloroetano	40,0
Tolueno	700,0 ⁽²⁾
Tricloroetano	20,0 ⁽³⁾
Xileno	500,0 ⁽²⁾

⁽¹⁾ El valor de referencia de las sustancias que se consideran cancerígenas es la concentración en el agua asociada con un límite de riesgo adicional de cáncer durante toda la vida de 10⁻⁵ (un caso adicional de cáncer por cada 100,000 personas que ingieren agua de bebida con una concentración de la sustancia igual al valor de referencia durante 70 años). Las concentraciones asociadas con límites superiores estimados de riesgo adicional de cáncer de 10⁻⁴ y 10⁻⁶ pueden calcularse multiplicando y dividiendo, respectivamente, el valor de referencia por 10.

⁽²⁾ Concentraciones de la sustancia iguales o superiores al valor de referencia basado en criterios de salud pueden afectar la apariencia, gusto u olor del agua, dando lugar a reclamos por parte de los consumidores.

⁽³⁾ Valor de referencia provisional, dado que hay evidencia de que la sustancia es peligrosa, pero existe escasa información disponible relativa a sus efectos sobre la salud.

⁽⁴⁾ Aplica al ácido libre

Fuente: COGUANOR, 2016, pág. 9

d. Valores guía para los aspectos radiológicos en Guatemala:

A continuación se especifican en la siguiente tabla los aspectos radiológicos que deben evaluarse en el agua:

Cuadro 9. Valores radiológicos del agua para consumo humano.

Características	Valor Máximo Aceptable	Observaciones
Radioactividad	0,10 Bq/L ⁽¹⁾	Si se sobrepasa el valor límite, es necesario un análisis más detallado de los radionúclidos.
Radioactividad beta total	1,0 Bq/L	

Fuente: COGUANOR, 2016, pág. 10

e. Radionúclidos indicadores de radiación y sus valores guía en agua

A continuación se especifican los valores que indican presencia de radiación en el agua:

Cuadro 10. Indicadores de radiación en el agua para consumo humano.

Radiación	Indicador	Limites
Alfa artificial	Americio 241	0,1 Bequerel/L
Beta artificial	Estroncio 90	1,0 Bequerel/L
Gamma artificial	Cesio 137	No definido

Fuente: COGUANOR, 2016, pág. 10

2.2.12. Manual de funcionamiento y evaluación del agua para consumo humano

Vergara (2017, pág. 249) quien cita a Torres Álvarez (1996), define que los manuales son herramientas de procedimientos, eficaces para transmitir conocimientos y experiencias a terceros, para demostrar y documentar toda la tecnología acumulada hasta un momento exacto sobre un tema. Un manual es el documento que contiene la descripción de actividades que deben seguirse en la realización de las funciones de una unidad o de un tema en específico. En este se incluye la información y ejemplos de formularios, así como, autorizaciones, documentos necesarios, máquinas o equipo a utilizar y cualquier otro dato o herramienta que ayude al desarrollo del manual. (Palma, 2021 párr. 1)

Un manual de funciones es un componente del sistema de control interno, el cual se crea para obtener información detallada, ordenada, sistemática e integral que contiene todas las instrucciones, responsabilidades e información sobre políticas, funciones, sistemas y procedimientos de las distintas operaciones o actividades que

se realizan en una organización, este permite que la organización tenga un gran crecimiento con más efectividad. El manual de procedimientos se desarrolla para cada una de las actividades u operaciones que tengan que ver los procesos administrativos y operativos de acuerdo con la ley establecida, este permite establecer objetivos para la organización, en este se consignan metódicamente las acciones y operaciones que se deben seguir para poder llevar a cabo las funciones generales para que la organización pueda funcionar bien. (Pérez, 2018 párr. 3)

2.2.12.1. Importancia de un manual de funcionamiento

El manual de funciones se establece como una base fundamental para detectar las fallas, omisiones y desempeños de los empleados de la organización en un término procedimiento; éste facilita la orientación, la ubicación, delimitación de responsabilidades, define cargos y delimita funciones. (Pérez, 2018 párr. 6)

El manual de funciones le da a los trabajos realizados un carácter formal para una determinada tarea, es, en definitiva, una guía orientadora en la consecución de un resultado y su elaboración y redacción suele ser una función directiva que deberán llevar a cabo gerentes o personas con capacidad de decisión, ya que, ellos son los responsables de mantener bien informadas a las demás personas sobre la forma de realizar las tareas para evitar confusiones y mitigar posibles errores; además, cabe destacar que los manuales de procedimientos funcionan también como un instrumento de control y de rendición de cuentas respecto a qué, cómo, cuándo y dónde se ejecutan determinados trabajos. (Risk, 2021 párr. 2). El tratamiento y la evaluación periódica del agua es necesaria para mantener un constante conocimiento de que los sistemas que abastecen de agua, estén brindando agua de calidad, fundamentalmente para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades e infecciones producidas por agentes patógenos o químicos, y es por ello, que estas también deben ser analizadas como mínimo dos veces al año para que por medio de un análisis fisicoquímico y microbiológico se determine su calidad y si es apta o no para consumo.

III. Objetivos

3.1. General

Evaluar el sistema de agua entubada y de pozos artesanales en el cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.

3.2. Específicos

- Determinar si el agua entubada y de pozos artesanales es apta para el consumo humano en el cantón Taracena
- Identificar los factores que pueden influir en la calidad del agua según el uso del suelo actual de cantón Taracena.
- Indicar la influencia de la calidad del agua de consumo actual con la causa de enfermedades e infecciones gastrointestinales en los habitantes.

IV. Materiales y métodos

La siguiente información corresponde a los materiales utilizados y metodología empleada durante los meses de mayo a agosto para lograr el desarrollo completo de la investigación inferencial.

4.1. Materiales

Cuadro 11. Materiales y presupuesto de la investigación.

MATERIAL	CANTIDAD	P/UNIDAD	PRECIO
Libreta de campo	1	Q12.00	Q12.00
Lapicero	1	Q2.00	Q2.00
Teléfono celular	1	Q3,700.00	Q3,700.00
Alquiler de GPS	1	Q325.00	Q325.00
Computadora	1	Q5,000.00	Q5,000.00
Software QGis	1	Q0.00	Q0.00
Software Google Earth	1	Q0.00	Q0.00
Hojas de papel	1 paquete	Q25.00	Q25.00
Calculadora científica	1	Q0.00	Q0.00
Mascarillas quirúrgicas	1 caja	Q0.60	Q30.00
Alcohol en gel	1 galón	Q60.00	Q60.00
Careta	1	Q10.00	Q10.00
Impresora	1	Q1,200.00	Q1,200.00
Tinta	4 colores	Q115.00	Q460.00
Mano de obra	1	Q2,500.00	Q2,500.00
Recipientes estériles de 2 litros	5	Q12.25	Q61.25
Recipientes estériles de 100 mililitros	5	Q5.00	Q25.00
Análisis físico-químicos y microbiológicos	5	Q700.00	Q3,500.00
TOTAL			Q16,910.25

Fuente: de acuerdo a cotizaciones laboratorios, farmacias y comercios de Mazatenango, Suchitepéquez, 2021.

4.2. Metodología

Para lograr la evaluación de la calidad del agua que consumen los habitantes del cantón Taracena en Santo Domingo Suchitepéquez se implementaron varias técnicas de recolección de información, las cuales incluyen, georreferenciación de puntos de coordenadas geográficas, elaboración de mapas, consultas bibliográficas y muestreos del agua para los análisis correspondientes.

A la ejecución de la investigación se sumó el apoyo de los miembros del COCODE, personal de la municipalidad de Santo Domingo Suchitepéquez, Centro de Salud del municipio y el Laboratorio de Aguas de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, del Centro Universitario de Suroccidente (CUNSUROC).

Las actividades realizadas fueron las siguientes:

4.2.1. Información general de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo en el cantón Taracena.

a.) Componentes y tipo de tratamiento del servicio de agua entubada

▪ Definición del sistema de agua entubada

Para la obtención de ésta información se realizó una entrevista al señor Rogelio Morales, miembro del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) y fontanero del sistema de agua potable de cantón Taracena (ver guía de entrevista en anexo 3, pág. 102 y 103), con el propósito de identificar el funcionamiento del sistema y sus componentes; además de la oferta de agua diaria, costos de mantenimiento, costo por brindar el servicio, y horarios de funcionamiento.

▪ Tratamiento del agua entubada

Primero se realizó una observación al sistema de agua entubada, llenando una boleta de información sobre el mismo (ver boleta en anexo 5, pág. 105) para identificar qué tipo de equipo usan, los químicos de tratamiento del agua, anotación de datos y verificación de marcas.

Luego, se realizó una entrevista al presidente y tesorero, miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) del lugar. (ver guía de entrevista en anexo 3, pág. 102 y 103).

Con base en los resultados obtenidos, se realizó el análisis correspondiente de la información.

b.) Identificación de los usuarios del servicio de agua entubada y usuarios de pozos artesanales familiares

Se llevó a cabo un censo (ver boleta del censo en anexo 2, pág. 100 y 101), con el propósito de identificar los usuarios del servicio de agua entubada y a la población que se abastece de agua de pozos dentro de sus hogares.

En este censo también se incluyó la información que ayudó a identificar la salud de los habitantes, el tipo de mantenimiento que le brindan a los pozos artesanales, tipo de tratamiento del agua para consumo; y los usuarios del servicio de agua entubada evaluaron la calidad del servicio.

c.) Generación de mapa de usuarios de ambos sistemas de abastecimiento de agua

Con la información recabada anteriormente se generaron dos mapas diferentes, uno con la ubicación de los usuarios del sistema de agua entubada y otro con la ubicación de los usuarios que utilizan solamente el pozo artesanal.

Cada uno de los mapas fue generado haciendo uso de imágenes satelitales descargadas de Google Earth con actualización al año 2020, la georreferenciación de puntos mediante un GPS y el software Quantum Gis versión 3.4 Madeira.

4.2.2. Determinación de la calidad del agua para consumo humano en cantón Taracena.

Para determinar la calidad del agua se realizó un muestreo en cantón Taracena, este se llevó a cabo en las dos principales fuentes de abastecimiento de agua para consumo (agua entubada y agua de pozo).

El procedimiento para la toma de muestra fue el siguiente:

a.) Muestreo del agua del servicio de agua entubada de cantón Taracena

Para realizar los análisis correspondientes del sistema de agua entubada, primero se identificó la cantidad de usuarios del sistema y luego se recolectaron dos muestras de agua del mismo, los cuales fueron analizados de manera física-química y microbiológica.

Las muestras fueron recogidas de la siguiente manera:

1. La primera muestra fue tomada en el sector final, sector que se encuentra hacia el sur; esta se tomó del chorro que está conectado directamente al sistema que provee el servicio de agua entubado al tanque de captación, es decir, que esta muestra fue específicamente del agua cruda que extrae el sistema.
2. La muestra numero 2 fue tomada en el sector inicial, justo en la última vivienda (vivienda #121) que se abastece del sistema de agua entubada, con el propósito, de evaluar si el agua llega con las condiciones necesarias de tratamiento hasta este punto.

b.) Muestreo del agua subterránea (agua de pozo) del cantón Taracena.

Para analizar el agua de los habitantes que no cuentan con el servicio de agua entubada, es decir, que solo consumen agua de pozo, se realizaron las siguientes actividades:

1. Por medio del censo mencionado anteriormente en el inciso 5.2.1, b. se determinó los usuarios que se abastecen del sistema de pozo artesanal.
2. Luego se identificó el lugar de las muestras, se recolectaron 3 muestras en total, en donde, fue tomada una muestra por sector, haciendo uso del método aleatorio simple; para ello se hizo lo siguiente:
 - a) Primero se enumeró de manera sistemática, en este caso, cada pozo en cada sector del cantón (1...X).
 - b) Luego se escribió cada número en una hoja de papel por separado.
 - c) Después cada uno de esos números se cortó y esos pedazos de papel fueron colocados en una caja.
 - d) Finalmente se mezclaron todos los números y de manera aleatoria se seleccionó un número por cada sector, número que correspondió al pozo en donde fue tomada la muestra de agua.
3. Teniendo los pozos definidos, la muestra se recogió y fue trasladada al laboratorio de acuerdo al protocolo adecuado.

c.) Análisis físico-químico realizado a cada muestra

Para el análisis físico-químico se tomaron muestras de 2 litros cada una, en este caso se recolectaron 5 muestras, dos del sistema de agua entubada y 3 del sistema de agua de pozo.

El procedimiento de recolección fue el siguiente:

1. Colocación del EPP (mascarilla y guantes)
2. En las áreas con grifo se desinfectó previamente con alcohol y algodón, antes de tomar la muestra de adentro hacia afuera.
3. Se abrió el paso del agua y dejó correr por 3 minutos
4. Primero se captó $\frac{1}{4}$ de agua en el recipiente de 2 litros, luego se cerró y se lavó el recipiente. Esto fue repetido dos veces.

5. Luego se tomó la muestra, dejando el recipiente completamente lleno y sin burbujas de aire.
6. Finalmente se colocó el recipiente con la muestra en una hielera con bastante hielo, hasta cubrirla por completo para evitar que los procesos biológicos se detengan.

d.) Análisis microbiológico realizado a cada muestra

Para el análisis microbiológico se tomaron muestras de 100 mililitros cada una, en total fueron 5 muestras; dos muestras del agua entubada y 3 muestras del agua de pozo.

El procedimiento de la toma de las muestras fue el siguiente:

1. Colocación del EPP (mascarilla y guantes)
2. En las áreas con grifo se desinfectó previamente con alcohol y algodón, antes de tomar la muestra de adentro hacia afuera.
3. Se abrió el paso del agua y dejó correr por 3 minutos. En donde no se tuvo grifo se recogió la muestra usando un recipiente previamente esterilizado.
4. Primero se captó $\frac{1}{4}$ de agua en el recipiente de 2 litros, luego se cerró y se lavó el recipiente. Esto fue repetido dos veces.
5. Luego se tomó muestra, dejando el recipiente completamente lleno y sin burbujas de aire.
6. Finalmente se colocó el recipiente con la muestra en una hielera con bastante hielo, hasta cubrirla por completo para evitar que los procesos biológicos se detengan.

e.) Parámetros a medir en cada una de las muestras

A las 5 muestras tomadas (agua entubada y agua de pozo) se les realizaron análisis completos, es decir, se determinaron las características físicas, organolépticas, químicas y microbiológicas de cada una.

Los parámetros analizados en cada muestra según la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 (2016, págs. 6,7 y 10) fueron los siguientes:

- **Características físicas y organolépticas para agua de consumo humano**

La siguiente tabla muestra los parámetros físicos y organolépticos que deben medirse en agua para consumo establecidos por la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 en Guatemala:

Cuadro 12. Características físicas y organolépticas del agua para consumo humano.

CARACTERÍSTICAS	LMA	LMP
Color	5,0	35,0 u ^(a)
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15,0 UNT ^(b)
Conductividad eléctrica	750 μ S/cm	1500 μ S/cm ^(d)
Potencial de hidrogeno	7,0-7,5	6,5-8,5 ^{(c)(d)}
Solidos totales disueltos	500,00 mg/L	1000,0 mg/L
(a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto		
(b) unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)		
(c) en unidades de pH		
(d) límites establecidos a una temperatura de 25 °C		

Fuente: COGUANOR, 2016, pág. 6.

- **Características químicas del agua para consumo humano**

A continuación, se presenta la tabla de parámetros químicos medibles en agua para consumo humano en Guatemala de acuerdo a la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001:

Cuadro 13. Características químicas del agua para consumo humano.

CARACTERÍSTICAS	LMA	LMP
Cloro residual libre ^(a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl)	100,0	250,0
Dureza total (CaCO ₃)	100,0	500,0
Sulfato (SO ₄)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0

CARACTERÍSTICAS	LMA	LMP
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) ^(b)	0,3	----
(a)El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia. (b)No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.		

Fuente: COGUANOR, 2016, *pág. 7.*

- **Características microbiológicas del agua para consumo humano**

La siguiente tabla corresponde a los parámetros microbiológicos medibles según la normativa del país en agua para consumo humano:

Cuadro 14. Características microbiológicas del agua para consumo humano.

MICROORGANISMOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Agua para consumo directo Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 ml de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 ml de agua
Agua tratada en el sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 ml de agua

Fuente: COGUANOR, 2016, *pág. 10.*

f.) Conservación, traslado y análisis de muestras tomadas

Para la conservación y traslado de las muestras se utilizaron recipientes de plástico estériles, estos se llenaron conforme a los lineamientos correspondientes y fueron resguardados en una hielera, con suficiente hielo, a tal punto que cubriera por completo la mayor parte del recipiente utilizado para evitar que los procesos biológicos del agua se detuvieran.

Las muestras recolectadas de ambos sistemas de abastecimiento de agua fueron trasladadas al Laboratorio de Aguas IGAL/CUNSUROC, hora y media después de haber sido tomadas para minimizar el tiempo de estas dentro de la hielera.

4.2.3. Identificación de los principales factores que influyen en la calidad del agua según el uso de suelo actual en el cantón Taracena.

Para determinar los factores que influyen en la calidad del agua según el uso del suelo actual en el cantón Taracena se llevaron a cabo las siguientes actividades:

1. Inicialmente se definió el uso del suelo del cantón Taracena mediante fotointerpretación de imágenes aéreas descargadas de Google Earth del año 2020 y cargadas en el software de información geográfica Quantum Gis en la versión 3.4 Madeira, con el propósito de generar un mapa final. En este se incluyeron todos los factores que puedan influir en la calidad del agua, tales como factores agrícolas, biológicos, ambientales y de construcción.
2. Luego se realizó la validación en campo de la información contenida en el mapa generado, mediante una reunión participativa con algunos miembros del COCODE, con el fin de validar la información contenida en el mapa.
3. Seguidamente se determinó los factores que influyen en la calidad del agua del cantón Taracena con base en la definición del uso del suelo definido previamente.
4. Después se realizó una investigación bibliográfica de cada uno de los factores encontrados y mediante una escala de calificación con valores del 0 al 10, siendo 0 el más bajo y 10 el más alto, se les agrupo y asignó un rango y categoría de acuerdo a la forma en que influyen en la calidad del agua. Esto se hizo para definir si influyen de positiva o negativa en la calidad del agua.

La escala de calificación utilizada se estructuró de la siguiente manera:

Cuadro 15. Escala de calificación utilizada en factores que influyen en la calidad del agua

Rango	Categoría	Color
0-3	Bueno	

Rango	Categoría	Color
3-6	Malo	Amarelo
6-10	Muy malo	Rojo

Fuente: con base en el Currículo Nacional Base de Guatemala, 2017, pág. 1 cap.

2

5. Luego de categorizar los factores conforme a la escala estos fueron analizados y presentados para demostrar cuántos y cuáles son los factores dentro del cantón Taracena que influyen en la calidad del agua disponible para consumo.

4.2.4. Identificación de la influencia de la calidad del agua de consumo actual con la causa de enfermedades e infecciones gastrointestinales en los habitantes.

Para identificar si la calidad del agua influye en la salud de los habitantes del cantón, se realizó un censo (ver boleta del censo en anexo 2, inciso 15 y 16 pág. 100 y 101) con preguntas sobre la salud de los habitantes, para identificar si estos han padecido enfermedades gastrointestinales relacionadas al agua contaminada.

Luego se realizó una entrevista al señor José Santiago Chocoj (ver guía de entrevista en anexo 4, pág. 104), Inspector de Saneamiento Ambiental en el Centro de Salud del municipio, con el propósito de identificar las enfermedades que se han presentado en la población del cantón con mayor frecuencia relacionadas al consumo de agua contaminada.

Finalmente se analizaron los resultados haciendo la comparación de ambas partes (población del cantón e inspector de saneamiento) para determinar si se han presentado enfermedades gastrointestinales relacionadas al consumo de agua dentro del cantón Taracena y si el Centro de Salud del municipio ha prestado sus servicios y ayuda a la población respecto al tema.

4.2.5. Propuesta de manual de funcionamiento y evaluación periódica del agua para consumo humano en el cantón Taracena.

Para realizar el manual se llevó a cabo las siguientes actividades:

- 1. Definición de los elementos del manual:** los elementos que contiene el manual propuesto son los siguientes: título índice, objetivos, contenido (con base en análisis de resultados), normas relacionadas al tema, recomendaciones finales, referencias bibliográficas y el glosario de términos.
- 2. Análisis de resultados y definición de contenido:** luego de haber realizado el muestreo y análisis de aguas de ambos sistemas se analizaron los resultados y con base en ellos se definieron los temas, lineamientos y procesos incluidos en el manual.
- 3. Reunión de COCODE participativa:** previo a su redacción, el contenido se socializó con los miembros del COCODE para su validación.
- 4. Recolección de información:** la información incluida en el contenido del manual se recolectó de fuentes bibliográficas, tales como, la Cruz Roja Nacional y Ministerio de Salud Pública.
- 5. Estructuración del manual:** el manual estructurado y diseñado incluye todo lo socializado, como, las fuentes de contaminación generales y comunitarias, el procedimiento adecuado de tratamiento del agua en casa y sistemas de abastecimiento, la adecuada manipulación y almacenamiento del agua antes de consumirla, las normas que se tienen en el país para indicar los parámetros y características que debe tener el agua para consumo humano y la periodicidad con la que el agua potable debe evaluarse.

V. Resultados y discusión

A continuación, se presenta la información obtenida como resultado al completar toda la metodología propuesta anteriormente.

5.1. Información general de los sistemas de abastecimiento de agua en el cantón Taracena.

Para el desarrollo de la investigación inferencial, el primer paso fue obtener información completa sobre cada uno de los sistemas que abastece de agua para consumo a la población del lugar, las actividades desarrolladas para ello, fueron las siguientes:

5.1.1. Componentes y tipo de tratamiento del servicio de agua entubada

a) Definición del sistema de agua entubada

De acuerdo a la entrevista realizada al fontanero del lugar el señor Rogelio Morales (2021), se encontró que efectivamente el proyecto del sistema de agua entubada comenzó en el año 2018, con la aprobación de la comunidad del cantón, el COCODE en curso, que cabe, mencionar, ya no es el mismo que se encuentra en funciones actualmente y la aprobación de la municipalidad de Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez.

El proyecto fue gestionado por los mismos habitantes del cantón con apoyo de la municipalidad y de algunas personas del municipio ajenas al cantón, así como, fondos extraordinarios de la sociedad civil. El sistema es auto sostenible con los recursos que se obtienen del cobro mensual a los habitantes que usan el servicio; la tarifa mensual es de Q30.00. Los ingresos recaudados se utilizan para cubrir el pago del fontanero, quien también es el encargado de cobrar a los usuarios.

El sistema de agua entubada está compuesto por un pozo de 300 pies de profundidad (91.44 metros), un tanque elevado de captación que almacena 60,000 litros de agua. El consumo diario de agua es de 150,000 litros, funcionando las 24

horas del día con un sistema de cloración. El proyecto fue valorado en 2,019,333.00 quetzales.

Actualmente se estableció un Comité de Agua integrado por miembros del COCODE y pobladores del cantón, sin embargo, no tienen conocimiento profesional sobre el sistema de agua entubada.

b) Estudio geotécnico para la cimentación del tanque elevado

De acuerdo a Córdova (2016, pág. 2, 3, 6, 16) el proyecto llevó por nombre “Construcción de sistema de agua potable con perforación de pozo, cantón Taracena, Sto. Domingo Suchitepéquez.

Para la exploración del subsuelo se realizó la excavación de 1 pozo a cielo abierto de 1.00 * 1.00 metros de lado con una profundidad de 1.50 mts para obtener las respectivas muestras sobre el tipo de suelo en donde se instaló el sistema. Para ello hicieron dos sondeos de penetración estándar y realizaron los siguientes análisis:

- **Análisis granulométrico (AASHTO T-88)**

Este estudio comprueba que el material del suelo está compuesto por 0.16% de grava, 31.86% de arena y 67.98% de finos, clasificado por AASHTO como un material A-4 que indica que es un suelo limoso de baja plasticidad arenoso.

- **Límites de Atterberg (AASHTO T-89 y T-90)**

Estos límites se utilizaron para conocer la plasticidad del suelo, lo cual dio como resultado que en el punto estudiado el suelo que se encuentra presente tiene un límite líquido de 35.4% y un índice de plasticidad de 6.4%, lo cual, indica que se trata de un suelo con un potencial de expansión bajo.

- **Ensayo de corte directo (ASTM D-3080) y de penetración estándar (AASHTO T-206)**

La capacidad de carga admisible fue evaluada por medio de dos sondeos de penetración estándar a intervalos constantes de 0.60 metros hasta llegar a una

profundidad de 6.00 metros bajo la superficie actual del terreno, como complemento se hizo 1 ensayo de corte directo y con ello se obtuvo que la capacidad de carga es de 7.00 Ton/m² lo cual indicó que este no cumplía con la capacidad de carga del diseño de cimentación del tanque por lo que se recomendó que el tanque fuera estabilizado de las zapatas para evitar daños.

c) Análisis de costos del sistema de agua entubada

A continuación, se presenta un análisis de los costos e ingresos actuales que tiene el servicio de agua entubada.

- **Tabla de costos actuales del servicio**

La siguiente tabla muestra los egresos del servicio de agua actualmente:

Cuadro 16. Costos actuales del sistema de agua entubada

Ingresos y costos del sistema actuales			
Usuarios	Pago mensual	Ingreso total Mensual	Observaciones
122	Q 30.00	Q 3,660.00	Si llegaran a pagar los 122 Usuarios
Egresos mensuales			
Pago de fontanero			Q 1,000.00
Pago de energía eléctrica			Q 2,272.00
Compra de cloro*			Q1,500.00
Total			Q 3,872.00
*Se hizo la compra de cloro en el año 2018, al inicio del proyecto, por lo tanto, este no fue adquirido con ingresos del cobro mensual. Actualmente el agua lleva 4 meses sin ser clorada.			

Fuente: con base en entrevistas realizadas a miembros del COCODE, 2021, pág.1

Se logró determinar que el sistema de agua entubada en Cantón Taracena cuenta con 122 usuarios con derecho a consumir 30,000 litros mensuales por el cual pagan Q30.00 al mes (Q1.00 por día), lo cual equivale a Q3,660.00 de ingresos mensuales, así mismo, se determinó que, por exceso de agua, es decir cuando los usuarios pasan por arriba de los 30,000 litros se penaliza con la cantidad de Q2.00, pero no se tiene conocimiento si este es cobrado de manera adecuada.

El modelo básico económico que tienen en función actualmente logra cubrir todos los costos fijos, sin embargo, debe tomarse en cuenta que no está abarcando todos los aspectos considerables para lograr un eficiente funcionamiento del servicio.

Para ello debe incluirse los aspectos económicos reales y técnicos que el sistema necesita para que no colapse antes del tiempo de vida estimado.

Cabe destacar, que el cloro con el que trataban el agua se adquirió en el año 2018, cuando el sistema inició funciones, se hizo la compra de un tonel de 55 galones, el cual, tiene duración para 2 años. Actualmente el sistema no cuenta con tratamiento, ya que, el cloro adquirido en un inicio se ha terminado y no se tienen fondos para cubrir este gasto.

- **Tabla de costos con mejoras en el servicio**

A continuación, se presenta una organización económica que pretende demostrar el costo que tendría el sistema realizando mejoras en aspectos necesarios de funcionamiento:

Cuadro 17. Tabla de costos del sistema de agua entubada con mejoras

Costos con mejoras en aspectos necesarios del sistema			
Usuarios	Pago mensual	Ingreso total Mensual	Observaciones
122	Q 50.00	Q 7,879.37	Si llegaran a pagar los 122 Usuarios
Egresos mensuales			
Dato a pagar	Anual	Mensual	Por usuario/mes
Mantenimiento de bomba y pozo	Q 1,000.00	Q 83.33	Q 0.68
Depreciación bomba	Q 1,050.00	Q 87.50	Q 0.72
Pago de fontanero	Q 32,908.44	Q 2,742.37	Q 22.48
Energía eléctrica	Q 27,600.00	Q 2,300.00	Q 18.85
Asesoramiento profesional de sistema	Q 2,000.00	Q 166.67	Q 1.37
Mantenimiento tanque	Q 400.00	Q 33.33	Q 0.27
Compra de cloro	Q 750.00	Q 62.50	Q 0.51
Análisis de aguas	Q 4,000.00	Q 333.33	Q 2.73
Ahorro en caja	Q 2,844.00	Q 237.00	Q 1.94
Costos totales	Q 72,552.48	Q 6,046.04	Q 50

Fuente: con base en el código de trabajo, cotizaciones en comercios de la ciudad de Guatemala y entrevista a fontanero del lugar, 2021.

En la tabla anterior puede observarse que para prestar un servicio de calidad y confiable el costo debería ser de Q50.00 mensuales. La propuesta indica los costos anuales, mensuales y por usuario. Cabe destacar que son costos reales, adquiridos

de cotizaciones en comercios, empresas y laboratorios de la ciudad de Guatemala, los costos a tomarse en cuenta para el servicio con mejoras son los siguientes:

- **Costo por mantenimiento de bomba y pozo:** consiste en la contratación de un experto para realizar el servicio general de la bomba mecánica de extracción de agua, verificar que no exista tubería tapada y limpieza al pozo. Este servicio debe realizarse dos veces al año.
- **Depreciación de bomba:** la bomba actualmente tiene un valor de Q15,000.00 con un estimado de vida según (SEGEPLAN, 2016, pág. 1) de 20 años, por lo tanto, se calculó el 4% de inflación anual con proyección a 20 años, lo cual, da que el valor estimado de la bomba en 20 años será de Q21,000.00 (Q6,000.00 de inflación).
- **Pago mensual de fontanero:** al fontanero debe remunerársele con el salario mínimo estipulado por el código de Trabajo de Guatemala para el año 2021, por lo tanto, este sube a la cantidad de Q2,742.37.
- **Pago de energía eléctrica:** se colocó la cantidad de Q2,300.00 de energía eléctrica tomando como base que en recibos anteriores la energía eléctrica oscila entre Q2,000.00 y Q2,300.00.
- **Asesoramiento profesional:** consiste en la contratación de un profesional especializado en sistemas de abastecimiento de agua, para que verifique la calidad y eficacia del sistema, así como, la dosificación de cloro o cualquier otro tratamiento que se le da al agua. Este servicio debe realizarse dos veces al año como mínimo y tendrá un costo de Q2,000.00 al año, es decir, Q1,000.00 por día contratado (dos veces al año).
- **Mantenimiento del tanque:** el tanque de captación debe ser limpiado de manera adecuada y con las herramientas especializadas para ello (cepillo metálico, escobas, etc.), esto tiene un costo estimado de Q33.33 al mes, para lograr la cantidad de Q400.00 al año, ya que, este servicio debe hacerse 2 veces al año.
- **Compra de cloro:** el sistema de agua entubada de cantón Taracena utiliza hipoclorito de sodio al 10% como sistema de tratamiento por cloración, este debe comprarse por tonel de 55 galones, el cual tiene un costo de Q1,500.00

con un tiempo de vida de 2 años, por lo tanto, la cuota mensual debe ser de Q62.50 para lograr tener la cantidad total cada dos años para nueva compra cuando este se acabe.

- **Análisis de aguas:** la calidad del agua entubada debe evaluarse a través de análisis de laboratorio, mínimo dos veces al año, tal y como estipula la Norma Técnica Coguanor 29001 (en temporada seca y temporada lluviosa), esto tiene un costo de Q4,000.00 anuales, por lo tanto, la cuota mensual para cubrir ese gasto debe ser de Q333.33 (Q2.73 por usuario).
- **Ahorro en caja:** se refiere a la cantidad de dinero que quedará como un ahorro para imprevistos que pueda tener el sistema y que no hayan sido contemplados (cambio o reparación de tuberías).

d) Tratamiento del agua entubada

El sistema de tratamiento y sus componentes están descritos en el siguiente cuadro:

Cuadro 18. Boleta de información del sistema de tratamiento del agua en el cantón Taracena.

NO.	FACTOR	DESCRIPCIÓN
1.	Tipo de tratamiento	Sistema irregular de cloración.
2.	Cantidad de equipo utilizado	2 toneles almacenadores de hipoclorito de sodio 2 flipones de energía eléctrica 1 bomba de extracción 1 dosificador de cloro
3.	Equipo que se utiliza	bomba sumergible mecánica y un clorificador
4.	Marca del equipo utilizado	Soluciones de bombeo S.A. y la marca General Electric.
5.	Norma de regulación utilizada en el sistema	No se utilizó ninguna norma para instalación del sistema de tratamiento.
6.	Encargado del control del tratamiento	Fontanero del lugar, señor Rogelio Morales.
7.	Químicos utilizados	Hipoclorito de sodio (cloro liquido) al 10%
8.	Empresa que da asesoramiento	No tienen asesoramiento de ninguna empresa.

NO.	FACTOR	DESCRIPCIÓN
9.	Mantenimiento del equipo	Hasta el momento el único mantenimiento que han dado es el lavado interno del tanque de captación. 1 vez desde que este se implementó
11.	Fuerza del equipo	Bomba automática y un dosificador de 50/60 Hz con velocidad de 1 y carrera al 40

Fuente: con base en la observación e inspección del sistema de tratamiento del cantón Taracena, 2021.

Conforme a la boleta de información presentada anteriormente se puede deducir que, de acuerdo a lo anterior, el tratamiento que se le brinda al agua entubada es a través de la inyección de hipoclorito de sodio al 10%, cuentan con equipo de bombeo monofásico de 7.5 hp con panel de control, cometida eléctrica, acometidas domiciliarias, tubería PVC y caja de válvulas.

Actualmente los encargados del sistema no cuentan con asesoramiento profesional para el mantenimiento y operación del mismo. Solamente han realizado el lavado interno del tanque de captación, una vez desde que este se cimento, no se habían llevado a cabo análisis de aguas hasta ahora, y tampoco tienen conocimiento de que la Norma Técnica COOGUANOR 29001 es bajo la que debe regularse el sistema.

Por último, se determinó que conocen del proyecto solamente en aspectos generales, tales como, el precio del servicio, a los gestores del proyecto, año de implementación y consumo diario de agua.

El estimado que reciben mensualmente por el servicio es de Q3,700.00 quetzales aproximadamente, utilizado para pago de fontanero, compra de herramientas necesarias y tuberías dañadas. Actualmente ya no cuentan con disponibilidad de cloro para tratar el agua, y solamente se ha propuesto un estudio sobre la calidad del agua desde su implementación, inicio en el año 2020 pero este jamás llegó a

desarrollarse, ya que, el proceso se detuvo debido a la pandemia por Covid-19 en el país.

5.1.2. Usuarios del servicio de agua entubada y usuarios de pozos artesanales familiares

Para la identificación de los usuarios y evaluación de cada servicio se realizó un censo (ver tabla de resultados de censo en anexo 6, págs. 106 y 107) en el área de estudio. Como resultado se obtuvo 208 viviendas censadas, las cuales están distribuidas en tres sectores. De acuerdo a los resultados obtenidos, el 64.1% son usuarios del sistema de agua entubada, correspondiente a 122 casas y el resto (35.9%) se abastecen del sistema de pozo artesanal, correspondiente a 57 viviendas.

El 100% de la población del cantón utilizan el agua para uso domiciliar, y el 39.9% además de ese uso la utilizan para otras actividades, como la crianza de animales y producciones agrícolas; se identificó que el 66.3% no da un tratamiento domiciliar y el 50.2% no almacena el agua previa a consumirla.

El 46% de los usuarios del agua entubada no están de acuerdo con el monto de la tarifa mensual y de incrementarse no lo pagarían y desistirían del servicio; cabe destacar, que el 53.2% de los usuarios lo califican como bueno, tomando en cuenta que se han presentado quejas sobre cambios de color y olor debido al cloro que se usa para potabilizarla. Respecto a los pozos se determinó que el 35.6% da mantenimiento a su pozo una vez al año, no tan frecuente como debería de ser; se definió también que el 3.5% de los usuarios suelen detectar malos olores y turbiedad en el agua, evidenciando con ello la falta de mantenimiento en los pozos, algunos con más de 10 años haber sido construidos.

Se debe tomar en cuenta que solamente en el 27.5% de las viviendas consume agua purificada, por lo que, el acceso a agua limpia y tratada adecuadamente es

necesaria para evitar la propagación de enfermedades e infecciones por consumo de agua en mal estado.

5.1.3. Generación de mapa de usuarios de ambos sistemas de abastecimiento de agua

Con la información recabada del censo general se generaron dos mapas diferentes, uno, con la ubicación de los usuarios del sistema de agua entubada y otro con la ubicación de los usuarios que utilizan solamente el pozo artesanal.

a) Mapa de usuarios y ubicación de muestras tomadas del sistema de abastecimiento de agua de pozos artesanales dentro del cantón Taracena

USUARIOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA ENTUBADA

Cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez

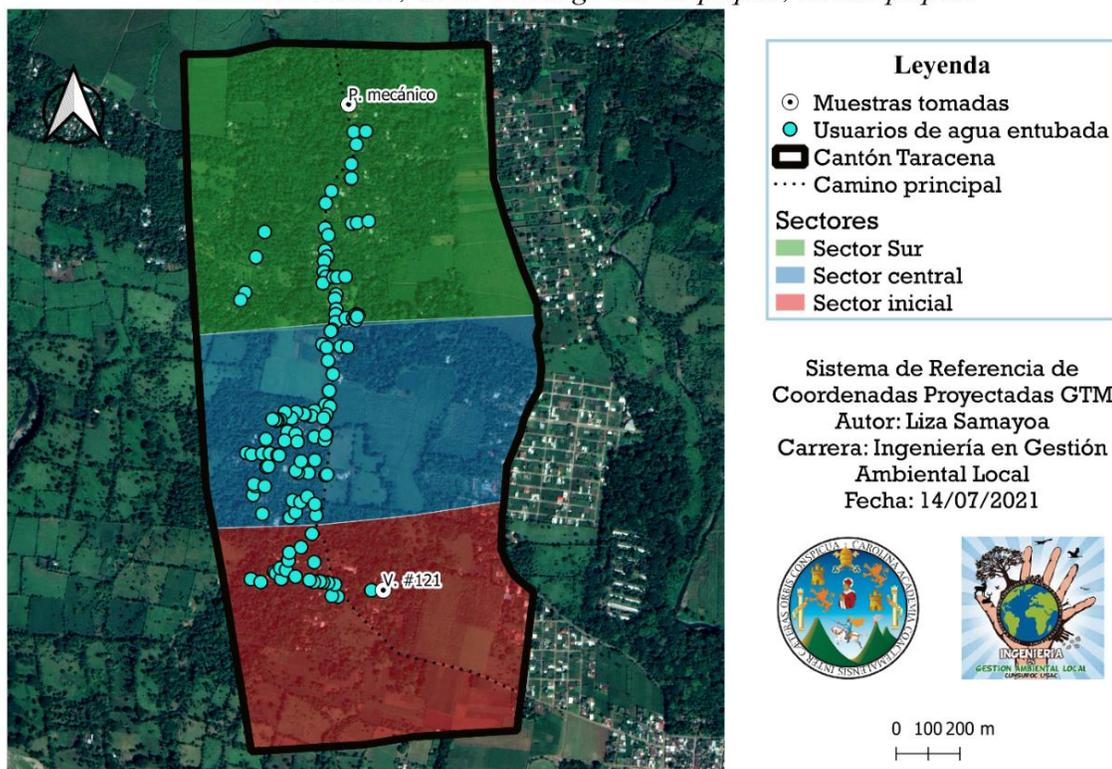


Figura 8. Mapa de ubicación de usuarios y toma de muestra del sistema de agua entubada.

Fuente: con base en imágenes satelitales y marcación de puntos con GPS

Como puede observarse en el mapa, son 122 usuarios con sistema de agua entubada a lo largo del cantón, así mismo, se identifica el lugar de donde fueron recolectadas las muestras. La muestra 1 se recogió en donde se encuentra el sistema de agua instalado (bomba de agua) ubicada en el sector sur del cantón y la segunda muestra fue recogida en la vivienda número 121, que corresponde a la última vivienda a la que llega el servicio de agua y la tubería, esta se encuentra en el sector inicial del cantón, es decir, en la entrada del cantón.

b) Mapa de usuarios y ubicación de muestras tomadas del sistema de abastecimiento de agua de pozos artesanales dentro del cantón Taracena

USUARIOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE POZO ARTESANAL

Cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez

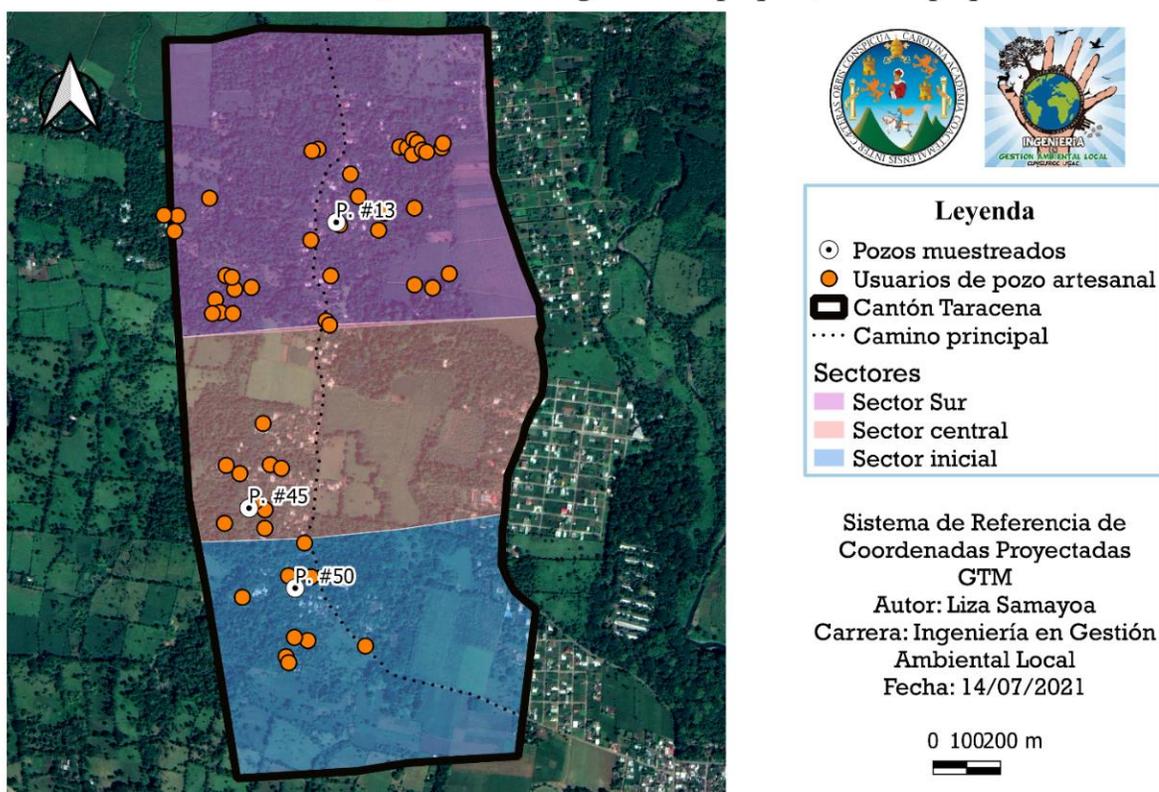


Figura 9. Mapa de ubicación de usuarios y toma de muestras del sistema de pozo artesanal.

Fuente: con base en imágenes satelitales y marcación de puntos con GPS.

En el mapa anterior, pueden observarse los 57 usuarios que cuentan solo con pozo artesanal como sistema de abastecimiento de agua para consumo, así mismo, se muestra el lugar y número de pozo en donde fue recogida la muestra de agua para realizar los análisis de laboratorio correspondientes.

De este sistema se tomaron 3 muestras completas, una por sector de manera aleatoria después de haber enumerado cada uno de los pozos encontrados. La muestra número 1 fue tomada en el pozo no. 13, que se encuentra en el sector sur del cantón, la muestra 2 fue tomada en el sector central del cantón y corresponde al pozo número 45 y la muestra número 3 fue tomada en el pozo no. 50 que se encuentra en el sector inicial del cantón.

5.2. Calidad del agua para consumo humano en cantón Taracena.

Con base en los resultados obtenidos de los análisis realizados (ver tabla de resultados en anexo 7, págs. 108 y 109) en las muestras se determinó que ambos sistemas de abastecimiento de agua al momento del muestreo cumplen con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001, demostrando que las características físicas como temperatura, color, olor, conductividad eléctrica y potencial de hidrógeno no superan los límites máximos permisibles de la norma, así como, las concentraciones de los parámetros químicos como calcio, nitratos, fluoruros, sulfatos, dureza, hierro y manganeso.

Los parámetros microbiológicos de ambos sistemas también demuestran que estos son negativos ante pseudomonas y se encuentran dentro de los límites máximos permisibles en el recuento de coliformes totales y fecales, al igual que ante la bacteria *E. coli*, entonces con esto se puede afirmar que el agua de ambos sistemas de abastecimiento es apta para consumo humano.

Sin embargo, los análisis realizados en ambos sistemas demuestran que estos contienen una concentración elevada de sólidos totales, lo cual, provoca turbiedad en el agua, comprobando de esta forma que las actividades de mantenimiento de

ambas fuentes son deficientes, es por ello, que a pesar de que el agua es apta para consumo humano, no se recomienda que ésta sea consumida sin darle un tratamiento doméstico previo o sin que se establezca un proceso oficial y constante de tratamiento del agua distribuida a las viviendas.

Cabe destacar, que aunque, el agua cumple con los resultados esperados para ser catalogada como agua apta para consumo humano, en función de la información obtenida en las entrevistas el proceso de desinfección con hipoclorito de sodio al 10% no es constante, ya que, actualmente no cuentan con disponibilidad de cloro, por ende, el agua no siempre es tratada y juntamente con el bajo saneamiento ambiental del lugar, la falta de un sistema de drenaje y la ubicación de letrinas cercanas a los sistemas de abastecimiento ponen en riesgo a la población, por lo tanto, aunque ésta cumple, debe tratarse domésticamente antes de consumirse.

Además, debe tomarse en cuenta que, los análisis de laboratorio fueron realizados durante la temporada seca del año, por lo tanto, los resultados pueden variar al momento de realizar estos en la temporada lluviosa.

5.3. Factores que influyen en la calidad del agua según el uso del suelo actual de cantón Taracena.

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ambientales como su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como carbono, nitrógeno y fósforo, a la disponibilidad de energía y lo más conocido es ser utilizado para la producción de alimentos de los cuales depende la sociedad.

El uso del suelo influye considerablemente sobre el medio en el que se ubica y las actividades sociales y económicas. Repercuten en las comunidades asentadas en ese territorio y puede generar deterioro de otros servicios ecosistémicos, como el agua subterránea.

Constantemente los suelos deben evaluarse y definir el uso que están teniendo, ya que, es de vital importancia mantener información actualizada sobre el estado de este ante cualquier situación que pueda suceder, en este caso, un suelo debe tener al menos un estudio de impacto ambiental al año, si este está siendo explotado o utilizado para algún tipo de actividad desgastante, pues si no se toman a tiempo medidas puede ser peligroso y vulnerable ante sismos o inundaciones. (Alvarado, 2019, pág. 1)

Es fundamental que exista información actualizada, verídica y profesional sobre el uso de suelos para verificar que no estamos dañándolo o que este no está siendo pauta de problemas ambientales colaterales como, el desgaste de servicios ecosistémicos, contaminación del recurso hídrico, deforestación, etc. (Alvarado, 2019, pág. 1)

Cantón Taracena pertenece al área rural del municipio de Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez. Actualmente la población del cantón hace uso del suelo para establecer varias actividades de sostenimiento como, la agricultura, y la crianza de animales.

Los pobladores no utilizan las buenas prácticas de saneamiento ambiental e higiene que demandan. Es por ello que, surgió la necesidad de definir el uso del suelo con el propósito de identificar factores que están afectando la calidad del agua que consumen dentro del cantón con el uso que están dándole al mismo.

El suelo del cantón Taracena está catalogado como un suelo de Clase III lo que quiere decir que es un suelo que presenta moderadas limitaciones en su uso las cuales restringen la elección de cultivos, sin embargo, están aptos para cultivos agrícolas con buenas prácticas de uso y manejo. Según Barrientos (2019, pág. 7) estos suelos se encuentran desarrollados sobre cenizas volcánicas de color claro con una textura franco-arcillo-arenoso, estos suelos pueden ser usados de manera permanente para cultivos de maíz, banano, frijol, piña y café.

5.3.1. Definición del uso del suelo del cantón Taracena

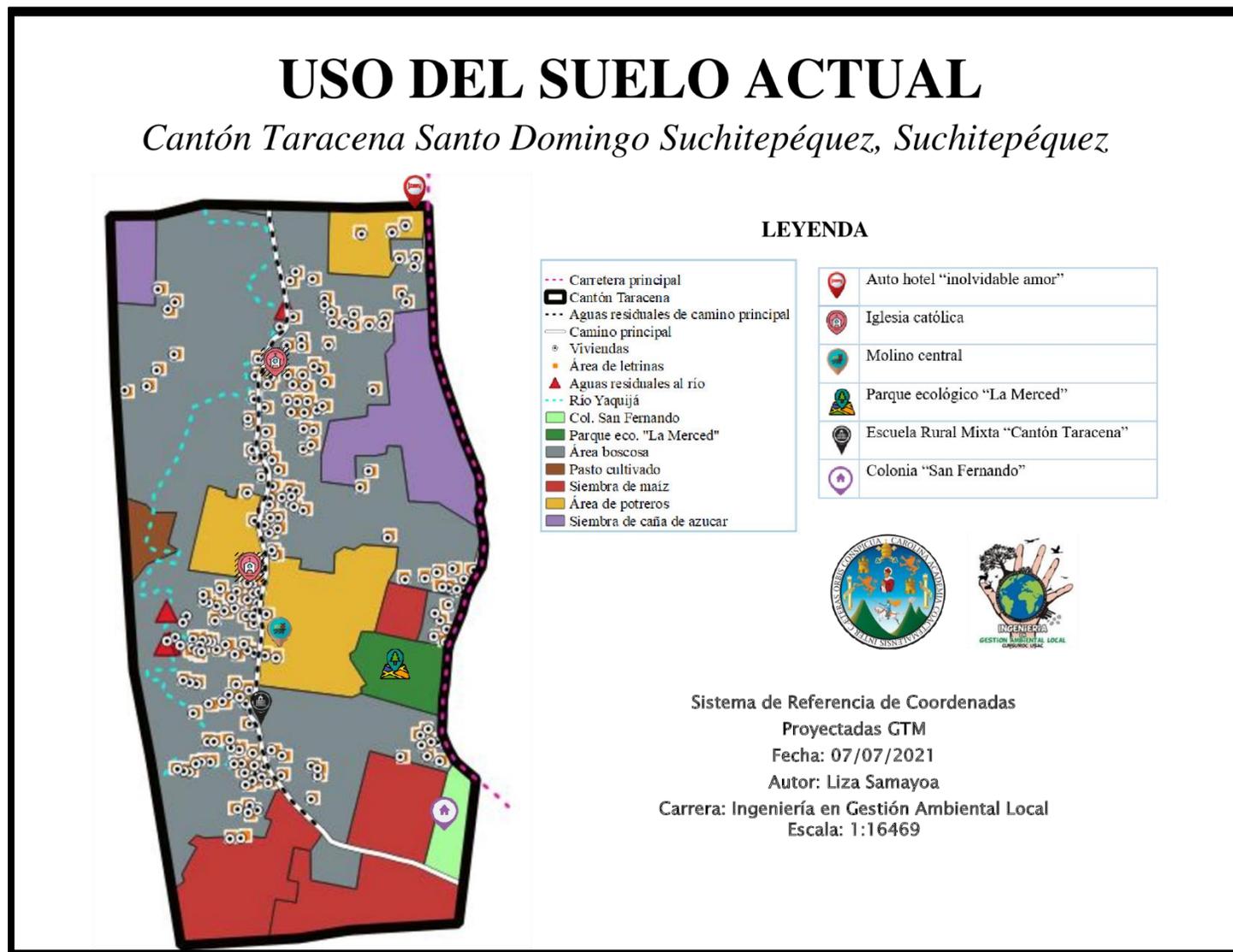


Figura 10. Mapa del uso del suelo actual en el cantón Taracena.
Fuente: con base en imágenes satelitales descargadas de Google Earth, 2021.

Como puede observarse en el mapa anterior el uso del suelo del cantón Taracena actualmente está definido por el establecimiento de varios cultivos predominando la caña de azúcar y el maíz en un 30%, cuenta con áreas definidas para el mantenimiento y crianza de ganado vacuno (potreros) en un 10%; un 10% de pasto cultivado, colonia San Fernando, parque ecológico “La Merced” y un 50% del área boscosa.

Dentro del mapa se muestra la ubicación de 208 viviendas que se encuentran establecidas en el cantón, el área de la Escuela Rural Mixta “Cantón Taracena”, el molino central, el área que es utilizada por el parque ecológico “La Merced”, el área que ocupa el residencial “San Fernando”.

Se ubica el área de letrinas de cada una de las viviendas, el camino principal por donde corren las aguas residuales, el cauce del río Yaquijá junto con los puntos de descarga de agua residual identificados a las orillas de este, se colocó el área boscosa del cantón, el área de pasto cultivado y el área que ocupan las iglesias católicas dentro del cantón.

5.3.2. Factores que influyen en la calidad del agua según el uso de suelo actual en el cantón Taracena.

Los factores destacados mediante el mapa de uso de suelo que influyen mayormente en la calidad del agua fueron los siguientes:

1. Aguas residuales

Dentro del cantón Taracena no se tiene sistema de drenaje, por lo que, las aguas residuales suelen pasar a las orillas del camino principal o descargar hacia el río Yaquijá. Las aguas residuales son el factor más importante, ya que, el agua para consumo en su totalidad viene de fuentes subterráneas. Influyen en la calidad del agua debido a que suelen infiltrarse en el suelo afectando las aguas subterráneas.

Según la Organización Humanitaria Mundial “Acción Contra El Hambre” (2017, párr. 4) Las aguas residuales son el mayor foco de influencia en la calidad del agua potable y la principal fuente de microorganismos patógenos que se transfieren a través del ambiente a las personas, ya que su grado de infección es alto por contener heces, orinas, detergentes, jabones y algunas sustancias químicas potencialmente tóxicas.

2. Uso de letrinas

Como se mencionó, dentro del cantón Taracena no se cuenta con sistema de drenaje, por lo tanto, las personas utilizan un sistema de letrinas para satisfacer sus necesidades fisiológicas. Según la OPS y la OMS (2010, pág. 1) en el manual de capacitación a Familias “Cuidado, Uso y Mantenimiento de nuestras letrinas o baños “el uso de letrinas no es dañino, siempre y cuando el disponer de este servicio vaya aunado a las adecuadas prácticas de higiene, pues estas contribuyen a la disminución de los riesgos de enfermedades en la población, si es instalada adecuadamente, de lo contrario la contaminación es excesiva sobre todo el agua y el suelo, desmejorando las condiciones para la salud.

El Manual de Capacitación a Familias brindado por OMS (2010, pág. 3) también indica que el uso de letrinas no es tóxico y como se ha mencionado, todo depende de la forma en que se establece, así como, el cuidado y mantenimiento, ya que, una letrina no elaborada de la manera adecuada influye en el saneamiento ambiental y en la calidad del agua que las personas consumen, sobre todo si es agua subterránea (pozo).

En el caso del cantón Taracena, puede decirse, que ninguno de los hogares cuenta con las especificaciones adecuadas de uso y mantenimiento de sus letrinas y mucho menos contar con prácticas de higiene saludables que valoren la importancia de este servicio, su adecuado uso y mantenimiento, es por ello, que el uso de letrinas también se encuentra dentro de los factores que influyen mayormente en la calidad del agua.

3. Químicos en el manejo de cultivos

En el caso del cantón Taracena los cultivos destacados son el maíz, tomate, chipilín y el frijol. Según Lancerio (2021, pág. 1) del 72% de los habitantes del cantón que se dedican a la agricultura, el 94% hacen uso de compuestos organofosforados de nombres comerciales, Gramoxone, Paraquat, gesaprim, urea y abono triple 20. De los cuales cabe resaltar que no está permitido su uso por su nivel de contaminación.

Según la hoja de toxicidad de los químicos utilizados para preparación del suelo, Gramoxone y Gesaprim brindada por el proveedor global líder de ciencia y tecnología agrícolas, -Syngenta- indica que el químico Gramoxone tiene una clasificación toxicológica de moderadamente peligroso clase II y soluble en agua, por lo tanto, no se considera un influyente en la calidad del agua (2009, pág. 1) , el químico Gesaprim está dentro de la clasificación toxicológica ligeramente peligroso clase III y es soluble en agua en un 60%, lo cual indica que solo en adecuadas condiciones de tratamiento no afecta la calidad del agua (2018, pág. 1).

Para el químico Paraquat la Agencia de protección ambiental de Estados Unidos - EPA- (2021, párr. 12) indica que éste es altamente tóxico y no soluble en agua, por lo tanto, es el químico más influyente en la calidad del agua que utilizan los agricultores dentro del cantón.

Respecto a los productos químicos para el desarrollo de los cultivos según la empresa centroamericana Química Universal Ltda. (2018, pág. 1) la urea es un componente tóxico y contaminante de cuerpos de agua si se aplica en cantidades excesivas, ya que, entonces este no sería absorbido por la planta, sino que, sería lavado por los riegos llevándolo hacia cuerpos de agua provocando que este se quede en las moléculas del agua.

Por último, respecto al fertilizante Triple 20 la empresa internacional ENLASA (2021, pág. 1) lanza en la ficha técnica que este es un producto que no presenta riesgo en

las personas y es soluble en agua por lo tanto influye en la calidad del agua del cantón.

4. Establecimiento de escuelas

John Adams en las Normas sobre Agua, Saneamiento e Higiene para escuelas en contextos de escasos recursos (2010, págs. 4 – 6) asegura que el establecimiento de escuelas dentro de las comunidades no afecta la calidad del agua directamente, el problema de ello son las ineficientes condiciones de saneamiento e higiene que existe dentro de ellas, sobre todo en escuelas de zonas rurales, pues son éstas las que suelen carecer por completo de instalaciones adecuadas.

Los profesionales en dichas normas mencionan que ambientalmente las escuelas no son de alto riesgo, sin embargo, lo principal son las condiciones en que se encuentren sus aguas residuales, ya que, es la mayor fuente de contaminación, por lo tanto, si éstas se tratan adecuadamente el nivel de influencia sobre la contaminación del agua dentro de la comunidad es alto.

Dentro del cantón Taracena se encuentra actualmente establecida una escuela, que indirectamente afecta la calidad del agua, ya que, no tiene un sistema de drenaje al cual descargar, ellos hacen uso de letrinas con inodoros de cerámica, los cuales descargan directamente al río que se encuentra en la entrada del cantón.

5. Establecimiento de molinos eléctricos

En el cantón Taracena se encuentran establecidos entre 3 y 5 molinos eléctricos de nixtamal, como son conocidos comúnmente, sin embargo, el molino central es el más utilizado gracias a su accesibilidad.

El listado taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades (2016, pág. 38) brindado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- indica que el diseño, construcción, operación de instalaciones para el funcionamiento de molinos

de nixtamal que sean eléctricos o manuales son de bajo impacto ambiental potencial.

Así mismo, la Guía de Protección Ambiental Tomo II (1996, pág. 54) indica que en el caso de los molinos, el mecanismo de proceso que utilizan se basa en un sistema de energías de propulsión que generalmente provocan daños como la expulsión de grandes cantidades de aire contaminado de dióxido de carbono, emisión de polvo, ruidos molestos, peligros de explosión y molestias por malos olores a pequeña escala, lo que quiere decir, que estos suelen provocar contaminación aérea y afectar las condiciones climáticas, y respecto a las descargas que genera al ser lavados, estas son de origen orgánico, por lo tanto, los residuos no son contemplados como un factor que afecte la calidad del agua del cantón.

6. Crianza de ganado vacuno (potreros)

Debido a que el 38.7% de los habitantes vive en pobreza y 16.9% en pobreza extrema y con el objetivo de obtener ingresos los habitantes han cedido sus tierras para crianza de ganado y esto se hace evidente en el mapa de uso del suelo expuesto anteriormente.

El libro llamado “La Larga Sombra del Ganado, Problemas Ambientales y Opciones” de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en conjunto con Henning Steinfeld (2009, pág. 144-146) indica que la ganadería es probablemente la mayor fuente de contaminación del agua, ya que, el ganado satisface sus necesidades de agua por medio del consumo directo de los cuerpos hídricos, por lo tanto, toda sustancia contenida en el cuerpo del animal se pasan directamente al agua al momento de entrar en contacto con ella, pues este siempre tiene pérdida de sustancias a través de la respiración, la piel, defecación y orina, lo cual, contribuye a la eutrofización del suelo, a la carga de patógenos y bacterias, antibióticos, hormonas y productos químicos que se les suministra, así como también, de los fertilizantes y plaguicidas que son usados para mantener su pasto causando problemas de salud en los seres humanos

Es por ello que se toma como uno de los factores más influyentes en la calidad del agua, ya que, la ganadería no solo incrementa la deforestación, sino que, también incrementa la escorrentía, afecta la recarga hídrica influyendo gracias a la compactación del suelo, provoca reducción de la infiltración, degradación, desecamiento de llanuras inundadas, disminuye los niveles freáticos y reduce los cursos de agua durante la estación seca, destacando también, que es una de las crianzas más consumidoras del recurso hídrico y que provoca la erosión del suelo. (Henning Steinfeld, 2009, pág. 144)

7. Crianza de ganado porcino (cochiqueras)

En la actualidad ha sido poca la atención que se le ha dado a la crianza porcina en cuanto al impacto que puede generar hídricamente. La producción porcina conlleva problemas que afectan negativamente los recursos hídricos ocasionados en su mayoría por los residuos que estos generan (Peñañiel, 2020 párr. 5).

Según Peñañiel (2020 párr.7) los principales residuos generados dentro de una unidad de crianza porcina son las excretas, es decir, las heces y la orina, desperdicios de alimento y materiales como paja o aserrín usados como “cama”, desechos que van a parar directamente a los cuerpos de agua a través de escorrentía o infiltración.

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO- (2012, párr. 7) los desechos que genera la crianza porcina están constituidos por una parte seca y una líquida denominada purín, donde, la parte seca está conformada por las heces y los restos de alimentos, y la parte líquida se compone de agua de los bebederos, del lavado de las instalaciones y agua de lluvia.

El llamado “purín” contiene gran cantidad de macronutrientes y micronutrientes en forma de minerales como el hierro, el zinc, cobre, manganeso, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, y sodio.

En la definición del uso del suelo del cantón Taracena se tomó como uno de los factores más influyentes en la calidad del agua, debido a la alta concentración de químicos que contienen sus restos, así como, las inadecuadas prácticas de higiene en este tipo de actividades, pues, de aquí se genera la mayoría de contaminantes que causan el deterioro de la calidad física, química y microbiológica del agua, introduciendo en ella metales pesados, microorganismos patógenos, hormonas y medicamentos de uso veterinario.

8. Falta de un sistema de drenaje

La falta de este sistema amenaza todo factor ambiental, siendo el más afectado el recurso hídrico.

Gilberto Crespo en el NTR zacatecas citando a la Universidad Autónoma de Zacatecas -UAZ- (2014, párr. 1) informa que la falta del servicio de drenaje en las comunidades se evidencia con la presentación de enfermedades como hepatitis y enfermedades gastrointestinales y que con el paso de los años pueden ir incrementando.

Crespo (2014, párr. 5) en su artículo al profesor Héctor Rosales Anaya de la UAZ cita, que el no contar con una red de drenaje en los asentamientos rurales influye en un grado alto en la calidad de las aguas, pues las aguas negras suelen desembocar en los cauces naturales como arroyos y ríos, a través, de lluvias.

Asegura que en muchas comunidades los sistemas de descarga de aguas residuales se encuentran establecidos sobre el paso o el suelo en donde las personas suelen vivir, lo que es aún más preocupante, ya que, generalmente en estos asentamientos las personas utilizan las aguas subterráneas (pozos artesanales) para satisfacerse, las cuales se encuentran ya contaminadas pudiendo ser dañinas para el ser humano.

Sustentándose en la revisión de literatura previa se calificó cada factor de la siguiente manera:

Cuadro 19. Ponderación de los factores que influyen en la calidad del agua según el uso de suelo actual en cantón Taracena

No.	Factor	Fuente Bibliográfica	Rango	Categoría	Color
1	Establecimiento molinos eléctricos	Guía de Protección Ambiental Tomo II	0-3	Bueno	
2	Establecimiento de escuelas	Normas sobre agua, saneamiento e higiene para escuelas en contextos de escasos recursos	3-6	Malo	
3	Uso de letrinas	Manual de capacitación a Familias brindado por OMS	3-6	Malo	
4	Aguas residuales	Organización humanitaria mundial Acción Contra el Hambre	6-10	Muy malo	
5	Químicos en el manejo de Cultivos	-Proveedor global líder de ciencia y tecnología agrícolas, Syngenta - EPA -Empresa centroamericana Química Universal Ltda. -Empresa internacional ENLASA	6-10	muy malo	
6	Crianza de ganado vacuno	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	6-10	Muy malo	

No.	Factor	Fuente bibliográfica	Rango	Categoría	Color
7	Crianza de ganado porcino	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO-	6-10	Muy malo	
8	Falta de sistema de drenaje	-NTR zacatecas, periódico local. -Universidad Autónoma de Zacatecas - UAZ-	6-10	Muy malo	

Fuente: con base en revisiones bibliográficas verídicas, 2021.

Evaluando el cantón se identifican ocho factores que influyen en la calidad del agua según el uso de suelo de cantón Taracena.

De acuerdo a la investigación literaria realizada de forma subjetiva se realizó la agrupación de los factores identificados que influyen en la calidad del agua en una escala de calificación de la siguiente manera:

Dentro del rango bueno, se tiene un factor, corresponde al establecimiento de molinos, éste se colocó en dicho rango porque la investigación realizada demostró que no suelen influir en la calidad de las aguas, aunque, si bien éste no afecta a cuerpos hídricos si es dañino para otros aspectos ambientales.

Se obtuvo dos factores en el rango de malo, que corresponden al establecimiento de escuela y el uso de letrinas; esto debido a que no afectan directamente los cuerpos de agua, sino que, éstos son dañinos porque en el cantón no cuentan con las adecuadas prácticas de establecimiento, uso y mantenimiento.

En el rango muy malo se tienen cinco factores, estos son: las aguas residuales, el uso de químicos en el manejo de cultivos, la crianza de ganado vacuno y porcino y la falta del sistema de drenaje.

5.4. Influencia de la calidad del agua de consumo actual con la causa de enfermedades e infecciones gastrointestinales en los habitantes.

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, (2020, pág. 1) las diez primeras causas de morbilidad general para el año 2020 en el municipio de Santo Domingo fueron:

Cuadro 20. Diez primeras causas de morbilidad en Santo Domingo Suchitepéquez del año 2020.

NO.	CAUSA	SEXO		TOTAL
		M	F	
1.	Rinofaringitis aguda (resfriado común)	61	97	158
2.	Infección de vías urinarias	12	101	113
3.	Amigdalitis aguda	31	46	77
4.	Amebiasis	32	38	70
5.	Gastritis	12	57	69
6.	Parasitosis intestinal	23	45	68
7.	Infección intestinal bacteriana,	22	34	56
8.	Cefalea	1	55	56
9.	Impétigo	24	30	54
10.	Anemia	10	42	52

Fuente: MSAS, 2020, pág. 1

Las diez primeras causas de morbilidad hasta el 25 de junio del año 2021 en el municipio de Santo Domingo Suchitepéquez fueron:

Cuadro 21. Diez primeras causas de morbilidad en el municipio de Santo Domingo Suchitepéquez del año 2021.

NO.	CAUSA	SEXO		TOTAL
		M	F	
1.	Rinofaringitis aguda (resfriado común)	490	772	1,268
2.	Infección de vías urinarias	154	867	1,021
3.	Amigdalitis aguda	228	462	690
4.	Amebiasis	234	427	661
5.	Gastritis	212	412	624
6.	Parasitosis intestinal	56	359	415
7.	Infección intestinal bacteriana,	58	331	389
8.	Cefalea	151	235	386
9.	Depleción del volumen	103	227	330
10.	Anemia	0	313	313

Fuente: MSAS, 2021, pág. 1

La entrevista realizada al señor José Chocoj (2021) Inspector de Saneamiento Ambiental del centro de salud de Santo Domingo Suchitepéquez demostró que las personas del cantón Taracena usualmente presentan enfermedades como, diarrea, parásitos, amebiasis bacteriana, hepatitis A y rotavirus, siendo la población de niños de 0 a 5 años la más afectada, concordando así, con las respuestas brindadas por las personas en el censo inicial, indicando que las enfermedades que padecen frecuentemente en sus hogares son diarrea en un 16.2%, parásitos intestinales en un 12.3%, amebiasis en un 7.4% y dengue con el 2.1% , afectando de igual forma a niños.

Así mismo indicó Chocoj que la salud de los habitantes es variable y las diez principales enfermedades que se dan por año en el municipio determinan la salud de las personas; entre esas diez se encuentra, el parasitismo intestinal, amebiasis

e Infección intestinal, enfermedades gastrointestinales relacionadas con el consumo de agua contaminada.

De acuerdo a los resultados del análisis del agua del cantón Taracena al momento del muestreo, éste cumple con los parámetros permisibles según la norma COGUANOR 29001, normativa vigente a nivel nacional sobre agua para consumo humano. Con base en lo anterior se concluye que la calidad del agua consumida por los habitantes no puede relacionarse con las enfermedades gastrointestinales padecidas con mayor frecuencia. Por lo tanto, dichas enfermedades pueden ser provocadas por otros motivos, tales como: la mala aplicación de las buenas prácticas de higiene, el deficiente saneamiento ambiental del lugar, la inadecuada manipulación y el incorrecto almacenamiento del agua previo a consumirla, provocando con ello, que esta quede expuesta a patógenos contaminantes que generan daños en la salud de las personas.

Cabe destacar, que dentro de los registros del Centro de Salud del municipio no se tiene conocimiento de que se haya presentado alguna muerte por enfermedades gastrointestinales relacionadas al consumo de agua contaminada y que solamente se ha llevado a cabo un estudio dentro del cantón Taracena con respecto a la calidad del agua por parte del centro de salud, este dio inicio en el año 2020 pero fue abandonado debido a la pandemia por covid-19.

5.5. Propuesta de manual de funcionamiento y evaluación del agua para consumo humano en cantón Taracena.

Con el fin de asegurar que los habitantes de cantón Taracena consuman agua de calidad se desarrolló un manual de funcionamiento y evaluación del agua; tiene como objetivo proporcionar información adecuada sobre los aspectos importantes de manipulación y las acciones que aseguren la sanidad del agua para uso y consumo humano; con él se espera contribuir a la gestión adecuada del agua y la prevención de enfermedades debido al consumo de agua contaminada en los habitantes del lugar.

Incluye principalmente las fuentes de contaminación generales y comunitarias que influyen en la calidad del agua y en la salud humana, el procedimiento adecuado de tratamiento del agua tanto en casa como para sistemas de abastecimiento, las formas correctas de manipulación y almacenamiento del agua que se consume, el mantenimiento que se debe dar al sistema de agua entubada que tienen instalado dentro del cantón, las normas y reglamentos que aquí en Guatemala indican los parámetros y características que debe tener el agua para consumo humano, así como, la periodicidad con la que el agua potable debe evaluarse.

El manual se encuentra en el anexo 11 ubicado en la página 122

VI. Conclusiones

1. El agua obtenida de pozos artesanales utilizada para consumo actualmente no recibe ningún tratamiento por parte de los usuarios. Del 64.1% de usuarios solamente el 35.6% suele dar mantenimiento a los pozos y de ellos, el 27% lo hace anualmente.
2. La calidad del agua al momento de la investigación proporcionada por ambos sistemas de abastecimiento cumple con los parámetros físicos, organolépticos, químicos y microbiológicos establecidos en la Norma Técnica COGUANOR 29001 determinando así que el agua es apta para consumo humano, sin embargo, existe riesgo al ser consumida, pues estos presentan una elevada concentración de sólidos totales evidenciando el deficiente mantenimiento.
3. Se identificaron ocho factores del suelo que influyen en la calidad del agua de acuerdo a la escala utilizada, el establecimiento de molinos es bueno, el establecimiento de escuelas y el uso de letrinas es malo y las aguas residuales, el uso de tratamientos para cultivos, la crianza de ganado vacuno y porcino y la falta del sistema de drenaje es muy malo.
4. La calidad del agua de cantón Taracena no puede relacionarse con la salud de las personas, lo cual implica que, las afecciones que padecen frecuentemente los habitantes son probablemente consecuencia de la mala aplicación de las buenas prácticas de higiene, el incorrecto almacenamiento del agua, el deficiente saneamiento ambiental y la inadecuada manipulación previo a consumirla, ya que, esto provoca su exposición a patógenos contaminantes que generan daños en la salud de las personas, especialmente en niños de 0 a 5 años.

5. Para asegurar la sanidad de los habitantes y contribuir a la gestión adecuada del consumo de agua se propuso un manual de funcionamiento y evaluación del agua en cantón Taracena, en él, se incluyen aspectos importantes como, los factores contaminantes comunitarios que afectan el agua, el adecuado tratamiento del agua de manera doméstica y con sistemas de abastecimiento, la correcta manipulación y almacenamiento del agua, la periodicidad con la que debe evaluarse el agua y bajo que reglamentos debe regularse cada sistema de abastecimiento.

VII. Recomendaciones

1. Capacitar a la población que no cuenta con el servicio de agua entubada sobre el adecuado mantenimiento y limpieza que deben dar a los pozos artesanales para evitar que con el paso del tiempo el agua de la que se abastecen no presente mala calidad.
2. Solicitar a la municipalidad de Santo Domingo Such. el acceso al estudio hidrogeológico y estratigrafía del pozo) a la cimentación del sistema y en caso de que esta no exista, promover su realización.
3. Establecer un proceso oficial, constante y adecuado de tratamiento al sistema de abastecimiento de agua entubada previo a su distribución para evitar olores fuertes, cambios organolépticos de color y olor y se logre una adecuada acción desinfectante.
4. Evaluar con frecuencia la calidad del agua para consumo, con el propósito de mantener información actualizada y determinar que ésta se encuentra cumpliendo con los parámetros especificados en la Norma Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001.
5. Brindar el tratamiento y mantenimiento adecuado al sistema de agua entubada para ofrecer un servicio de calidad.
6. Definir constantemente el uso del suelo del cantón, para verificar y controlar que factores del uso del suelo se mantienen y que pueden incurrir en la calidad del agua.
7. Generar vínculos a nivel municipal e institucional que apoyen en capacitar a la población en general sobre métodos adecuados de tratamiento,

manipulación y almacenamiento del agua para consumo, para mejorar el saneamiento ambiental del lugar y evitar daños en la salud de las personas.

- 8.** Promover y difundir a toda la población el manual propuesto en la investigación, con el fin de mejorar el sistema manejo y evitar la contaminación del agua en los hogares antes de ser consumida.

VIII. Referencias bibliográficas

1. Alvarado, N. C. (15 de noviembre de 2019). *¿Cuál es la importancia de realizar un estudio de suelo?* Obtenido de <https://noticias.utpl.edu.ec/cual-es-la-importancia-de-realizar-un-estudio-de-suelo-para-construir>
2. Auquilla, R. C. (2005). *Influencia del uso del suelo en la calidad del agua* . Costa Rica .
3. Barrientos, A. I. (2019). *Diagnostico socioambiental del canton taracena, Santo Domingo Suchitepequez, Suchitepequez*. Santo Domingo Suchitepequez.
4. Biolab. (05 de agosto de 2019). *Análisis de agua: ¿en qué consiste y para qué sirve?* Obtenido de <https://www.bialab.co/publicaciones/actualidad/analisis-de-agua-en-que-consiste-y-para-que-sirve>
5. Carrion, M. (20 de marzo de 2020). *cuanta agua hay en el planeta*. Obtenido de <https://www.elagoradiario.com/agorapedia/cuanta-agua-planeta/>
6. Cassauce, F. (30 de marzo de 2016). *ALUMINIO EN EL AGUA Y SUS EFECTOS A LA SALUD*. Obtenido de <https://www.agualimpia.mx/blogs/news/144060167-aluminio-en-el-agua-y-sus-efectos-a-la-salud>
7. Chang, J. (2021). *calidad del agua* . Ecuador .
8. Chocoj, J. S. (14 de julio de 2021). entrevista al encargado de saneamiento ambiental del centro de salud del municipio de Santo Domingo Suchitepequez, Suchitepequez . (L. Samayoa, Entrevistador)
9. COGUANOR. (2011). *Norma Tecnica Guatemalteca del Agua para consumo humano (agua potable). Recolección, preservación,*. Guatemala .
10. COGUANOR. (2016). *Comisión Guatemalteca de Normas 29001*. Guatemala.
11. Cordova, R. F. (2016). *Construccion sistema de agua potable con perforacion de pozo, canton Taracena, Santo Domingo Suchitepequez, Suchitepequez*. Guatemala.
12. Crespo, G. (1 de marzo de 2014). *Advierten enfermedades por falta de drenaje en comunidades*. pág. 1.

13. Dane, M. &. (2018). *que factores afectan a la calidad del agua de los lagos* . Obtenido de <https://www.publichealthmdc.com/espanol/salud-ambiental/playas-lagos-y-piscinas/que-factores-afectan-la-calidad-del>
14. Eagleton, N. (9 de octubre de 2017). *enfermedades infecciosas*. Obtenido de <https://baptisthealth.net/baptist-health-news/es/el-agua-estancada-proteja-su-familia-de-infecciones-y-otros-riesgos/>
15. ENLASA, g. (2021). *MULTIFRUTO® TRIPLE 20*. Obtenido de <https://grupoenlasa.com/multifruto-triple-20/>
16. EPA. (2021). *Dicloruro de paraquat*. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/seguridad-laboral-al-usar-pesticidas/dicloruro-de-paraquat>
17. FAO. (2012). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.
18. FAO. (2021). *Agua de lluvia, productividad de la tierra y sequía*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y4690s/y4690s07.htm>
19. Fion, H. A. (1996). *Seguridad industrial en una planta formuladora de productos químicos* . Guatemala .
20. FUNDAZUCAR. (2015). *Plan de Desarrollo Integral Comunitario Cantón Taracena Santo Domingo, Suchitepéquez* . Santo Domingo, Suchitepéquez: Larousse .
21. GTZ/BMZ. (1996). *Guía de Protección Ambiental Tomo II: Economía Agropecuaria, Minería y Energía, Actividades Industriales y Artesanales*.
22. Gobierno de Guatemala. (2011). *Política Nacional del sector de Agua Potable y Saneamiento* . Guatemala.
23. Accion Contra el Hambre. (21 de marzo de 2017). *Aguas residuales: ¿qué son y cómo afectan a los refugiados?* Obtenido de <https://www.accioncontraelhambre.org/es/que-son-aguas-residuales-y-como-afectan-a-los-refugiados>
24. Henning Steinfeld, P. G. (2009). *La larga sombra del ganado, problemas ambientales y opciones*. Roma: FAO.
25. IARNA. (2012). *Perfil Ambiental de Guatemala* . Guatemala .

26. Ibague, U. d. (2021). *quimica ambiental* . Obtenido de <https://sites.google.com/a/unibague.edu.co/quimica-ambiental-02/agua/parametros-fisicos>
27. Ibáñez, Á. R. (2020). *manual de educacion ambiental sobre el recurso hidrico en Guatemala* . Guatemala .
28. -INE-, I. N. (2018). *Censo Poblacional de Guatemala* . Guatemala.
29. John Adams, J. B. (2010). *Normas sobre agua, saneamiento e higiene para escuelas en contextos de escasos recursos* . Panama.
30. Lancerio, C. (2021). *Diagnostico Agricola de la Comunidad del Canton Taracena, Santo Domingo, Suchitepequez* . Santo Domingo, Suchitepequez.
31. Lesikar, B. J. (30 de junio de 1914). *Problemas del agua: el Cobre*. Obtenido de <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5472scopper.pdf>
32. Quimica Universal Ltda. (agosto de 2018). *Hoja de seguridad de productos quimicos "UREA"*. Obtenido de <https://quimicauniversal.cl/www/wp-content/uploads/2019/06/hojadeseguridad-UREA-18.pdf>
33. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-.(2016). *Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades*. Guatemala.
34. Marroquín, E. A. (24 de mayo de 2018). Gráfico. ¿Quién y cómo se usa el agua en Guatemala? pág. 1.
35. MDP. (2019). *calidad del agua* . Obtenido de <http://www.rekursoshidricos.gov.ar/web/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>
36. Menegazzo, C. E. (2018). *Protocolos de Vigilancia Epidemiológica: Enfermedades Transmitidas por Agua y Alimentos*. Guatemala: Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social.
37. Metals, T. (14 de agosto de 2018). *metal Zinc* . Obtenido de <https://www.teck.com/media/Zinc-Metal-Spanish-SDS.pdf>
38. Microsfot. (2021). *analisis de aguas* . Obtenido de https://www.upct.es/~minaeees/analisis_aguas.pdf
39. Mimosa. (2021). *usos del agua*. Obtenido de http://mimosa.pntic.mec.es/~vgarci14/usos_agua.htm

40. MINSALUD. (26 de mayo de 2021). *Dengue, ¿que es?* Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PET/Paginas/dengue.aspx#:~:text=Los%20mosquitos%20del%20dengue%20se,y%20que%20puede%20almacenar%20agua.>
41. Morales, R. (25 de junio de 2021). Entrevista a miembros del COCODE del canton Taracena para definir el sistema y tratamiento del agua potable. (L. Samayoa, Entrevistador)
42. Ministerio de Salud y Asistencia Social -MSAS-. (2020). *10 primeras causas de morbilidad por año* . Guatemala.
43. MSAS. (2021). *10 primeras causas de morbilidad* . Santo Domingo Suchitepequez.
44. Noriega, M. B. (2019). *RECURSOS HÍDRICOS*. Guatemala : Editorial Universitaria UVG.
45. OMS. (2013). *Agua Potable: Determinante esencial de la salud pública*. Lima, Peru.
46. OMS. (2015). *agua y saneamiento*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento>
47. OMS. (14 de junio de 2019). *Agua*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=El%20agua%20contaminada%20puede%20transmitir,zonas%20con%20escasez%20de%20agua.>
48. OMS/OPS. (2010). *manual de capacitacion para familias "cuidado, uso y mantenimiento de nuestras letrinas o baños"*.
49. OPS. (19 de agosto de 2015). *agua y saneamiento* . Obtenido de <https://www.paho.org/es/noticias/19-8-2015-agua-saneamiento#:~:text=Guatemala%20cuenta%20con%20las%20condiciones,un%2010%25%20a%20nivel%20nacional.>
50. OPS/HEP. (1998). *agua y salud*. Francia.
51. Palma, J. (2021). *manual de procedimiento*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos13/mapro/mapro.shtml>

52. PanHispanico. (2020). *sistema de abastecimiento* . Obtenido de <https://dpej.rae.es/lema/sistema-de-abastecimiento>
53. Peñafiel, M. J. (17 de febrero de 2020). *Impacto ambiental de la producción porcina y estrategias para su mitigación*. Obtenido de <https://www.porcicultura.com/destacado/Impacto-ambiental-de-la-produccion-porcina-y-estrategias-para-su-mitigacion>
54. Perez, J. (15 de noviembre de 2018). *Manual de funciones*. Obtenido de <http://importanciademanualdefunciones.blogspot.com/2018/11/importancia-elementos.html>
55. PNTIC. (2021). *Donde hay agua?* Obtenido de http://mimosa.pntic.mec.es/~vgarci14/donde_hay_agua.htm
56. PNUMA. (2021). *Generalidades del agua*. Obtenido de http://www.cca.org.mx/ps/lideres/cursos/av_a/html/materiales/t1.pdf
57. Publica, D. d. (septiembre de 2009). *bacterias coliformes en los pozos de agua privada*. Obtenido de https://epi.dph.ncdhhs.gov/oeo/docs/Las_Bacterias_Coliformes_WellWaterFactSt.pdf
58. Quiñonez, S. (2018). *CALIDAD DEL AGUA POTABLE DEL CASCO URBANO DE SANTO DOMINGO*. Mazatenango.
59. Risk, L. (2021). *La importancia del manual de procedimientos* . Obtenido de <https://www.latinrisk.com.ar/la-importancia-del-manual-de-procedimientos-en-su-empresa/>
60. Rojas, O. E. (septiembre de 2006). *Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del Canal de Chiquimulilla en la Reserva Natural de Usos*. Obtenido de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/Q169.pdf>
61. Samayoa, L. (9 de junio de 2021). *boleta de informacon del sistema de tratamiento del agua entubada* . Guatemala , Suchitepequez, Santo Domingo
62. SEGEPLAN. (2016). *SNIP, Perforacion de pozo mecanico, canton Taracena, Santo Domingo Suchitepequez. Santo Domingo Suchitepequez, Suchitepequez*.
63. Sigler, A. (2012). *Hierro o Fierro Total*. Montana, Estados Unidos: Universidad Estatal de Montana.

64. MSAS. (2020). *Sala situacional* . Santo Domingo Suchitepequez, Suchitepequez.
65. MSAS. (2021). *10 primeras causas de morbilidad por año -Enero - Junio-*. Guatemala.
66. Solorzano, R. (2005). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y USO INDUSTRIAL PROVENIENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LA*. Guatemala .
67. Syngenta. (2009). *hoja de seguridad GRAMOXONE SUPER*. Obtenido de https://www.syngenta.com.ar/sites/g/files/zhg331/f/gramoxone20super_hoja20de20seguridad_0.pdf?token=1471368761
68. Syngenta. (05 de marzo de 2018). *Ficha de datos de seguridad GESAPRIM 90 WDG*. Obtenido de https://www.syngenta.com.ar/sites/g/files/zhg331/f/gesaprim_90_wdg_hoja_de_seguridad.pdf
69. Tejada, S. A. (2011). *GUÍA DE NORMAS Y ESTÁNDARES TÉCNICOS APLICADOS A AGUA Y*. Guatemala.
70. UNICEF. (2021). *Enfermedades comunes relacionadas con el agua y el saneamiento*. Obtenido de https://www.unicef.org/spanish/wash/wes_related.html
71. Valdivieso, A. (2021). *que es el agua* . Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>
72. Vergara, M. E. (2017). *LOS MANUALES: DE PROCEDIMIENTOS COMO HERRAMIENTAS DE CONTROL INTERNO DE UNA ORGANIZACIÓN*. Ecuador .
73. Zarza, L. (2021). *¿cuantos tipos de Agua hay?* . Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/cuantos-tipos-agua-hay>

Vo. Bo. 
 Lcda. Ana Teresa de González.
 Bibliotecaria CUNSUROC.



IX. Anexos

Anexo 1. Actividades realizadas para completar la investigación inferencial.



Figura 11. Marcación de puntos en el cantón Taracena.
Fuente: Calimayor, 2021.



Figura 12. Entrevista a fontanero del cantón.
Fuente: Lancerio, 2021.



Figura 13. Obtención de información general del sistema de tratamiento.
Fuente: Lancerio, 2021.



Figura 14. Entrevista al presidente del COCODE.
Fuente: García, 2021.



Figura 15. Toma de muestra de agua entubada
Fuente: Lancerio, 2021.



Figura 16. Toma de muestra en tanque de captación.
Fuente: Morales, 2021.



Figura 17. Toma de muestra de agua en pozo No. 13 sector sur.
Fuente: García, 2021.



Figura 18. Toma de muestra de agua pozo No. 50, sector inicial.
Fuente: García, 2021.



Figura 19. Toma de muestra de agua pozo No. 45, sector central.
Fuente: García, 2021.



Figura 20. Entrega de trifoliales sobre manual en el cantón Taracena.
Fuente: Calimayor, 2021.



Figura 21. Entrega de trifoliales sobre manual a personas del lugar.
Fuente: Calimayor, 2021.

Anexo 2. Boleta del censo en cantón Taracena.



**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO -EPS-**



Boleta de censo a habitantes del cantón Taracena para definir el tipo y características del sistema de abastecimiento de agua que utilizan

1. ¿Cuál es la principal fuente de agua para consumo para los miembros de su hogar?

Agua

Pozo

2. ¿hace cuánto tiene el sistema de abastecimiento de agua en su hogar?

0-5 años

5-10 años

10-15 años

16 +

3. ¿Qué usos le da usted al agua?

Uso domiciliario

agrícola

recreación

crianza de animales

4. ¿cuánto tiempo cuenta usted con agua?

1-6 horas

6-12 horas

12-24 horas

5. ¿considera justo el pago mensual del servicio? (sistema de pozo, no aplica)

Si

no

no aplica

6. ¿estaría dispuesto a pagar más por el servicio de agua, si se implementa algún nuevo equipo para tratarla? (sistema de pozo, no aplica)

Si

no

no aplica

7. ¿Cómo califica la calidad del agua del servicio?

Muy bueno

bueno

malo

muy malo

8. ¿ha cambiado recientemente el aspecto del agua en olor y color?

Si

no

9. ¿en qué tipo de recipiente almacena el agua que consume?

Baños cubetas toneles no almaceno

10. ¿cubre los recipientes en donde almacena el agua?

Si no ninguna de las anteriores

11. ¿Qué tratamiento le da al agua antes de consumirla?

Hervir cloración otro ninguno

12. ¿le da algún mantenimiento a su pozo? (sistema entubado, no aplica)

Si no no aplica

13. ¿si su respuesta anterior fue si, indique con qué frecuencia?

Mes año no aplica

14. ¿utiliza algún otro tipo de agua para consumir?

Embotellada de garrafón de bolsa plástica ninguna de las A

15. ha padecido alguna de las siguientes enfermedades:

Diarrea

Dengue

Cólera

Amebiasis

Fiebre tifoidea

ninguna de las anteriores

Disentería (diarrea con sangre)

Parásitos intestinales

paludismo

16. ¿con que frecuencia padece las enfermedades anteriores?

1/mes 2/mes 3/mes 4/mes 5+por mes ninguna de las A

17. ¿actualmente que problemas tiene el agua que consume?

Cambio de color mal olor mal sabor olores a cloro ninguna de las A.

Anexo 3. Entrevista a miembros del COCODE



**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO -EPS-**



Guía de Entrevista a miembros del COCODE del cantón Taracena para definir el sistema y tratamiento del agua entubada

PUESTO EN EL COCODE QUE OCUPA: _____.

1. ¿en qué año se aprobó y se implementó el sistema de agua entubada?
2. ¿Quién hizo la aprobación para que el sistema se pudiera implementar?
3. ¿Quién es el encargado actual del cuidado y mantenimiento del sistema?
4. ¿Por qué se hizo la implementación del sistema?
5. ¿Quiénes gestionaron el proyecto?
6. ¿tuvieron apoyo de algún ministerio respecto a recursos?
7. ¿Cuándo el sistema se implementó quien se quedó a cargo del mantenimiento y cuidado de él?
8. ¿el cobro mensual ha sido el mismo desde que el sistema se implementó?
9. ¿Quién o quiénes realizan el cobro mensual del servicio?
10. ¿Qué costo tuvo la implementación del sistema?
11. ¿Qué costo tiene mantener el servicio?

12. ¿para que se utiliza el dinero recaudado del cobro mensual?
13. ¿recibieron donaciones de alguna organización o entidad gubernamental o no gubernamental?
14. ¿Cuál fue la reacción de la población hacia la implementación del proyecto?
15. ¿tuvieron apoyo de los habitantes del cantón?
16. ¿Qué tipo de bomba utilizan para realizar la extracción del agua?
17. ¿de cuanta tubería consta el sistema?
18. ¿tienen conocimiento de cuantos litros al día se extraen de agua?
19. ¿Qué profundidad tiene el pozo?
20. ¿qué tratamiento le dan al agua?
21. ¿tienen conocimiento de los químicos que son utilizados para tratar el agua?
22. ¿Qué cantidad de agua almacena el tanque de captación?
23. ¿la extracción de agua se da las 24 horas del día o tiene horario de funcionamiento?
24. ¿tienen conocimiento de la calidad y marca del equipo que da el tratamiento al agua?
25. ¿en dónde realizaron la compra del equipo para implementar el sistema y el equipo de tratamiento?
26. ¿actualmente tiene algún problema o deficiencia el sistema de agua?
27. ¿han realizado algún análisis o estudio de aguas al sistema de agua entubada desde que fue implementado y cuantos?

Anexo 5. Boleta informativa sobre el sistema de tratamiento del agua entubada



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO -EPS-



BOLETA DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA ENTUBADA

Nombre de la Epesista _____.

Cuadro 22. Ficha de observación al sistema de agua entubada

NO.	FACTOR	DESCRIPCIÓN
1.	Tipo de tratamiento	
2.	Cantidad de equipo utilizado	
3.	Equipo que se utiliza	
4.	Marca del equipo utilizado	
5.	Norma de regulación utilizada en el sistema	
6.	Encargado del control del tratamiento	
7.	Químicos utilizados	
8.	Empresa que da asesoramiento	
9.	Mantenimiento del equipo	
11.	Calibración el equipo	

Anexo 6. Cuadro de resultados de censo general para determinar los usuarios de cada sistema

PREGUNTA	RESPUESTAS				
<i>¿Cuál es la principal fuente de agua para consumo para los miembros de su hogar?</i>	Agua entubada			Agua de pozo	
	64.1%			35.9%	
<i>¿hace cuánto tiene el sistema de abastecimiento de agua en su hogar?208 respuestas</i>	0-5 años	6-10 años		11-16 años	16+
	68.3%	4.8%		5.8%	21.2%
<i>¿Qué usos le da usted al agua?</i>	Uso domiciliario	Agrícola		Recreación	Crianza de animales
	99%	13%		10.6%	16.3%
<i>¿considera justo el pago mensual del servicio? (sistema de pozo, no aplica)</i>	Si	No			No aplica
	46%	19.3%			34.7%
<i>¿Estaría dispuesto a pagar más por el servicio de agua, si se implementa algún nuevo equipo para tratarla? (sistema de pozo, no aplica)</i>	Si	No			No aplica
	21.4%	44.8%			33.8%
<i>¿Cómo califica la calidad del agua del servicio?</i>	Muy bueno	Bueno	Malo	Muy malo	No aplica
	12.7%	53.2%	1.5%	0.5%	32.2%
<i>¿Ha cambiado recientemente el aspecto del agua en olor y color?</i>	Si			No	
	35%			65%	
<i>¿En que tipo de recipiente almacena el agua que consume?</i>	Baños	Cubetas	Toneles	Pila	No almacena
	7.4%	25.1%	4.9%	21.2%	50.2%
<i>¿Cubre los recipientes en donde almacena el agua?</i>	Si	No		No aplica (no almacenan agua)	
	36%	23.2%		40.9%	

¿Qué tratamiento le da al agua antes de consumirla?	Hervir		Cloración			Otro		Ninguno		
	21.2%		12%			0.5%		66.3%		
¿Le da algún mantenimiento a su pozo? (sistema entubado, no aplica)	Si		No			No aplica				
	35.6%		1.5%			62.9%				
Si su respuesta anterior fue si, indique ¿con qué frecuencia?	Mes		Año			No aplica (personas con agua entubada)				
	9.8%		27%			63.2%				
¿Utiliza algún otro tipo de agua para consumir?	Embotellada		Garrafón			Bolsa plástica		Ninguna de las anteriores		
	0%		20.6%			27.5%		57.4%		
Ha padecido alguna de las siguientes enfermedades:	Diarrea	Cólera	Fiebre tifoidea	Disentería	Parásitos Intestinales	Paludismo	Dengue	Amebiasis	N.A.	
	16.2%	0%	0%	0%	12.3%	0%	2.1%	7.4%	80.9%	
¿Con qué frecuencia padece las enfermedades anteriores?	1 vez al mes		2 vez al mes		3 vez al mes		4 vez al mes		5 vez al mes	N.A.
	15.3%		2%		0.5%		0.5%		0%	81.8%
¿Actualmente que problemas tiene el agua que consume?	Cambio de color		Mal olor		Mal sabor		Olores a cloro		Ninguna de las anteriores	
	13.9%		3.5%		6.4%		46.5%		46.5%	

Figura 22. Resultados de censo general

**Anexo 7. Resultados de Análisis de Laboratorio de Aguas IGAL/CUNSUROC
de los dos sistemas de abastecimiento de agua.**

a.) Análisis físico-químico

Cuadro 23. Resultados de análisis físico-químico de ambos sistemas de abastecimiento de agua

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO								
PARÁMETRO	DIMENSIONAL	RESULTADO					CUMPLE	
		Sistema entubado		Sistema pozo artesanal			SI	NO
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3		
Color	u Pt-Co	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	x	
Olor	No Rechazable	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	N. R.	x	
Conductividad eléctrica	µS/cm	20	18	21	20	19	x	
Potencial de hidrogeno	----	6.7	6.7	6.9	6.7	6.9	x	
Cloro residual	mg/L - Cl ₂	< 0.05	< 0.05	< 0.05*	< 0.05*	< 0.05*	x	
Cloruro	mg/L - Cl	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	x	
Solidos totales disueltos	mg/L	341.30	376.4	189.36	244.67	224.48		Sí, pero se encuentra muy elevado.
Turbiedad	UNT	94	73	93	85	88		Sí, pero se encuentra muy turbia
Dureza	mg/L	10	10	24	26	25	x	
Sulfato	mg/L	23	21	23	21	22	x	
Calcio	mg/L	15	15	17	18	12	x	
Magnesio	mg/L	14	12	14	14	16	x	
Manganeso total	mg/L	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	x	
Hierro total	mg/L	0.5	0.40	0.71	0.65	0.43	x	
Nitritos	mg/L	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	< 0.02	x	
Nitratos	mg/L	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	< 0.50	x	

*La presencia de cloro residual es nula en este sistema, con base en el censo realizado, 2021.

Fuente: Con base en Laboratorio de Aguas del CUNSUROC y norma COGUANOR 29001, mayo de 2021.

b.) Análisis microbiológico

Cuadro 24. Resultados de análisis microbiológico de ambos sistemas de abastecimiento de agua.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO									
PARAMETRO	DIMENSIONAL	LÍMITE MAXIMO RECOMENDADO	RESULTADOS					CUMPLE	
			Sistema entubado		Sistema pozo artesanal			SI	NO
			M 1	M 2	M 1	M 2	M 3		
<i>Recuento aeróbico total</i>	UFC/ml	500 UFC/ml	0 UF C/ ml	0 UF C/m l	0 UFC/ ml	0 UFC/ ml	0 UFC/ ml	x	
<i>Recuento coliformes totales</i>	NMP/100 ml	10 NMP/100 ml	< 3 NM P/1 00 ml	< 3 NM P/1 00 ml	< 3 NMP/ 100 ml	< 3 NMP/ 100 ml	< 3 NMP /100 ml	x	
<i>Recuento coliformes fecales</i>	NMP/100 ml	< 3 NMP/100 ml	< 3 NM P/1 00 ml	< 3 NM P/1 00 ml	< 3 NMP/ 100 ml	< 3 NMP/ 100 ml	< 3 NMP /100 ml	x	
Microorganismos									
PARÁMETRO	LIMITE MAXIMO RECOMENDADO	RESULTADOS					CUMPLE		
		Sistema entubado		Sistema de pozo artesanal			SI	NO	
		M 1	M 2	M 1	M 2	M 3			
<i>E. coli</i>	< 1.1 NMP/ml	< 1.1 NMP/ ml	< 1.1 NMP/ ml	< 1.1 NMP/ ml	< 1.1 NMP/ ml	< 1.1 NMP/ ml	x		
<i>Pseudomonas sp.</i>	Negativo	Negati vo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	x		

Fuente: Con base en Laboratorio de Aguas del CUNSUROC y norma COGUANOR 29001, mayo de 2021.

Anexo 8. Cronograma de actividades

Cuadro 25. Cronograma de actividades.

No.	AÑO	Responsable	2021																	
			MESES		Mayo				Junio				Julio				Agosto			
			SEMANAS		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Definición de los Componentes y tipo de tratamiento del servicio de agua entubada	Epesista				■														
2	Identificación de los usuarios del servicio de agua entubada y usuarios de pozos artesanales familiares	Epesista					■	■												
3	Generación de mapa de usuarios de ambos sistemas de abastecimiento de agua	Epesista							■											
	Muestreo del Servicio de Agua entubado del cantón Taracena									■										
4	Muestreo del agua subterránea (agua de pozo) del cantón Taracena.	Epesista,										■								
5	Generación de mapa de uso del suelo	Epesista											■							
6	Identificación de los factores que influyen en la calidad del agua	Epesista												■						
7	Identificar la influencia de la calidad del agua de consumo actual con la causa de enfermedades e infecciones gastrointestinales en los habitantes.	Epesista													■					
8	Manual de verificación y evaluación periódica del agua para consumo humano	Epesista														■	■			

Anexo 9. Plano de la red de distribución del agua del sistema de agua entubada dentro del cantón Taracena.

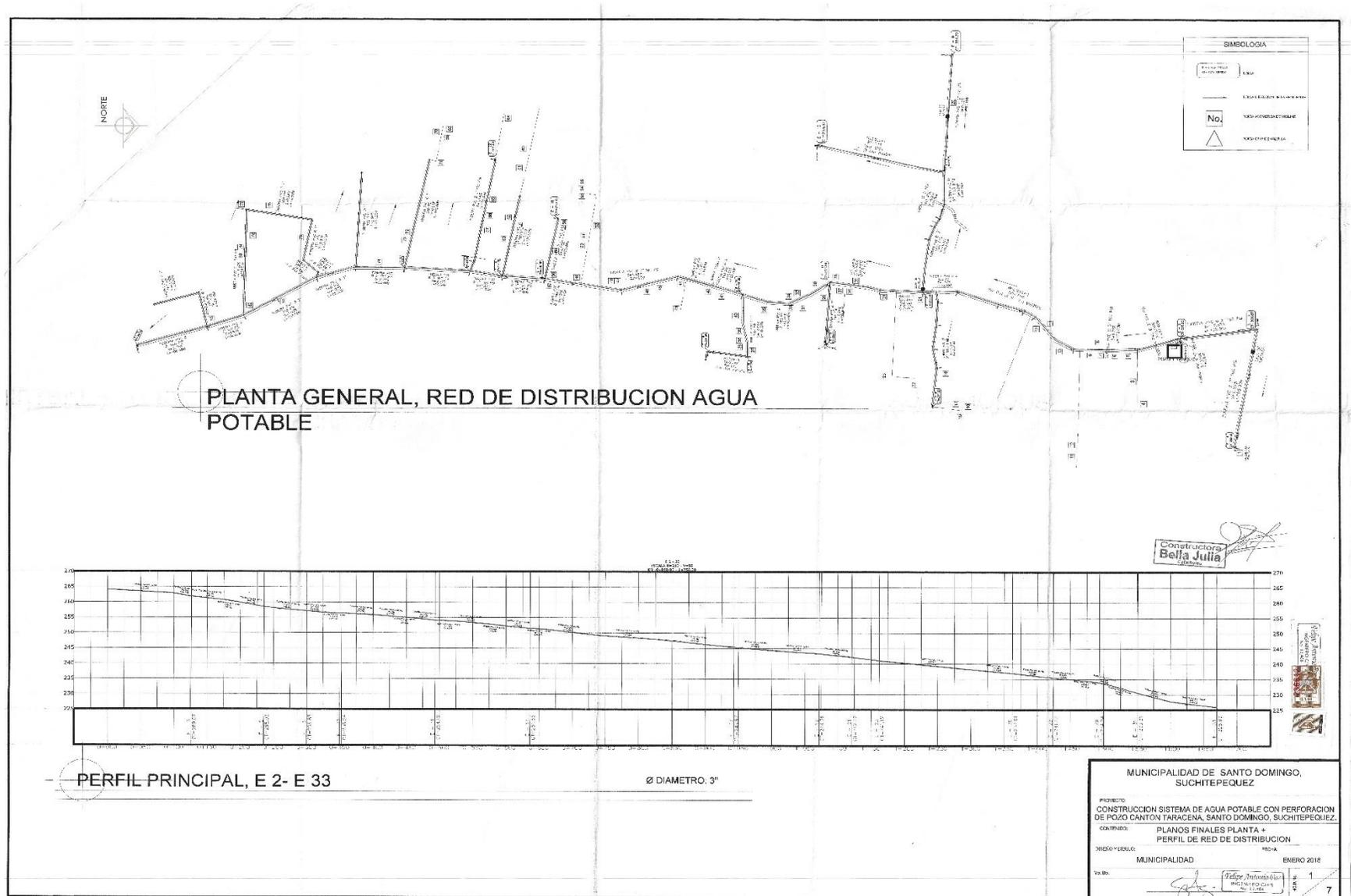


Figura 23. Plano de la red de distribución del agua en cantón Taracena.
Fuente: Municipalidad de Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez, 2021.

Anexo 10. Fotocopia de resultados de análisis de aguas.

a.) Análisis físico-químico y microbiológico de sistema de agua entubada



LABORATORIO DE
Aguas
Agencia de Calidad Ambiental Local - CUNSUROC

Dirección: 1era. Avenida 0-20, zona 2
Colonia "Los Almendros"
Mazatenango, Suchitepéquez
e-mail: labaguascunsuroc@gmail.com

No. certificado: 007-2021Po

Informe de Resultados de Análisis Físico, Químico y Organoléptico

-DATOS DEL CLIENTE-

Cliente: Municipalidad Santo Domingo Suchitepéquez
Responsable: Liza Samayoa
Dirección: Sector 1, Cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez.

-DATOS DE LA MUESTRA-

Lugar de muestreo: Pozo mecánico	Muestra Simple o compuesta: Simple
Responsable de Muestreo: Samuel García	Fecha de Muestreo: 26-05-2021
Temperatura de Almacenaje: 5 °C	Hora de muestreo: 12:15 p.m.
Tipo de muestra: Agua potable	Código de muestra: 7 M
Recipientes utilizados: Plástico (provistos por el laboratorio de Aguas IGAL-CUNSUROC)	
Método de preservación: ----	

-DATOS DE LABORATORIO-

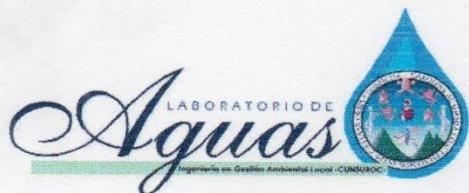
Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 26-05-2021
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 13:00 p.m.
Fecha de inicio de análisis: 27-05-2021 **Hora de inicio de análisis:** 08:00 a.m.
Analista: Samuel García Zep **Fecha de informe:** 01-06-2021

PARÁMETRO	DIMENSIONAL ⁽¹⁾	RESULTADO
Color	u Pt-Co	< 1
Olor	No Rechazable	No Rechazable
Conductividad eléctrica	µS/cm	20
Potencial de hidrógeno	----	6.7
Cloro residual libre	mg/L – Cl ₂	< 0.05
Cloruro	mg/L – Cl ⁻	< 10
Sólidos totales disueltos	mg/L	341.30
Turbiedad	UNT	94
Dureza	mg/L	10
Sulfato	mg/L	23
Calcio	mg/L	15
Magnesio	mg/L	14
Manganeso total	mg/L	<0.50
Hierro Total	mg/L	0.5
Nitritos	mg/L	< 0.02
Nitratos	mg/L	< 0.50

(1) u Pt-Co = unidades platino cobalto, µS/cm = microsiemens por centímetro, mg/L = miligramos por litro.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada, recibida y analizada en las fechas indicadas.

Figura 24. Análisis físico-químico de tanque de captación de agua entubada
Fuente: con base en el Laboratorio de Agua IGAL/CUNSUROC, 2021



Dirección: 1era. Avenida 0-20, zona 2
 Colonia "Los Almendros"
 Mazatenango, Suchitepéquez
 e-mail: labaguascunsuroc@gmail.com

No. certificado: 007-2021Po

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico

PARÁMETRO	DIMENSIONAL ⁽⁴⁾	LIMITE MAXIMO RECOMENDADO	RESULTADO
Recuento aeróbico total ⁽¹⁾	UFC/ml	500UFC/ml	0 UFC/ml
Recuento coliformes totales ⁽²⁾	NMP/100ml	10NMP/100ml	< 3 NMP/100ml
Recuento coliformes fecales ⁽³⁾	NMP/100ml	< 3 NMP/100ml	< 3 NMP/100ml

Método: (1) UFC/ml método vertido en placa 35C/48h, plate count agar (2) NMP/100 ml, método número más probable, 44° C/48h, Lauril Triptosa, Fluorocult (3) NMP/100 ml, método número más probable, 44° C/48h, Lauril Triptosa, Fluorocult (4) NMP = número más probable

MICROORGANISMOS

PARÁMETRO	LIMITE MAXIMO RECOMENDADO	RESULTADO
<i>E. coli</i>	< 1.1 NMP/100ml	< 1.1 NMP/100ml
<i>Pseudomonas sp.</i>	Negativo	negativo

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada, recibida y analizada en las fechas indicadas.

Katherine C

Laboratorio de Aguas IGAL/CUNSUROC

Lina María Balseca Pérez Ojeda
 Químico Farmacéutica
 Colegiada No. 2493

Figura 25. Análisis microbiológico de tanque de captación de agua entubada
Fuente: con base en el Laboratorio de Agua IGAL/CUNSUROC, 2021

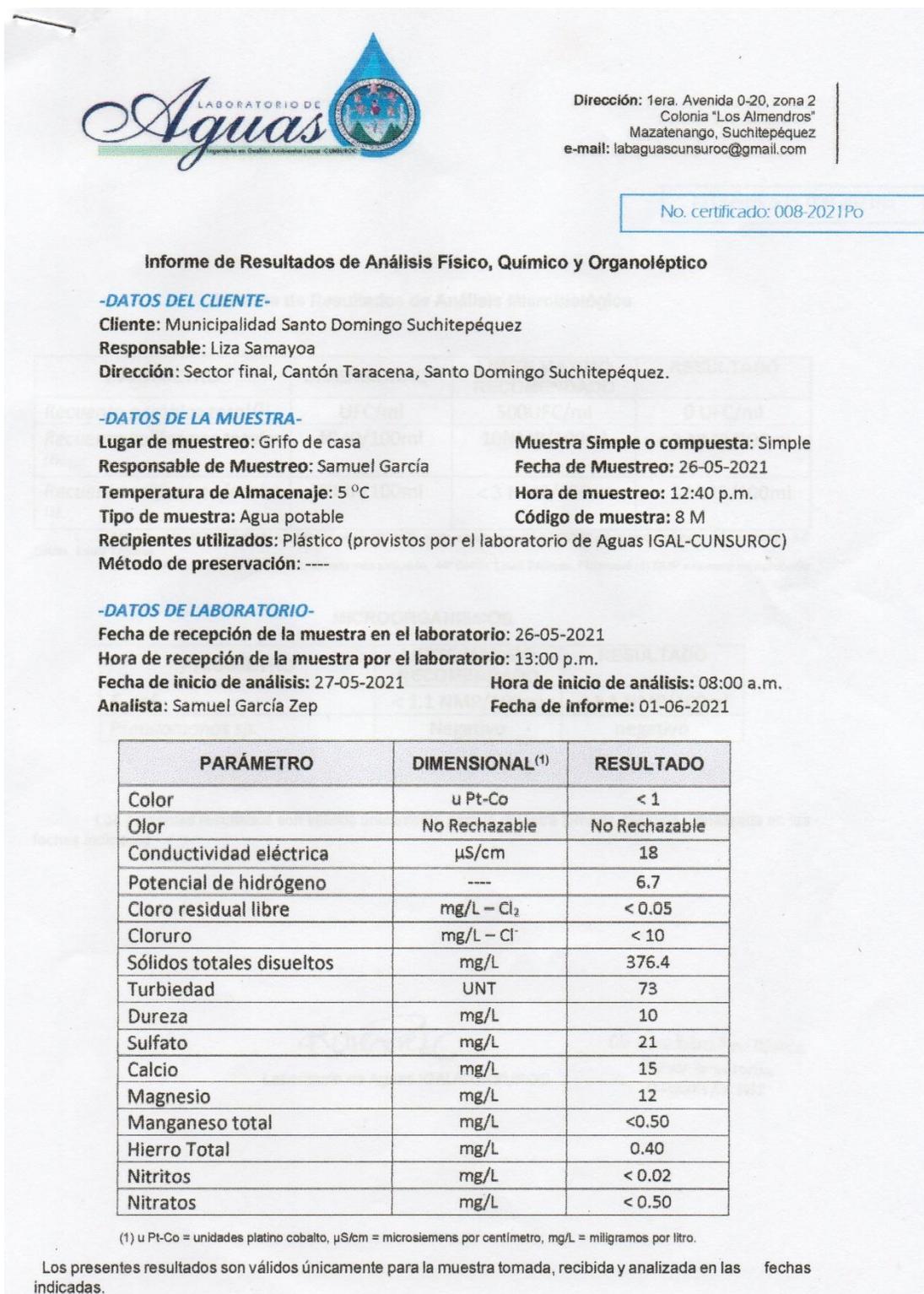


Figura 26. Análisis físico-químico de la última vivienda de red de distribución de agua entubada

Fuente: con base en el Laboratorio de Agua IGAL/CUNSUROC, 2021



Figura 27. Análisis microbiológico de la última vivienda de red de distribución de agua entubada

Fuente: con base en el Laboratorio de Agua IGAL/CUNSUROC, 2021

b.) Análisis físico-químico y microbiológico del sistema de pozo artesanal



LABORATORIO DE Aguas
Representa en Calidad Ambiental Local - CUNSUROC

Dirección: 1era. Avenida 0-20, zona 2
Colonia "Los Almendros"
Mazatenango, Suchitepéquez
e-mail: labaguascunsuroc@gmail.com

No. certificado: 011-2021Po

Informe de Resultados de Análisis Físico, Químico y Organoléptico

-DATOS DEL CLIENTE-
 Cliente: Municipalidad Santo Domingo Suchitepéquez
 Responsable: Liza Samayoa
 Dirección: Sector 1, Cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez.

-DATOS DE LA MUESTRA-

Lugar de muestreo: Pozo Artesanal	Muestra Simple o compuesta: Simple
Responsable de Muestreo: Samuel García	Fecha de Muestreo: 04-06-2021
Temperatura de Almacenaje: 5 °C	Hora de muestreo: 11:19 a.m.
Tipo de muestra: Agua potable	Código de muestra: 11 M
Recipientes utilizados: Plástico (provistos por el laboratorio de Aguas IGAL-CUNSUROC)	
Método de preservación: ----	

-DATOS DE LABORATORIO-

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 04-06-2021
 Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:00 p.m.
 Fecha de inicio de análisis: 05-06-2021 Hora de inicio de análisis: 08:00 a.m.
 Analista: Samuel García Zep Fecha de informe: 11-06-2021

PARÁMETRO	DIMENSIONAL ⁽¹⁾	RESULTADO
Color	u Pt-Co	< 1
Olor	No Rechazable	No Rechazable
Conductividad eléctrica	µS/cm	21
Potencial de hidrógeno	----	6.9
Cloro residual libre	mg/L - Cl ₂	< 0.05
Cloruro	mg/L - Cl ⁻	< 10
Sólidos totales disueltos	mg/L	189.36
Turbiedad	UNT	93
Dureza	mg/L	24
Sulfato	mg/L	23
Calcio	mg/L	17
Magnesio	mg/L	14
Manganeso total	mg/L	<0.50
Hierro Total	mg/L	0.71
Nitritos	mg/L	< 0.02
Nitratos	mg/L	< 0.50

(1) u Pt-Co = unidades platino cobalto, µS/cm = microsiemens por centímetro, mg/L = miligramos por litro.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada, recibida y analizada en las fechas indicadas.

Figura 28. Análisis físico-químico de pozo artesanal No. 50

Fuente: con base en el Laboratorio de Agua IGAL/CUNSUROC, 2021

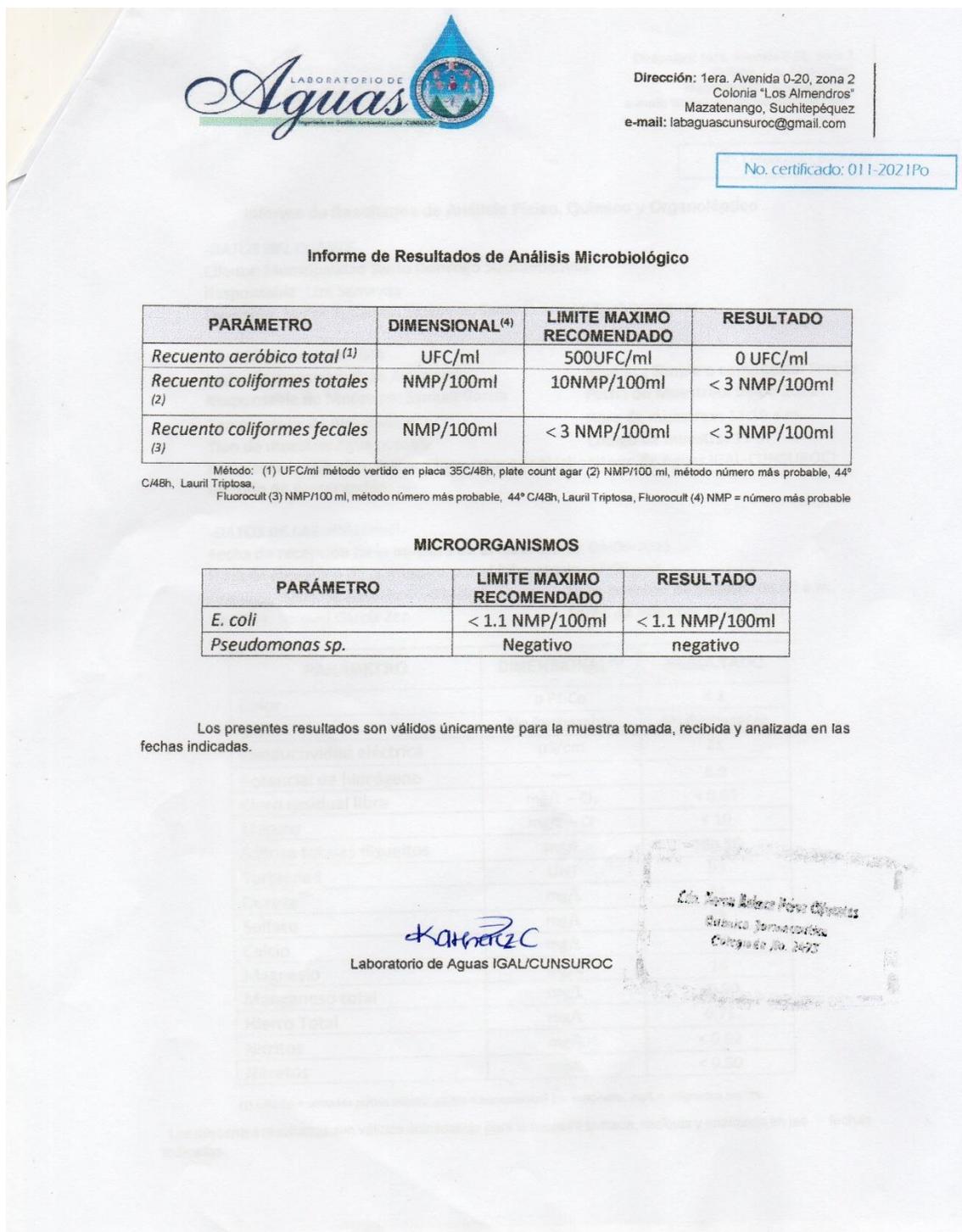


Figura 29. Análisis microbiológico de pozo artesanal No. 50
Fuente: con base en el Laboratorio de Agua IGAL/CUNSUROC, 2021



Dirección: 1era. Avenida 0-20, zona 2
Colonia "Los Aimendros"
Mazatenango, Suchitepéquez
e-mail: labaguascunsuroc@gmail.com

No. certificado: 010-2021Po

Informe de Resultados de Análisis Físico, Químico y Organoléptico

-DATOS DEL CLIENTE-

Cliente: Municipalidad Santo Domingo Suchitepéquez
Responsable: Liza Samayoa
Dirección: Sector 2, Cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez.

-DATOS DE LA MUESTRA-

Lugar de muestreo: Pozo Artesanal
Responsable de Muestreo: Samuel García
Temperatura de Almacenaje: 5 °C
Tipo de muestra: Agua potable
Recipientes utilizados: Plástico (provistos por el laboratorio de Aguas IGAL-CUNSUROC)
Método de preservación: ----

Muestra Simple o compuesta: Simple
Fecha de Muestreo: 04-06-2021
Hora de muestreo: 10:34 a.m.
Código de muestra: 10 M

-DATOS DE LABORATORIO-

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 04-06-2021
Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:00 p.m.
Fecha de inicio de análisis: 05-06-2021
Analista: Samuel García Zep

Hora de inicio de análisis: 08:00 a.m.
Fecha de informe: 11-06-2021

PARÁMETRO	DIMENSIONAL ⁽¹⁾	RESULTADO
Color	u Pt-Co	< 1
Olor	No Rechazable	No Rechazable
Conductividad eléctrica	µS/cm	20
Potencial de hidrógeno	----	6.7
Cloro residual libre	mg/L – Cl ₂	< 0.05
Cloruro	mg/L – Cl ⁻	< 10
Sólidos totales disueltos	mg/L	244.67
Turbiedad	UNT	85
Dureza	mg/L	26
Sulfato	mg/L	21
Calcio	mg/L	18
Magnesio	mg/L	14
Manganeso total	mg/L	<0.50
Hierro Total	mg/L	0.65
Nitritos	mg/L	< 0.02
Nitratos	mg/L	< 0.50

(1) u Pt-Co = unidades platino cobalto, µS/cm = microsiemens por centímetro, mg/L = miligramos por litro.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada, recibida y analizada en las fechas indicadas.

Figura 30. Análisis físico-químico de pozo artesanal No. 45
Fuente: con base en el Laboratorio de Agua IGAL/CUNSUROC, 2021

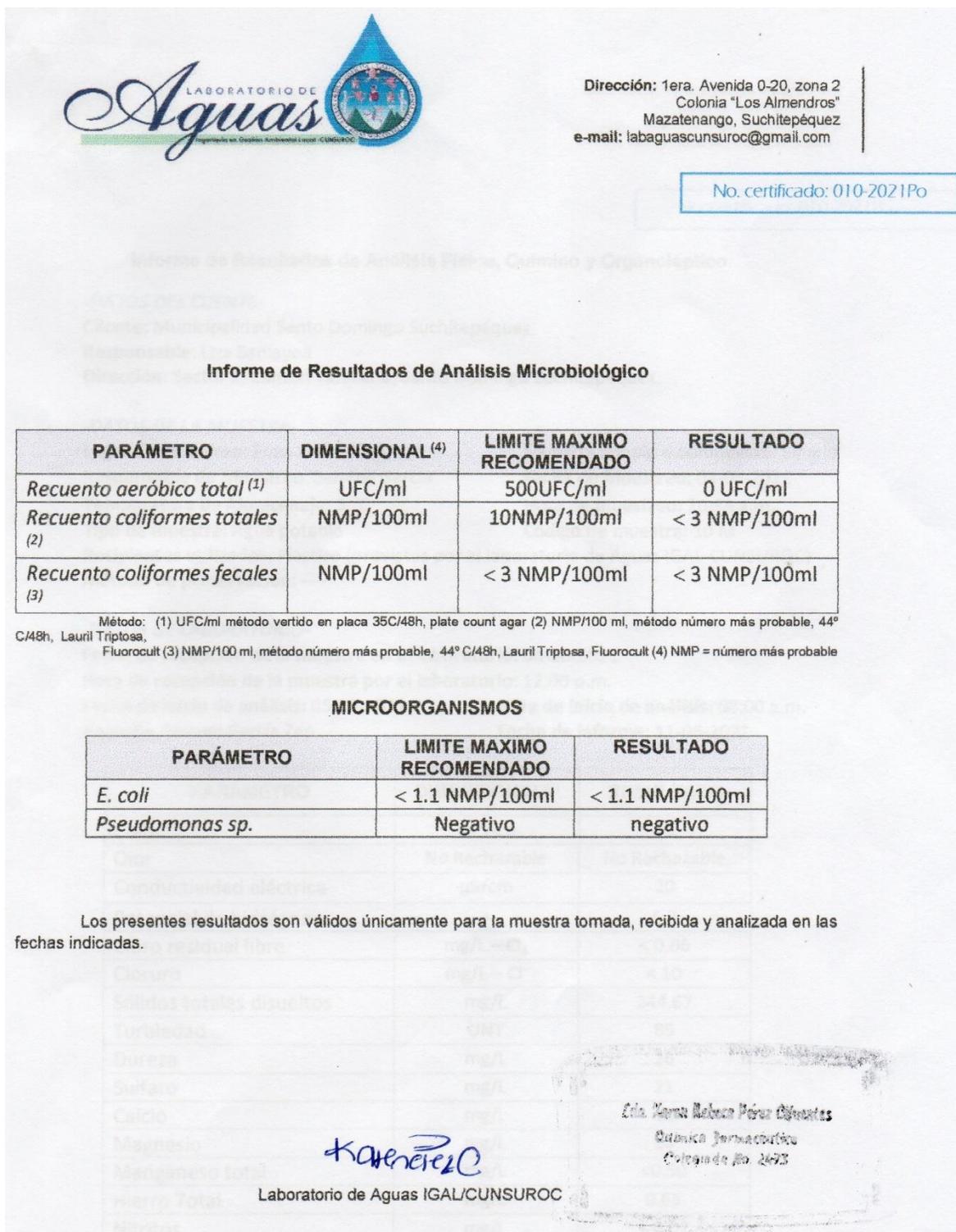
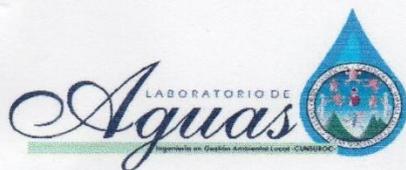


Figura 31. Análisis microbiológico de pozo No. 45.

Fuente: con base en el Laboratorio de Agua IGAL/CUNSUROC, 2021



Dirección: 1era. Avenida 0-20, zona 2
 Colonia "Los Almendros"
 Mazatenango, Suchitepéquez
 e-mail: labaguascunsuroc@gmail.com

No. certificado: 009-2021Po

Informe de Resultados de Análisis Físico, Químico y Organoléptico

-DATOS DEL CLIENTE-

Cliente: Municipalidad Santo Domingo Suchitepéquez

Responsable: Liza Samayoa

Dirección: Sector 3, Cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez.

-DATOS DE LA MUESTRA-

Lugar de muestreo: Pozo Artesanal

Responsable de Muestreo: Samuel García

Temperatura de Almacenaje: 5 °C

Tipo de muestra: Agua potable

Recipientes utilizados: Plástico (provistos por el laboratorio de Aguas IGAL-CUNSUROC)

Método de preservación: ----

Muestra Simple o compuesta: Simple

Fecha de Muestreo: 04-06-2021

Hora de muestreo: 09:31 a.m.

Código de muestra: 9 M

-DATOS DE LABORATORIO-

Fecha de recepción de la muestra en el laboratorio: 04-06-2021

Hora de recepción de la muestra por el laboratorio: 12:00 p.m.

Fecha de inicio de análisis: 05-06-2021

Hora de inicio de análisis: 08:00 a.m.

Analista: Samuel García Zep

Fecha de informe: 11-06-2021

PARÁMETRO	DIMENSIONAL ⁽¹⁾	RESULTADO
Color	u Pt-Co	< 1
Olor	No Rechazable	No Rechazable
Conductividad eléctrica	µS/cm	19
Potencial de hidrógeno	----	6.9
Cloro residual libre	mg/L - Cl ₂	< 0.05
Cloruro	mg/L - Cl ⁻	< 10
Sólidos totales disueltos	mg/L	224.48
Turbiedad	UNT	88
Dureza	mg/L	25
Sulfato	mg/L	22
Calcio	mg/L	12
Magnesio	mg/L	16
Manganeso total	mg/L	<0.50
Hierro Total	mg/L	0.43
Nitritos	mg/L	< 0.02
Nitratos	mg/L	< 0.50

(1) u Pt-Co = unidades platino cobalto, µS/cm = microsiemens por centímetro, mg/L = miligramos por litro.

Los presentes resultados son válidos únicamente para la muestra tomada, recibida y analizada en las fechas indicadas.

Figura 32. Análisis físico-químico de pozo No. 13

Fuente: con base en el Laboratorio de Agua IGAL/CUNSUROC, 2021



Figura 33. Análisis microbiológico de pozo No. 13

Fuente: con base en el Laboratorio de Agua IGAL/CUNSUROC, 2021

Anexo 11. Manual de funcionamiento y evaluación del agua para consumo humano para el cantón Taracena.

El manual de funcionamiento y evaluación del agua para consumo humano en el cantón Taracena puede visualizarlo en la siguiente página.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
-EPS-**



MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y EVALUACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

CANTÓN TARACENA, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ

**ASESORA:
MSc. SHARON QUIÑÓNEZ**

ELABORADO POR:

LIZA FERNANDA SAMAYOA BOTEÓ

201443816

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ AGOSTO DE 2021



MANUAL DE

FUNCIONAMIENTO Y
EVALUACIÓN DEL AGUA
PARA CONSUMO HUMANO

CANTÓN TARACENA, SANTO DOMINGO
SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ



ÍNDICE

I. Presentación	1
II. Introducción	2
III. Objetivos	4
IV. Glosario	5
V. Métodos para potabilizar el agua para consumo.....	7
5.1. ¿Qué es el agua?.....	7
5.2. Disposición de agua en el planeta.....	7
5.3. Disponibilidad del agua dulce en el planeta.....	7
5.4. Sanidad segura del agua para consumo humano	8
5.5. Fuentes contaminantes del agua	9
5.6. Actividades comunitarias que contaminan los cuerpos de agua.....	11
5.7. Influencia del agua contaminada en la salud humana	13
5.8. Tratamiento del agua para consumo humano	14
VI. Parámetros que determinan la calidad del agua para consumo.....	21
6.1. Evaluación y Análisis de aguas en Guatemala.....	21
VII. Almacenamiento domiciliario del agua para consumo	32
7.1. Usos adecuados del agua potable	32
7.2. Usos inadecuados del agua potable.....	33
7.3. Formas correctas e incorrectas de manejar el agua dentro de la casa.....	33
7.4. Limpieza y desinfección de los recipientes para almacenar el agua.....	34
7.5. Otros aspectos importantes influyentes en la calidad de vida respecto al uso.. y manejo del agua.....	36
VIII. Actividades de mantenimiento del sistema de agua entubada dentro... de cantón Taracena.....	38
8.1. Sistema de captación del agua	38
8.2. Sistema de conducción del agua.....	39
8.3. Tanque de almacenamiento.....	40
8.4. Sistema de distribución del agua.....	43



8.5. Micromedidor o medidor estándar de cloro 44

IX. Marco Legislativo 45

9.1. Regulación para el agua y saneamiento en Guatemala 45

X. Recomendaciones finales 50

XI. Referencias Bibliográficas 51

XII. Anexos 53



I. Presentación

Alrededor del 97.5% del agua de la Tierra está en los océanos, por lo tanto, no es apta para beber; el 2.5% de agua dulce en su mayor parte está en forma de hielo y en aguas subterráneas, dejando tan sólo 0.007% aproximadamente en forma de lagos, ríos, represas y fuentes subterráneas poco profundas, reabastecidos por los procesos de evaporación y precipitación, y fácilmente disponible para uso de los seres humanos. (PNUMA, 2021, pág. 2)

Años atrás el recurso hídrico se encontraba en abundancia, sin embargo, actualmente podemos observar que el agua cada vez es más escasa y diariamente la contaminación ambiental crece, por lo que, contar con agua en condiciones aptas para consumo es cada vez más difícil. De los aproximadamente 20,000 millones de metros cúbicos (m³) de agua que Guatemala utiliza, alrededor de 7,000 millones son empleados por la industria, incluyendo la agroindustria, lo que representó el 37.5% del agua utilizada, las actividades agropecuarias y silviculturales demandaron el 31.9% de los recursos hídricos utilizados en el país, es decir más de 6,000 millones de m³. (Ibáñez, 2020, pág. 23).

Además, Quiñónez (2018, pág. 23) quien cita la Política Nacional del Agua de Guatemala (2011) estima que el uso doméstico representa el 9%, el uso industrial 3% y el resto corresponde a usos no consuntivos tales como uso con fines hidroeléctricos.

Este manual está dirigido a los habitantes del cantón Taracena y tiene como objetivo que los usuarios conozcan los aspectos importantes sobre la manipulación, contaminación y la implementación de acciones que aseguren la sanidad del agua para uso y consumo humano.



II. Introducción

El agua es un elemento clave para la sobrevivencia de la especie humana, de ella depende la vida, por ello es fundamental que las poblaciones cuenten con un sistema de abastecimiento que asegure su calidad para consumo, evitando con ello la transmisión de enfermedades relacionadas, que afectan la calidad de vida de las personas. Se estima que alrededor del mundo al menos 2000 millones de personas se abastecen de una fuente de agua potable contaminada, lo que ha sido causante de 502,000 muertes al año por la transmisión de enfermedades como la diarrea, el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis.

En Cantón Taracena, en la fase de diagnóstico, se realizó el análisis de los parámetros físicos y microbiológicos del agua de las dos fuentes principales de agua para consumo en la población, determinando que contiene una concentración elevada de sólidos totales, comprobando de esta forma que las actividades de mantenimiento de ambas fuentes son deficientes. A pesar de que el agua es apta para consumo humano, se debe tener en cuenta que en Cantón Taracena el saneamiento ambiental es bajo, no se encuentra instalado drenaje público y la ubicación de letrinas están cercanas a pozos de abastecimiento. Por lo tanto, es necesario crear una herramienta guía que sirva a la población para evitar enfermedades provocadas por el consumo de agua contaminada.

Así que con el fin de asegurar que los habitantes del cantón consuman agua de calidad se desarrolló este manual, que tiene como objetivo proporcionar información verídica y adecuada sobre los aspectos importantes de manipulación y las acciones que aseguren la sanidad del agua para uso y consumo humano.

Dentro de él se incluye principalmente las fuentes de contaminación generales y comunitarias que influyen en la calidad del agua, así como, en la salud humana, cual es la forma y el procedimiento adecuado de tratamiento del agua tanto en casa como para sistemas de abastecimiento, las formas correctas de manipulación y almacenamiento del agua que se consume, el mantenimiento que se debe dar al sistema de agua entubada que tienen instalado dentro del cantón, las normas y



reglamentos que aquí en Guatemala indican los parámetros y características que debe tener el agua para consumo humano, así como, la periodicidad con la que el agua potable debe evaluarse.

Con este manual se espera contribuir a la gestión adecuada del agua dentro del cantón Taracena y la prevención de enfermedades debido al consumo de agua contaminada en los habitantes.



III. Objetivos

GENERAL

- Proporcionar una guía con los fundamentos técnicos sobre la gestión adecuada del agua para consumo en el cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez.

ESPECÍFICOS

- Dar a conocer los métodos para potabilizar el agua para consumo.
- Enumerar los parámetros que determinan la calidad del agua para consumo.
- Describir la forma correcta de almacenamiento domiciliar del agua para consumo
- Indicar las actividades de mantenimiento del sistema de agua entubada dentro del cantón Taracena.

IV. Glosario

1. **Agua potable:** es aquella que, por sus características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, no representa un riesgo para la salud del consumidor y cumple con lo establecido en la presente norma.
2. **Aleación:** son mezclas de un metal con otros elementos cuya composición puede ser nociva para la salud.
3. **Cancerígeno:** patógeno que produce cáncer o favorece su aparición.
4. **Características físicas:** son aquellas que se detectan sensorialmente o por medios analíticos de laboratorio.
5. **características microbiológicas del agua:** son aquellas que se originan por presencia de microorganismos que determinan su calidad.
6. **Características organolépticas:** son todas aquellas descripciones de las características físicas que tiene la materia en general
7. **Características químicas del agua:** son aquellas debidas a elementos o compuestos químicos orgánicos e inorgánicos.
8. **Cebado:** modismo de lubricar o encerar un objeto.
9. **Ebullición:** Movimiento violento del agua u otro líquido, con producción de burbujas, como consecuencia del aumento de su temperatura o por estar sometido a fermentación o efervescencia.
10. **Erosión del suelo:** es el desgaste, modelación y pérdida de la capa fértil de los suelos causados por la acción del viento, la lluvia, los procesos fluviales, marítimos y glaciales, y por la acción de los seres vivos.
11. **Microorganismos:** Organismo microscópico animal o vegetal.
12. **Mojon:** señales materiales colocadas con carácter permanente para fijar una situación o extensión.
13. **Norma Técnica:** es un documento que establece, por consenso, y con la aprobación de un organismo reconocido, las condiciones mínimas que debe reunir un producto, proceso o servicio, para que sirva al uso al que está destinado.
14. **Parámetro:** Elemento o dato importante desde el que se examina un tema, cuestión o asunto.



- 15. Potabilizar:** realizar el tratamiento del agua con el objetivo de convertirla en apta para su consumo sin que presente ningún tipo de riesgo para la salud.
- 16. Redes de distribución:** conjunto de tuberías, accesorios y dispositivos que permiten la entrega del agua a los consumidores de forma constante, con presión apropiada y en cantidad suficiente para satisfacer sus necesidades.
- 17. Sanidad del agua:** se refiere a que el agua tiene buena calidad y es limpia, es decir, cuando no contiene microorganismos patógenos ni contaminantes a niveles capaces de afectar adversamente la salud de los consumidores.
- 18. Sedimento:** Conjunto de partículas sólidas que queda depositado en el fondo del recipiente que contiene un líquido.
- 19. Sólidos totales:** son aquellos materiales suspendidos y disueltos en el agua, pueden ser identificados físicamente y en laboratorio.
- 20. Solución madre:** es una mezcla homogénea de dos o más sustancias puras que no reaccionan entre sí cuyos componentes se encuentran en proporciones variables.
- 21. Tubería de conducción:** es el componente a través del cual se transporta agua tratada.
- 22. Tuberías de aducción:** es aquel componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o presión.

V. Métodos para potabilizar el agua para consumo.

5.1. ¿Qué es el agua?

Para CLARIN (2008, pág. 22) El agua es una sustancia líquida que forma parte esencial de los seres vivos, es una de las sustancias más difundidas en la superficie terrestre, por lo que la podemos hallar casi en cualquier parte de la superficie del planeta, misma que se encuentra rodeada en su mayor parte por capas de agua, ya sea en su forma líquida o en la sólida, así mismo se encuentran grandes masas de agua suspendidas en el aire en forma de nubes y en la humedad ambiental.

5.2. Disposición de agua en el planeta

Según la Cruz Roja Nacional de Guatemala (2002, pág. 5) el planeta tierra está cubierto por agua en sus tres cuartas partes, la mayor parte de agua es salada y



forma los grandes océanos que rodean los continentes, pero parte del agua que cubre la tierra, está congelada en los polos, y la otra parte es la que forma los ríos, lagos y lagunas, teniendo también el agua por debajo del suelo, formando los mantos acuíferos o aguas subterráneas, y arriba en la atmósfera como vapor que forma las nubes.

5.3. Disponibilidad del agua dulce en el planeta

A pesar de que el 75 % de la superficie de la tierra está cubierta de agua, no toda esta disponible para el consumo humano, es decir, que del 100% de agua en el planeta el 97 % es salada y **¡SOLAMENTE UN 3 % ES AGUA DULCE!**, pero de este 3% la mayor parte está congelada en los polos, lo cual, nos deja solamente un 0.5 % de agua dulce para consumir, pero ojo, no siempre tenemos acceso a ella, ya que, esta se encuentra en los mantos acuíferos subterráneos también. (CRNG, 2002, pág. 6)

¡SIN AGUA NO HAY VIDA!

La Cruz Roja Nacional (2002, pág. 7) también nos indica que el agua es uno de los elementos básicos para mantener la vida del planeta tierra, todo lo que tiene vida en el mundo necesita del agua para mantenerse vivo, crecer y desarrollarse.

por ejemplo:

las personas tenemos en nuestro cuerpo un 60 % de agua esto significa que una persona adulta para mantenerse en buenas condiciones de salud necesita aproximadamente ocho vasos de agua al día.



Entonces la CRNG (2002, pág. 7) nos indica que en el hombre el agua desempeña varias funciones entre ellas podemos mencionar:

- Forma las partes líquidas de la sangre y transporta el oxígeno del aire que respiramos y sustancias nutritivas hacia todo el cuerpo.
- Ayuda a mantener constante la temperatura de nuestro cuerpo o sea a 37 grados.
- Forma parte de la saliva y las lágrimas.
- Lubrica las articulaciones.
- Por la orina, el popo y el sudor elimina sustancias que ya no le sirven al cuerpo.

5.4. Sanidad segura del agua para consumo humano

El consumo de agua sanitariamente segura contribuye a la salud de las personas, pues, cuando esta pierde sus características es porque se ha contaminado en algún momento de su largo recorrido, desde que se extrae de la fuente hasta que se consume, ya sea en un sistema público o domiciliario, por ello es tan importante que mejoremos nuestros hábitos higiénicos personales, domiciliarios y comunales. (CRNG, 2002, pág. 8)

5.5. Fuentes contaminantes del agua

a.) Contaminación subterránea



Debido a que uno de los métodos más usados para la captación de agua, es la perforación de pozos profundos, la extracción de aguas profundas debe ser controlada para evitar que se extraiga de la primera capa del subsuelo, ya que, las filtraciones por lluvias arrastran hacia las capas más superficiales agua con materia fecal,

productos y aleaciones tóxicas que son dañinas no solo para el hombre sino para la mayoría de los seres vivos. (Castañeda, 2004 pág. 7, párr. 1)

Las aguas subterráneas suelen ser más difíciles de contaminar que las superficiales, pero cuando esta contaminación se produce, es más difícil de eliminar y esto sucede porque las aguas del subsuelo tienen un ritmo de renovación muy lento. La contaminación microbiológica del agua se deriva frecuentemente de bacterias denominadas coliformes totales y fecales, lo cual, visualiza las bacterias coliformes totales residentes en agua y suelo y los coliformes fecales provienen del tracto intestinal de animales de sangre caliente y del hombre. (Castañeda, 2004 pág. 7, párr. 2 y 3)

Según FUNCAGUA (2020, párr. 13 -23) otros contaminantes pueden ser:

b.) Contaminación urbana y domiciliar

En todas las ciudades y comunidades se producen grandes cantidades de basura diariamente incluyendo desechos de casas, escuelas, mercados, oficinas y de todas las actividades que realizamos a diario, de lo cual, una buena parte de la basura que se produce en las comunidades no es recolectada y llevada a rellenos sanitarios municipales, lo cual, hace que la contaminación sea un problema para los cuerpos de agua, ya que, los líquidos de la basura y los



contaminantes arrastrados por la lluvia terminen en las fuentes de agua subterránea o cercanas del lugar.

c.) Aguas negras o servidas

Las aguas servidas o negras son todas aquellas que han sido desechadas de viviendas, industrias, comercios, etc., que lleva consigo jabones, detergentes, desperdicios, aceites y desechos humanos. Lamentablemente en algunos lugares todavía no cuentan con sistemas de desagües o alcantarillados que son sistemas de conducción de esta agua por tuberías, por lo que las aguas contaminadas corren libremente por las calles contaminando los suelos o terminan en ríos cercanos.



d.) Contaminación agrícola



Si la agricultura no se maneja de forma adecuada, puede afectar directamente la disponibilidad de fuentes de agua, ya que, la creciente demanda de tierras para cultivo ha provocado que cada vez se corten más bosques para conseguir tierras de cultivo, lo cual, afecta directamente a la captación de agua en ríos, lagos y otras fuentes de agua.

las producciones agrícolas también contribuyen a que los suelos sean más vulnerables a derrumbes, deslaves y a que la lluvia los lave arrastrando tierra y nutrientes hacia Las fuentes de agua que provoca la erosión del suelo.

Y por otro lado se tiene el uso desmedido de fertilizantes, pesticidas y fungicidas en suelos lo cual puede afectar nuestra salud a través de fuentes de agua subterráneas

o cercanas contaminadas, ya que, es ahí en donde generalmente estos productos acaban.

e.) Contaminación pecuaria

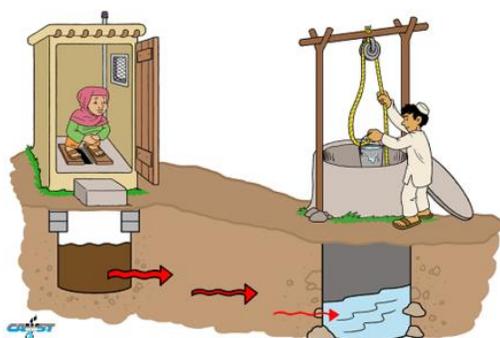
Los desechos de animales muchas veces sirven como abono para la tierra y estos en grandes cantidades pueden ser contaminantes en cuerpos de agua, ya que, el agua puede arrastrarlos hacia las fuentes cercanas o subterráneas, además, aunque no se crea los desechos de animales también pueden



favorecer la producción de virus, bacterias y parásitos que provoca enfermedades a los humanos a través de su existencia en el agua que se consume.

5.6. Actividades comunitarias que contaminan los cuerpos de agua según el manual de buenas prácticas de higiene en el uso y manejo del agua para consumo humano (2004, págs. 19 a 23)

a.) Letrinas cerca de fuentes de agua



Las letrinas de pozo seco o excusado que se construyen cerca de pozos profundos o ríos, pueden contaminar el agua, ya que, ésta se infiltra a través del subsuelo, es por ello que, es muy importante ubicar adecuadamente la letrina.

b.) Por el jabón y detergentes

El jabón y detergente que se utiliza para lavar la ropa y utensilios de cocina suele contaminar el agua y el problema se complica cuando estas actividades se realizan en los ríos o cerca de los pozos naturales, entonces el agua contaminada con estos productos no se puede beber, ya que es muy dañina para la salud.



c.) Hacer las necesidades fisiológicas cerca de ríos o al aire libre



En algunas comunidades por la falta de letrinas, las personas defecan cerca de los ríos o en las áreas verdes y el problema con esto radica en que cuando llueve o sopla el viento contaminan el ambiente, además, con esto se genera la proliferación de insectos y moscas que

suelen estar sobre las heces y luego en nuestros alimentos.

d.) Por animales domésticos

Cuando los animales beben directamente de las fuentes de agua, dejan en ella o en sus alrededores salivas, excretas, microbios y otras suciedades que la contaminan y enferman a las personas, es por eso, que ellos deben estar lejos de las fuentes de agua que nos abastecen para consumo humano.



e.) Por la mala manipulación

El agua también se contamina cuando se mantienen destapados los recipientes donde se almacena, y en ellos entra polvo o se paran las moscas. Así también, cuando introducimos tazas o vasos para sacar el agua para beber, o cuando la tocamos con las manos sucias. Es por esto que es necesario adoptar buenos hábitos higiénicos para prevenir enfermedades.



5.7. Influencia del agua contaminada en la salud humana

El agua contaminada puede estar llena de bacterias, virus y parásitos que pueden causar distintos tipos de infecciones amenazantes para el ser humano, especialmente si ha habido algún tipo de aguas residuales involucradas. (Eagleton, 2017, párr. 3)

Básicamente, existen dos tipos de enfermedades relacionadas con el agua de acuerdo al tipo de elementos contaminantes presentes; las producidas por bacterias o microorganismos que se manifiestan en forma rápida, y las producidas por agentes químicos, que en general, tardan en manifestarse. (Castañeda, 2004, pág. 9, párr. 1)

Los microorganismos causantes de las denominadas “enfermedades hídricas” provienen principalmente de las heces humanas o animales, generalmente la infección de esto ocurre por el contacto entre el hombre y el agente infeccioso, en este caso, el agua contaminado, en alguna de las fases de su ciclo correspondiente, lo cual quiere decir, que puede presentarse durante las actividades cotidianas como bañarse, lavar, cocinar o consumirla. (Castañeda, 2004, pág. 9, párr. 2)

Ahora bien la máxima preocupación en torno a la contaminación química del agua por nitratos, radica en el efecto que puede tener sobre la salud humana, ya que se

pueden encontrar disueltos en agua o bien en los alimentos y el consumo de agua con altas concentraciones en nitratos supone un riesgo para la salud, especialmente en los niños, provocando metahemoglobinemia, enfermedad caracterizada por impedir el transporte de oxígeno en la sangre, asimismo, los nitratos pueden formar compuestos potencialmente cancerígenos. (Castañeda, 2004, pág. 9, párr. 3)

5.8. Tratamiento del agua para consumo humano

Para que el agua sea sanitariamente segura al momento de consumirse esta debe estar libre de sustancias nocivas a la salud humana, es por ello, que debe permanecer o ser extraída por sistemas de abastecimiento sanitariamente seguros, y en el caso de tratarse de pozos subterráneos o algún otro sistema no mecánico, este debe tener medidas de seguridad ambiental para evitar la contaminación del agua que se consume.

Por otra parte, si el agua es consumida directamente del sistema de abastecimiento y sin ningún proceso de tratado o purificado previo debe almacenarse el agua y mantenerla en zonas limpias para evitar su contaminación, cabe destacar, que mantener el agua en buen estado es responsabilidad de cada persona, por lo que, deben informarse sobre los cuidados y tratamientos adecuados del agua antes de que sea consumida.

La somatización o tratamiento previo del agua se hace principalmente para evitar enfermedades en las personas, especialmente, en niños, es por ello que en comunidades rurales en donde la situación económica y el saneamiento ambiental son bajos se recomiendan diversos tipos de tratamiento al alcance de las personas.

Este manual presenta los diferentes tipos de tratamientos caseros que pueden aplicarse para eliminar ciertos microorganismos del agua.

El manual de buenas prácticas de higiene en el uso y manejo del agua para consumo humano (2004, págs. 11 - 13) y el manual brindado por la Cruz Roja



Nacional de Guatemala uso y manejo del agua nos indica que los mejores tratamientos previos al consumir el agua son los siguientes:

1) Tratamientos a nivel domestico

○ Hervido

Es una forma efectiva para matar los microbios y consiste en calentar el agua hasta que hierva durante 20 minutos o bien hasta que alcance su punto de ebullición, También para que esta no sufra más contaminación debe de mantenerse siempre tapada. Ahora bien, es un tratamiento microbiológico mayormente, es decir, que, si el agua contiene sales como los nitratos, esta debe tratarse de manera profesional.



○ Cloración

En este método se agrega cloro al agua en forma de sales de hipoclorito, ya que, el cloro es un elemento químico que está considerado un desinfectante ideal, pero este debe hacerse adecuadamente, ya que, sino puede llegar a ser mortal.



Técnicas de cloración

Preparación y uso de la solución madre al 1%, el cloro se encuentra en los centros distribuidores o casa comerciales especializadas en el ramo con el nombre de Hipoclorito de calcio o Cloro granulado al 70%, pero para usarlo tenemos que disolverlo preparando la solución madre al 1% dando los siguientes pasos:

1. Utilice un litro de agua limpia, que es igual a la cantidad de 4 vasos de tamaño normal.
2. Agregue una cucharada del cloro.
3. Agite esta solución durante 15 segundos.
4. Déjela reposar por 20 minutos para que se asiente.
5. Rotúlela.
6. Guárdela fuera del alcance de los niños y en un lugar oscuro y seguro, cada vez que la use.



¿Entonces, cuánto de esta solución que hemos preparado, vamos a usar para desinfectar el agua?

Todo dependerá de la cantidad de agua que hay en el recipiente, cubeta o tanque que deseamos clorar. El siguiente cuadro nos brinda la información exacta de cuanto debemos usar:

Cantidad de agua	Cantidad de solución madre
50 litros	Media cucharada
100 litros	1 cucharada
200 litros	2 cucharadas
300 litros	3 cucharadas
500 litros	5 cucharadas

*Dosificación de cloro en recipientes de casa.
Fuente: Castañeda, 2004, pág. 14.*



2) Tratamientos a nivel de sistemas de abastecimiento de agua

○ Utilizando hipoclorador o dosificador de cloro



El hipoclorador es la parte del sistema de abastecimiento de agua encargada de desinfectar el agua cuando el agua es distribuida por gravedad, el hipoclorador se instala en la parte superior del tanque y cuando los sistemas son por bombeo el hipoclorador se instala en la caseta de control y asimismo a este se le agrega una solución de cloro al 1% la que llega hasta el tanque de distribución a través de una manguera por goteo regulado.

RECOMENDACIÓN: periódicamente los encargados de esta operación deberán medir con el clorímetro o comparador de cloro residual libre que tiene el agua para el consumo, para con ello verificar la calidad de la desinfección y regular las concentraciones que deben estar entre los parámetros de 0.5 a 1 partes por millón; también las mediciones del cloro residual libre deben hacerse en diferentes partes del sistema y registrar los valores obtenidos como sistema de vigilancia comunitaria o monitoreo del agua.

○ **Cloración con tanque lleno**

Esta se utiliza cuando los sistemas de abastecimiento de agua no tienen hipoclorador o este se descompone, entonces el agua se desinfecta agregando la solución madre a base de cloro mencionada anteriormente directamente al tanque lleno de agua. Para llevar a cabo este procedimiento deben seguirse los siguientes pasos:

1. Saber exactamente cuántos litros o metros cúbicos de agua contiene el tanque y si en caso no se tiene conocimiento, se puede averiguar aplicando la siguiente formula:

$$V = 3.14 * d^2 * h / 4$$

Donde:

V = Volumen de agua (lo que se quiere averiguar)

3.14 = Factor constante para calcular áreas circulares.

d = diámetro en metros

h = altura hasta el nivel del agua en metros.

2. Sabiendo ya la cantidad de agua que hay en el tanque y que deseamos clorar se comienza a determinar cuánto de solución madre agregaremos, para ello se usan los siguientes valores:

Cantidad de agua	Cantidad de solución madre
1000 litros	10 cucharadas
2000 litros	20 cucharada
3000 litros	30 cucharadas
4000 litros	40 cucharadas
5000 litros	50 cucharadas
10000 litros	1 litro
20000 litros	2 litros
30000 litros	3 litros
Y así constantemente...	

Dosificación de cloro en tanques de agua.

Fuente: Cruz Roja Nacional de Guatemala, 2002, pág. 16

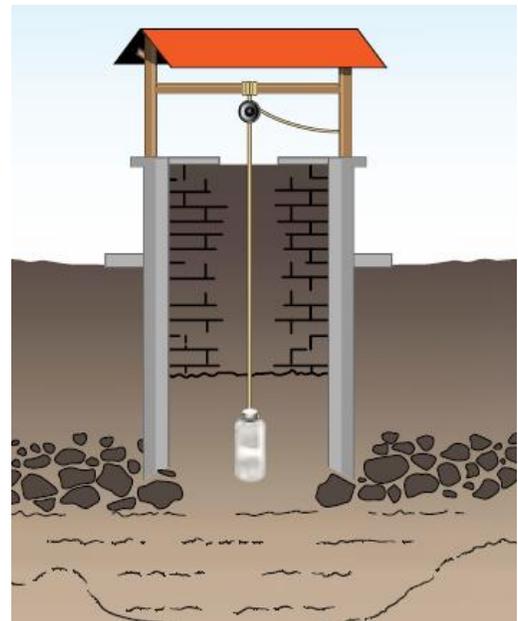


Cabe destacar que este método solamente es de emergencia en caso de que el sistema sea nuevo y aun no cuente con hipoclorador o este se haya descompuesto, no se recomienda como método rutinario, ya que, pueden ocurrir errores en los cálculos no se suministraran las dosis como deben de ser.

○ **Desinfección del agua en pozos profundos**

La desinfección del agua en pozos profundos se puede llevar a cabo mediante dispensores de cloro caseros, es decir, dispensores elaborados por uno mismo. Para su elaboración se realiza lo siguiente:

1. A una botella de un litro, se le agregan capas iguales de grava fina, arena y cloro.
2. En la parte inferior del recipiente, se hace un agujero.
3. Luego utilizando una cuerda o mecate de nylon el dispensador se amarra al armazón de la caseta del pozo, de manera que este se ubique en un punto central de la masa de agua y así a través del agujero el agua poco a poco va entrando en el dispensador y cuando éste se llena la solución de cloro se disuelve y sale lentamente, clorando así el agua dentro del pozo.



NOTA: los tratamientos mencionados anteriormente se realizan en aguas que presentan contaminantes bacteriológicos o turbiedad por sólidos totales, debe resaltarse que si se trata de aguas que contienen químicos agrícolas específicos, nitratos o nitritos en exceso, metales pesados o algunos otros elementos tóxicos y nocivos el tratamiento a efectuarse debe ser diferente y conforme a los elementos encontrados en los estudios y análisis de agua correspondientes, los cuales, deben realizarse mínimo una vez al año, así mismo, para ello debe buscarse el asesoramiento profesional adecuado.

VI. Parámetros que determinan la calidad del agua para consumo.

6.1. Evaluación y Análisis de aguas en Guatemala

Los análisis de agua son el proceso evaluativo en el que se extrae una buena muestra del líquido a analizar, esta depende de la extensión del estudio y es a partir de ella que se determinará la calidad del agua. (Biolab, 2019 párr. 4)

Todos los análisis que se realicen al agua deberán ser regidos según las Guías para la Calidad del Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud y del país. Generalmente no es necesario llevar a cabo un exhaustivo proceso de detección de todos y cada uno de los agentes patógenos, ya que hacerlo requeriría un tiempo excesivamente largo y su procedimiento sería demasiado complejo y costoso, por lo cual, es suficiente de una a 4 muestras por área para identificar que si la calidad del agua es perjudicial para la salud humana. (Biolab, 2019 párr. 5)

Para realizar la evaluación del agua que se está consumiendo deben realizarse los análisis conforme a la legislación del país, para ello, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

1. Análisis físico

Aquí se evalúan los sentidos organolépticos, que ayudan a analizar el agua relacionando parámetros que pueden ser medidos de forma física y comparados con estándares estipulados que se disponen en los laboratorios. (Solorzano, 2005, pág. 5)

Los parámetros físicos y organolépticos establecidos para evaluar la calidad del agua en Guatemala según la Norma técnica COGUANOR 29001 (2016, pág. 6) son:



Características físicas y organolépticas que debe tener el agua para consumo humano en Guatemala:

La siguiente tabla corresponde a los parámetros físicos y organolépticos medibles en aguas para consumo humano

CARACTERÍSTICAS	LMA	LMP
Color	5,0	35,0 u ^(a)
Olor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT	15,0 UNT ^(b)
Conductividad eléctrica	750 μ S/cm	1500 μ S/cm ^(d)
Potencial de hidrogeno	7,0-7,5	6,5-8,5 ^(c) (d)
Solidos totales disueltos	500,00 mg/L	1000,0 mg/L
(a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto (b) unidades nefelométricas de turbiedad (UNT) (c) en unidades de pH (d) límites establecidos a una temperatura de 25 °C		

Características físicas y organolépticas del agua para consumo humano.

Fuente: Norma técnica COGUANOR 29001, 2016, pág. 6.

- **Color:** Es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. Constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas. (Microsfot, 2021, pág. 6)
- **Sabor y olor:** son determinaciones organolépticas de determinación subjetiva, para las cuales no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida, por lo que, en el agua se pueden considerar cuatro sabores básicos: ácido, salado, dulce y amargo y el sabor se determina por sucesivas diluciones de la muestra original con agua inodora ($T^a \approx 40$ °C) hasta que es indetectable (umbral de percepción), siendo un ensayo muy subjetivo y de escasa reproducibilidad. Las muestras deben conservarse en vidrio un máximo de 6 h a 2 -5 °C. (Ibagué, 2021, párr. 2)
- **Turbidez:** La turbidez es la dificultad del agua, para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y

filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además, interfiere con la mayoría de procesos a que se pueda destinar el agua. La turbidez nos da una noción de la apariencia del agua y sirve para tener una idea acerca de la eficiencia de su tratamiento. (Ibagué, 2021, párr. 24)

- **Potencial de hidrogeno (pH):** es importante determinar este parámetro, ya que la mayoría de las aguas naturales tiene valores de pH entre 5.5 – 8.6. La alteración excesiva fuera de estos límites puede indicar contaminación del abastecimiento de agua por algún desecho de tipo industrial. Un agua con pH menor que 6.0 será fuertemente para los metales, ya que, al aumentar las concentraciones de hidrógeno, aumenta el poder corrosivo sobre el metal. (Solorzano, 2005, pág. 7)
- **Conductividad:** La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua. (Microsfot, 2021, pág. 7)
- **Sólidos totales:** La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total de residuos sólidos no filtrables como sales y residuos orgánicos a través de una membrana con poros de 2.0 μm o más pequeños. Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas, este es el índice que muestra toda la materia sólida presente en una muestra de agua, en este indicador de la calidad del agua, se encuentran integrados todos los tipos de sólidos, como solidos sedimentados, solidos filtrables, etc. (Rojas, 2006, pág. 8)

2. Análisis químico

Por medio de este análisis se determina el contenido de sales minerales y materia orgánica, para compararlo contra los estándares y poder determinar su calidad, usos y cualquier proceso a que deba ser sometida. (Fion, 1996, pág. 15)

Los parámetros que se evalúan en Guatemala según la Norma técnica COGUANOR 29001 (2016, págs. 7, 8 y 9) son:

Características químicas del agua para consumo humano

A continuación, se presentan los parámetros químicos que la norma técnica mide en análisis de aguas:

CARACTERÍSTICAS	LMA	LMP
Cloro residual libre ^(a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl)	100,0	250,0
Dureza total (CaCO ₃)	100,0	500,0
Sulfato (SO ₄)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn)	3,0	70,0
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Magnesio (Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) ^(b)	0,3	----

(a)El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia.
(b)No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.

Características químicas del agua para consumo humano.

Fuente: Norma técnica COGUANOR 29001, 2016, pág. 7.

- **Cloro residual:** El cloro no es sólo un poderoso desinfectante, sino que también satisface otras necesidades en las plantas potabilizadoras de agua. Puede reaccionar con amoníaco, hierro, manganeso, sustancias proteicas, sulfuro y algunas sustancias productoras de sabores y olores mejorando las características del agua potabilizada. (Solorzano, 2005, pág. 9)
- **Cloro y cloruros:** El conjunto de cloro libre y cloro combinado se nombra como cloro residual total (TRC total residual chlorine). La medida de TRC se



considera suficiente para definir las toxicidades sobre los organismos acuáticos de agua dulce, ahora el ión cloruro se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente, generalmente en forma de cloruro sódico, potásico o cálcico, el gran inconveniente de los cloruros es el sabor desagradable que comunican al agua. Son también susceptibles de ocasionar una corrosión en las canalizaciones y en los depósitos, en particular para los elementos de acero inoxidable. (Microsfot, 2021, pág. 11)

- **Dureza:** La dureza representa una medida de la cantidad de metales alcalinotérreos en el agua, fundamentalmente Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) provenientes de la disolución de rocas y minerales que será tanto mayor cuanto más elevada sea la acidez del agua, es una medida, por tanto, del estado de mineralización del agua, la dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad, está siempre va a depender de ambos. (Ibague, 2021, párr. 19)
- **Sulfato:** Se puede encontrar presente en el agua natural en un amplio rango de concentraciones, generalmente en aguas provenientes de minas o efluentes industriales, estas contienen altas concentraciones de sulfato, debido a la oxidación de la pirita y el uso del ácido sulfúrico. La presencia en exceso de sulfatos en el agua de suministro público obra como purgante, es decir, que tiene efectos laxantes, además también tiene efectos corrosivos en los materiales que regularmente se utilizan en la fabricación de tuberías y piezas de equipo. (Solorzano, 2005, pág. 11)
- **Aluminio:** Las sales de aluminio se usan ampliamente como coagulante para el tratamiento del agua para reducir la materia orgánica, el color, turbidez y nivel de microorganismos. Este tipo de uso puede provocar un incremento en las concentraciones de aluminio del agua tratada. (Cassauce, 2016 párr. 2)
- **Calcio:** este elemento se encuentra en niveles diversos en las aguas. Contribuye a las propiedades de dureza del agua. (Tejada, 2011, pág. 20)



- **Zinc:** el zinc, especialmente en forma de metal, es relativamente no tóxico, sin embargo, puede reaccionar con otros materiales que se pueden encontrar en el agua como oxígeno o ácidos y pueden ser potencialmente peligrosos y tóxicos. (Metals, 2018, pág. 5)
- **Cobre:** las altas concentraciones de cobre pueden darle al agua un sabor metálico. Además, manchas de color azul verdoso en los artefactos de plomería y otras superficies que entran en contacto con el agua pueden indicar que existe corrosión o de que el cobre está siendo liberado dentro del agua. Como se ha mencionado anteriormente, los altos niveles de cobre también pueden causar efectos de salud adversos como intoxicaciones. (Lesikar, 1914, pág. 2)
- **Magnesio:** este elemento se encuentra normalmente en las aguas. Al igual que el calcio debe su control a que es precursor de la dureza del agua. (Tejada, 2011, pág. 21)
- **Manganeso:** en el agua de origen natural, con bastante regularidad, este elemento se encuentra presente junto al hierro y al igual es más bien un riesgo económico que un riesgo para la salud como causante de manchas, mal sabor o problemas estéticos en el uso del agua. (Tejada, 2011, pág. 21)
- **Hierro total:** el hierro es un nutriente esencial en la dieta humana y no posee ningún riesgo en la salud. En realidad, inadecuada cantidad de hierro puede producir anemia, una deficiencia en los componentes que transportan el oxígeno en la sangre. Sin embargo, altas concentraciones de hierro en el agua pueden causar problemas con sedimentos en tuberías, sabor metálico, y problemas estéticos por manchas rojas en accesorios y ropa. (Sigler, 2012 párr. 2).

3. Examen bacteriológico

Se refiere a la presencia de microorganismos patógenos de diferentes tipos: bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microorganismos llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas y animales. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. (MDP, 2019 párr. 7 y 8)

Las pruebas bacteriológicas se han diseñado de manera que sean muy sensibles y específicas para revelar cualquier contaminación de origen fecal o presencia de los gérmenes del grupo coliforme. (Fion, 1996, pág. 15)

Las tolerancias para estos parámetros dependen del tipo de aplicación que se le va a dar el agua. Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre. Su presencia en el agua indica contaminación fecal. (Solorzano, 2005, pág. 14).

Según la Norma técnica COGUANOR 29001 (2016, pág. 10) los parámetros medibles en Guatemala del agua para consumo humano son los siguientes:

Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua

Tabla de parámetros microbiológicos medibles en agua para consumo humano en Guatemala

MICROORGANISMOS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Agua para consumo directo Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 ml de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 ml de agua



Agua tratada en el sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100 ml de agua
--	--

Características microbiológicas del agua para consumo humano.

Fuente: Norma técnica COGUANOR 29001, 2016, pág. 10.

Coliformes totales

Las bacterias coliformes probablemente no causarán una enfermedad, sin embargo, estas bacterias son usadas como indicadores en pruebas de agua porque su presencia señala que hay organismos que pueden causar enfermedades (patógenos). La presencia de algunos tipos de bacterias coliformes en el agua señala la presencia de excremento o desechos de alcantarillas y usualmente causan enfermedades si se llegan a consumir esas aguas. (División de Salud Pública de Carolina del Norte 2009, pág. 1)

Los subgrupos de coliformes totales según la división de salud pública de Carolina del Norte (2009, pág. 1) son:

- a. **Bacterias coliformes fecales:** es un subgrupo de bacterias coliformes totales que se encuentran en grandes cantidades en los intestinos y excremento de los humanos y animales, su presencia indica que el agua está contaminada con excremento o desechos de alcantarillas y tiene potencial de causar enfermedades.
- b. **Escherichia coli:** es un subgrupo de bacterias fecales coliformes, algunas cepas de este tipo de bacterias se encuentran en grandes cantidades en los intestinos de las personas y animales de sangre caliente y tienden a causar enfermedades si se llega a consumir agua con presencia de estos organismos e indican un alto riesgo en la salud de las personas.

Otros parámetros (químicos y radiológicos) que la Norma técnica COGUANOR establece para evaluación del agua para consumo humano son:

4. Relación de las sustancias inorgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud:

Tabla de parámetros medibles en agua para consumo humano en Guatemala

Substancia	LMP (mg/L)
Arsenico (As)	0,010
Bario (Ba)	0,70
Boro (B)	0,30
Cadmio (Cd)	0,003
Cianuro (CN)	0,070
Cromo total (Cr)	0,050
Mercurio total (Hg)	0,001
Plomo (Pb)	0,010
Selenio (Se)	0,010
Nitrato (NO ₃ ⁻)	50,0
Nitrito (NO ₂ ⁻)	3,0

Características químicas del agua para consumo humano.

Fuente: Norma técnica COGUANOR 29001, 2016, pág. 7.

5. Sustancias plaguicidas cuya presencia en el agua es significativa para la salud:

Tabla de parámetros medibles en agua para consumo humano en Guatemala

Grupo	LMP (µg/L)
Compuestos organoclorados^(a)	
Aldrin y Dieldrin	0,03
Clordano	0,20
Clorotolurón	30,0
DDT y sus metabolitos	1,00
Endrin	0,60
Lindano	2,00
Metoxicloro	20,0
Pentaclofenol	9,0
Acidos fenoxi	
2,4-D	30,0
2,4-DB	90,0
2,4 5T	9,00
Mecoprop	10,0
Dicloroprop	100,0
MCPA	2,00
Fumigantes	
1,2-Dicloropropano	40,0
1,3-Dicloropropeno	20,0
DBCP (1,2-Dibromo-3-cloropropano)	1,00
Triazinas	
Atrazina	2,00
Simazina	2,00
Acetanilidas	
Ataclo	20,0

Metolaclo	10,0
Carbamatos	
Aldicab y sus metabolitos	10,0
Carbofuran	7,00
Isoproturon	9,00
Molinato	6,00
Pendimetalina	20,0
Amidas	
Di etil-hexil) ftalato	8,00
Trifluralín	20,00
Organofosfatos	
Cabofurán	7,00
Clorpirifós	30,00
dimetoato	6,00
^(a) Aunque algunas de estas sustancias ya no son permitidas se asignan los valores límite, debido a su persistencia ambiental.	

Características químicas del agua para consumo humano.

Fuente: Norma técnica COGUANOR 29001, 2016, pág. 8.

6. Sustancias orgánicas cuya presencia en el agua es significativa para la salud:

Tabla de parámetros medibles en agua para consumo humano en Guatemala

Compuesto	LMP (μ/L)
Acido edético (EDTA) ⁽⁴⁾	600,0
Acido nitrilo triacético	200,0
Benceno	10,0 ⁽¹⁾
Cloruro de vinilo	0,3, ⁽¹⁾
o-diclorobenceno	1000,0 ⁽²⁾
p-diclorobenceno	300,0 ⁽²⁾
1,2-dicloroetano	30,0 ⁽¹⁾
1,1-dicloroetano	30,0
1,2-dicloroetano	50,0
Cis-1,2-dicloroetileno	50,0
Trans-1,2-dicloroetileno	50,0
Diclorometano	20,0
1,2-dicloropropano	40,0 ⁽³⁾
Di(2etilhexil)ftalato	8,0
1,4-dioxano	50,0 ⁽¹⁾
Estireno	20,0 ⁽²⁾
Etilbenceno	300,0 ⁽²⁾
Hexaclorobutadieno	0,6
Pentaclorofenol	9,0 ^{(1) (3)}
Tetracloruro de carbono	4,0
Tetracloroetano	40,0
Tolueno	700,0 ⁽²⁾
Tricloroetano	20,0 ⁽³⁾
Xileno	500,0 ⁽²⁾

- (1) El valor de referencia de las sustancias que se consideran cancerígenas es la concentración en el agua asociada con un límite de riesgo adicional de cáncer durante toda la vida de 10^{-5} (un caso adicional de cáncer por cada 100,000 personas que ingieren agua de bebida con una concentración de la sustancia igual al valor de referencia durante 70 años). Las concentraciones asociadas con límites superiores estimados de riesgo adicional de cáncer de 10^{-4} y 10^{-6} pueden calcularse multiplicando y dividiendo, respectivamente, el valor de referencia por 10.
- (2) Concentraciones de la sustancia iguales o superiores al valor de referencia basado en criterios de salud pueden afectar la apariencia, gusto u olor del agua, dando lugar a reclamos por parte de los consumidores.
- (3) Valor de referencia provisional, dado que hay evidencia de que la sustancia es peligrosa, pero existe escasa información disponible relativa a sus efectos sobre la salud.
- (4) Aplica al ácido libre

Características químicas del agua para consumo humano.

Fuente: Norma técnica COGUANOR 29001, 2016, pág. 9.

7. Valores guía para los aspectos radiológicos en Guatemala:

A continuación se especifican en la siguiente tabla los aspectos radiológicos que deben evaluarse en el agua:

Características	Valor Máximo Aceptable	Observaciones
Radioactividad	0,10 Bq/L ⁽¹⁾	Si se sobrepasa el valor límite, es necesario un análisis más detallado de los radionúclidos.
Radioactividad beta total	1,0 Bq/L	

Valores radiológicos del agua para consumo humano.

Fuente: Norma técnica COGUANOR 29001, 2016, pág. 10.

8. Radionúclidos indicadores de radiación y sus valores guía en agua

A continuación se especifican los valores que indican presencia de radiación en el agua:

Radiación	Indicador	Limites
Alfa artificial	Americio 241	0,1 Bequerel/L
Beta artificial	Estroncio 90	1,0 Bequerel/L
Gamma artificial	Cesio 137	No definido

Indicadores de radiación en el agua para consumo humano.

Fuente: Norma técnica COGUANOR 29001, 2016, pág. 10.

Recordar que:

- Cada uno de los análisis se hace de diversas maneras y tienen costos diferentes.
- Que el tratamiento a efectuarse debe ser diferente y conforme a los elementos encontrados en los estudios y análisis de agua.
- Que los análisis deben realizarse mínimo una vez al año, así mismo, para ello debe buscarse el asesoramiento profesional adecuado.

VII. Almacenamiento domiciliar del agua para consumo

7.1. Usos adecuados del agua potable según Castañeda (2004, pág. 16)

Un sistema de agua potable es construido para beneficio de la comunidad y está diseñado únicamente para el uso y consumo humano, es decir, para que todas las familias tengan siempre agua, sin embargo, ésta se debe aprender a utilizar dentro de la casa, ya que, el uso doméstico del agua es considerado uno de los usos en donde más se desperdicia.



El uso doméstico adecuado del agua potable debe ser de la siguiente manera:

- a. beber y cocinar.
- b. Lavado de ropa, utensilios de cocina y limpieza de la casa.
- c. Lavado de manos, baño, cepillado de dientes, baño de todo el cuerpo.
- d. Lavado del inodoro o letrina.
- e. Dar de beber a los animales, como, por ejemplo; gallinas, perros, y caballos cuando no son más de dos.

7.2. Usos inadecuados del agua potable según Castañeda (2004, pág. 17)

a) El agua potable no es para el cultivo:

El agua potable no debe utilizarse en actividades relacionadas con la agricultura, como en el riego de parcelas, si lo hacemos, estamos privando de agua potable a otros sectores o familias quienes la necesitan para vivir, generalmente, el agua para cultivo debe provenir de los sistemas de irrigación, los cuales, son completamente diferentes al sistema de agua potable que abastece a la población.

b) El agua potable no es para el ganado:

El agua potable no debe utilizarse para dar de beber a grandes grupos de animales o al ganado, es decir, más de dos, ya que, los animales consumen más agua que las personas y eso puede limitar el uso del agua para consumo doméstico

c) El agua potable no es para la artesanía o la industria:

Otro uso inadecuado del agua potable de consumo doméstico, es la utilización de grandes cantidades de este líquido en la artesanía e industria, respecto a esto, el agua no debe utilizarse en la elaboración de materiales para vender que incluyan grandes cantidades.

7.3. Formas correctas e incorrectas de manejar el agua dentro de la casa

Forma correcta	Forma incorrecta
De “agarrar” el agua	
<ul style="list-style-type: none">○ Cerrar bien la llave del chorro después de utilizarlo.○ No amarrar trapos o nylon en la llave del chorro.○ No añadir objetos plásticos o de hule en la llave del chorro.○ Utilizar un vaso o recipiente limpio para tomar agua.	<ul style="list-style-type: none">○ Dejar abierta la llave del chorro.○ Amarrar nylon o trapos en la llave de chorro.○ Añadir pedazos de plástico, tubos de bicicleta, tubo o poliducto en la llave de chorro.○ Poner la mano en el chorro cuando estén llenando un recipiente.○ Tomar agua con la boca directamente en el chorro.

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tomar agua con las manos, especialmente los niños.
De almacenar el agua	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Lavar y mantener limpios los toneles, cubetas, tinajas y demás recipientes con los que se acarrea y guarda el agua. ○ Tapar los recipientes donde se guarda el agua, especialmente para tomar. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mantener sucios los recipientes con los que se acarrea o guarda el agua, tales como cántaros, tinajas, botes, toneles y palanganas. ○ No tener separado el agua para beber. ○ Mantener destapadas las ollas, apástes, cántaros, jarros y demás recipientes donde se guarda.

Formas correctas e incorrectas de manejar el agua potable en casa.

Fuente: Cruz Roja Nacional de Guatemala, 2002, pág. 26.

7.4. Limpieza y desinfección de los recipientes para almacenar el agua

El Centro para el control y la prevención de enfermedades (2020, párr. 8) nos indica que cuando se almacenará agua la forma más segura es usar recipientes de uso alimentario que ya se tengan en casa, ya que, se sabrá que no serán transmisores de sustancias tóxicas. También se pueden comprar recipientes de almacenamiento aprobados por la FDA (La Administración de Medicamentos y Alimentos) para uso alimentario en las tiendas de artículos para acampar o de excedentes militares, no es recomendable utilizar un recipiente que fue comprado en cualquier centro plástico, pues no se tendrá seguridad de si este no contiene materiales químicos o tóxicos que se desprenderán al momento de guardar el agua en ellos.

Ahora bien, si no puede usar un recipiente de uso alimentario para almacenar el agua, asegúrese de que el recipiente que elija:

- Tenga una tapa que pueda cerrarse bien.
- Esté hecho de materiales durables que no se puedan romper (es decir, no de vidrio).
- Tenga boca o cuello angosto, de ser posible, para que el agua se pueda verter.
- Que el recipiente utilizado no sea de plástico que se deforma al momento de verter agua caliente.

NOTA: no debe usar recipientes que se hayan usado previamente para almacenar sustancias químicas tóxicas, líquidas o sólidas (cloro, pesticidas, etc.)

Según el CDC (2020, párr. 10) los pasos para limpiar y desinfectar los recipientes



en donde se almacenará el agua para consumo a seguir son los siguiente:

1. Lavar los recipientes de almacenamiento y enjuáguelos bien con agua.
2. Agregar a los recipientes una solución hecha con 1 cucharadita de blanqueador con cloro líquido sin aroma de uso doméstico mezclada con 1 litro de agua, aquí es importante que se verifique el blanqueador contenga entre 5 % y 9 % de hipoclorito de sodio.
3. Tapar y agitar bien el recipiente asegurándose que la solución desinfectante entre en contacto con todas las superficies internas del recipiente.
4. Esperar al menos 30 segundos y vaciar la solución desinfectante del recipiente.
5. Dejar que el recipiente vacío y desinfectado se seque al aire antes de usarlo o bien se puede también enjuagar con agua limpia y segura, es decir, agua que ha sido tratada.
6. Llenar el recipiente desinfectado con el agua limpia y taparlo adecuadamente con una tapa que cierre bien.

Además de las formas correctas de almacenamiento y desinfección de los recipientes de agua debe tomarse en cuenta las maneras de sacar el agua de esos recipientes cuando esta vaya a consumirse, ya que, no importará guardarla adecuadamente si al momento de retirarla se contaminara por alguna mala práctica. Los consejos que el CDC nos brinda para esto son:

1. Si hace uso de un cucharón u otro utensilio, este debe estar debidamente limpio y desinfectado de la misma forma que los recipientes, ya que, con esto se evitará que el agua se contamine.
2. Cuando el agua se vaya a sacar del recipiente este no debe tocarse en el interior
3. Nunca debe tocarse el agua con las manos, ya que, aunque las lavemos estas pueden tener aun bacterias que transmitiremos al agua.

7.5. Otros aspectos importantes influyentes en la calidad de vida respecto al uso y manejo del agua.

a) Higiene ambiental



En el caso de la higiene ambiental, el concepto está vinculado a mantener las condiciones sanitarias del entorno para evitar que éste afecte la calidad del agua y asimismo la salud de las personas.

De manera más concreta se puede decir que la higiene ambiental ayudará a mantener el control para mejorar las condiciones medioambientales que nos rodean siendo estas básicas y necesarias para poder mantener una calidad de agua que permita una salud eficiente.

En gran medida todo ello depende de que los seres humanos empleen los controles necesarios y medidas sanitarias adecuadas para evitar contaminación del agua y con ello daños personales. (Unicef, 2010, pág. 49)

b) Higiene escolar en la comunidad

Se define como higiene escolar a la aplicación de los principios y preceptos de la higiene individual que son aprendidos en las escuelas e impartidos por todos aquellos profesionales en educación. Se dice que es en la institución educativa está la mejor posibilidad de crear una verdadera conciencia sanitaria para cuidar de los recursos naturales y enseñar el adecuado manejo del agua, es ahí, en donde corresponde a los profesionales impartir el aprendizaje que genere conductas positivas y se puedan extender por toda la comunidad. (Valencia, 2017, pág. 20)



VIII. Actividades de mantenimiento del sistema de agua entubada dentro de cantón Taracena.

Dentro del cantón Taracena se cuenta con un sistema de captación de agua por bombeo con pozo hacia un tanque de acciones flotantes o móviles, por lo tanto, antes de verificar el mantenimiento debe realizar una lista detallada de las acciones que se quieren desarrollar en cada componente del sistema para mantenerlo.

El Manual de Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable módulo 5 (2012, pág. 95) elaborado por la fundación Avina nos brinda un ejemplo de la lista que puede elaborarse para definir la acción a cada parte del sistema:

Elementos del sistema	Problemas	Soluciones
Fuente		
Captación		
Conducción		
Tanque de almacenamiento		
Red de distribución		
Medidor de cloro		



*Check list del sistema de agua potable a darle mantenimiento.
Fuente: MOMSAP, 2012, pág. 95.*

CARE-AVINA (2012, págs. 99 – 116) a través del Manual de Operación y Mantenimiento de sistemas de agua potable indica las acciones de tratamiento que deben realizarse al sistema de agua entubada dentro del cantón Taracena. Cabe destacar que el mantenimiento debe darse por partes, desglosadas de la siguiente manera:

8.1. Sistema de captación del agua

Como se indicó al inicio el sistema de captación del cantón Taracena es un sistema de bombeo con pozo por lo que las acciones a realizarse para el mantenimiento de este son las siguientes:

Frecuencia	Diaria
Actividades	Encendido y apagado de los equipos de bombeo según la programación establecida.
	Cebado de los equipos de bombeo, colocando agua para que no arranquen en seco.
Frecuencia	Mínimo una vez por cada año
Actividades	Mantenimiento de la bomba de extracción de agua del sistema
	Registro escrito de todas las actividades de mantenimiento realizadas en el año al sistema de captación.
	Informe al COCODE sobre daños o novedades del sistema

Acciones de mantenimiento de la captación de agua del sistema.

Fuente: MOMSAP, 2012, pág. 99.

8.2. Sistema de conducción del agua

Generalmente las tuberías de aducción y conducción presentan problemas comúnmente por rotura o debilitamiento de las tuberías cuando estas quedan expuestas al ambiente, especialmente si son de plástico en donde incluso pueden ser objeto de vandalismo o de roturas por realización de trabajos con maquinaria pesado, sin embargo, pueden presentar problemas también debido a obstrucciones por material que llega desde la captación cuando no hay desarenador, planta de tratamiento o filtros, por asentamiento o deslizamiento del suelo que soporta las tuberías e incluso porque estas tienen presencia de aire.

Las acciones de mantenimiento que deben darse al sistema de tuberías son:

Frecuencia	Diaria
Actividades	Revisar la tubería para detectar fugas y daños y repararla de inmediato.
	Verificar que las válvulas estén funcionando en forma adecuada. Si no es así, repárelas.
Frecuencia	Cada mes
Actividades	Revisar la colocación de los puntos de referencia del trazado de la tubería (indicadores o mojones), importantes para

	saber por dónde pasa enterrada la tubería; si no están, colóquelos nuevamente.
	Drenar las tuberías para eliminar sedimentos e incrustaciones que se hayan formado.
	Detectar y eliminar conexiones no autorizadas

Acciones de mantenimiento del sistema de conducción.

Fuente: MOMSAP, 2012, pág. 101.

NOTA:

Estas actividades deben ser realizadas principalmente en las horas de bajo consumo y procurando que el tanque esté con alto nivel, así como, deben actualizarse los planos de las tuberías de aducción, conducción y distribución, conforme a las reparaciones, cambios y ampliaciones que se realicen.

8.3. Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento es la parte fundamental que influye en la calidad del agua que se transporta hacia las viviendas, ya que, si este no cuenta con un mantenimiento adecuado puede ser el generador de que el agua se contamine, se ponga turbia o transmita enfermedades a la población. Las acciones que deben realizarse para dar mantenimiento al tanque son las siguientes:

Frecuencia	Diaria
Actividades	Revisar que las tapas o compuertas de las cámaras de válvulas estén bien cerradas y aseguradas.
	Observar si existen grietas, fugas y rajaduras para corregirlas.
	Revisar si el tanque contiene sedimentos.

	Proteger el agua del tanque de la entrada de agentes extraños, para ello, de instalarse tapas o compuertas, o bien, cambiar los empaques protectores.
Frecuencia	Cada dos semanas
Actividad	Limpiar los sedimentos manipulando la válvula de desagüe sin ingresar al tanque. En temporada de lluvias, realizar toda la actividad dependiendo del volumen de lodos acumulados. Materiales requeridos Cepillo, balde, manguera, botas, llaves.
Frecuencia	Cada mes
Actividades	Revisar si la escalera de acceso al tanque, verifique que las tuercas y los tornillos estén bien ajustados.
	Limpiar los sedimentos, para esto, debe ingresar al tanque para evaluar si requiere ser lavado.
	Revisar en el interior del tanque si existen grietas, fugas o desprendimientos de la pared.
Frecuencia	Cada año
Actividades	Pintar las escaleras de acceso al tanque.
	Retocar y pintar el tanque externamente.
	Dejar registro de todos los cambios hechos en el año en un informe administrativo.
Frecuencia	Cada dos años
Actividad	Recubrir las paredes interiores del tanque con mortero impermeabilizado.

Acciones de mantenimiento del tanque de almacenamiento de agua.

Fuente: MOMSAP, 2012, pág. 105.

Recuerde que: Antes de ingresar al tanque quite todas las tapas y déjelo abierto por lo menos durante una hora y por su seguridad siempre que ingresa al tanque otra persona debe quedar afuera pendiente de su actividad.

- **Desinfección y limpieza del tanque de almacenamiento**

Para realizar la operación de limpieza y desinfección del tanque de almacenamiento, debe seguirse el siguiente procedimiento:

1. Programar previamente la limpieza y avisar a los usuarios la suspensión del servicio.
2. Desocupar el tanque y limpiar los sedimentos acumulados.
3. Restregar las paredes y el piso del tanque con un cepillo de cerda gruesa o grata metálica, para eliminar la suciedad adherida. No usar detergente.
4. Enjuagar el tanque con suficiente agua.
5. Llenar el tanque con una mezcla de agua e hipoclorito de calcio con 70% en forma de cloro (solución madre), para que el resultado sea una concentración de 50 g/m³ de cloro en el agua de llenado.
6. Dejar actuar la mezcla durante un mínimo de 24 horas.
7. Vaciar el tanque totalmente y permitir el desalojo del agua en el alcantarillado si este existe.
8. Medir el cloro residual con el comparador o dispositivo de medición, si el cloro residual resulta inferior a 0,4mg/L repetir la operación, pero con la mitad del cloro utilizado en el paso número 5.

Ahora bien, ¿Cómo se reparan daños, si los hay?

A continuación, se presentan algunas recomendaciones generales para la reparación de algunos daños que pueden sucederle al sistema:

- a. Si es necesario suspender el servicio, se debe informar a los usuarios afectados.
- b. El operador u operadora deben tener siempre su caja de herramientas con todos los elementos necesarios, incluyendo algunos repuestos y accesorios menores, de uso frecuente en la reparación de daños.
- c. Todo daño reportado debe ser reparado en el menor tiempo posible.

- d. Se deben aislar y señalar los sitios de trabajo. Especialmente cuando las reparaciones se hacen en la calle.
- e. Dejar constancia escrita de la reparación en un informe siempre.

8.4. Sistema de distribución del agua

La red de distribución, es decir, las tuberías que llevarán el agua a la casa de cada uno de los usuarios del sistema es uno de los componentes del sistema al que se debe prestar mayor atención, pues, este debe funcionar en forma correcta para que el servicio sea prestado en las condiciones de calidad, cantidad, presión y continuidad requeridas a los usuarios.

Para que la eficiencia del sistema de distribución sea alta con el fin de regular la cantidad de agua que pasa por la tubería y distribuir el flujo para que no se presenten deficiencias en ningún sector de la población debe tenerse un horario de cierre y apertura de la bomba de conducción, así como, es necesario hacer toma de presiones en puntos altos, medios y bajos de la red.

NOTA: Tenga en cuenta que es recomendable que la presión mínima sea de 10 metros columna en los sitios más altos de la población y no mayor a 60 mts. en los puntos más bajos.

Las acciones de mantenimiento que deben realizarse al sistema de distribución son las siguientes:

Frecuencia	Diaria
Actividades	Comprobar si existen instalaciones clandestinas, ya sea por quejas o denuncias, por evidencias o rastros de su ejecución.
	Revisar y reparar fugas en todos los tramos para evitar el desperdicio de agua.
	Instruir a la comunidad para que informe oportunamente los daños o fugas



Frecuencia	Cada semana
Actividades	Verificar si el terreno está cediendo en la zona donde está instalada la tubería. En caso de presentarse esta situación es necesario excavar porque esto generalmente señala de que existe una posible fuga en la tubería.
	Observar si las uniones están corridas.
	Observar si hay humedad o encharcamiento sobre la zona de la tubería.
	Determinar si hay desplazamiento de la tubería por topografía quebrada.
	Verificar que el nivel del tanque de almacenamiento no baje en las horas de la noche, cuando no existe consumo en las viviendas, si esto sucede debe verificarse que no sea por causa de fugas en la red, desperdicio a nivel domiciliario o uso del agua para fines distintos del uso doméstico
Frecuencia	Cada quince días
Actividades	Abrir y cerrar las válvulas con unas pocas vueltas para evitar que se peguen, aquí se recomienda aplicar, si es necesario, unas gotas de aceite lubricante.
Frecuencia	Cada mes
Actividades	Lavar las tuberías para eliminar sedimentos que se hayan formado o acumulado. Para realizar esta actividad se deben abrir las válvulas de purga en la noche y en las horas de más bajo consumo. Si hay hidrantes, deje salir el agua por estos aparatos durante un rato.

Acciones de mantenimiento del sistema de distribución.

Fuente: MOMSAP, 2012, pág. 112.

8.5. Micromedidor o medidor estándar de cloro

El mantenimiento del medidor de cloro debe ser hecho por la empresa o persona que instaló el sistema, pues estos no tienen un mantenimiento estándar debido a que existen muchas marcas alrededor del mundo y cada empresa trabaja con la que mejor le va. Es por ello, que siempre un sistema de abastecimiento de agua potable debe estar bajo asesoramiento profesional.

IX. Marco Legislativo

9.1. Regulación para el agua y saneamiento en Guatemala

En Guatemala actualmente no se cuenta con una ley como tal que regule el uso y manejo del agua en el país, sin embargo, si se cuenta con artículos, códigos y normas técnicas que regulan su uso y especifican los parámetros que debe cumplir el agua para definirse como adecuada para consumo humano.

Según Tejeda (2011, págs. 11 a la 23) la guía de normas y estándares técnicos aplicados a agua y saneamiento son las siguientes:

○ **Constitución Política de la República de Guatemala**

Los instrumentos relacionados con agua y saneamiento parten de lo establecido en la Constitución Política, en su Capítulo II Sección Séptima (Salud, seguridad y asistencia social) son:

- Artículo 93. Derecho a la salud.
- Artículo 97. Medio ambiente y equilibrio ecológico.

El Artículo 97 refiere la prevención de la contaminación del ambiente, siendo una directriz para las normas sobre la utilización y aprovechamiento racional del agua, temas que también están contemplados constitucionalmente en el Capítulo II, Sección Décima:

- Artículo 127. Régimen de Aguas (enunciado anteriormente).
- Artículo 128. Aprovechamiento de aguas, lagos y ríos.

De la Constitución Política derivan la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente con base en el Artículo 97 y el Código de Salud que se fundamenta en el Artículo 93.

○ **Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente**

La Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto 68-86, contiene el fundamento para reglamentos relacionados con el manejo del agua: el



Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos, Acuerdo 236-2006, el Reglamento de vertidos para cuerpos receptores de la cuenca del lago de Atitlán, Acuerdo gubernativo 12-2011, y el Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios, Acuerdo gubernativo 509-2001. Algunos de los artículos de esta ley en relación a los aspectos de reglamentación mencionados son:

- Artículo 1.
- Artículo 5.
- Artículo 6. (Reformado por el Artículo 1 del Decreto legislativo 75-91).
- Artículo 10.
- del Capítulo II de la ley contempla lo relacionado al sistema hídrico:
- Artículo 15.

La ley también contiene, como se observa, un capítulo específico sobre el recurso hídrico en donde enuncia que el Gobierno debe velar por el mantenimiento de cantidades de agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, así como evaluar la calidad de las aguas y su aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas, el control y aprovechamiento de las aguas, el cuidado de las aguas, el fomento de la investigación y el análisis en aguas interiores litorales y oceánicas, la promoción de su uso integral, la investigación de fuentes de contaminación hídrica, la prevención, control y determinación de niveles de contaminación de ríos, lagos y mares en Guatemala.

○ **Código de Salud**

El Código de Salud, Decreto 90-97 establece:

- **Artículo 1.** Del Derecho a la Salud. Todos los habitantes de la República tienen derecho a la prevención, promoción, recuperación y rehabilitación de su salud, sin discriminación alguna.
- **Artículo 7.** Ley de observancia general. El presente Código es ley de observancia general, sin perjuicio de la aplicación de las normas especiales



de seguridad social. En caso de existir dudas sobre la aplicación de las leyes sanitarias, las de seguridad social y otras de igual jerarquía, deberá prevalecer el criterio de aplicación de la norma que más beneficie la salud de la población en general.

Igualmente, para los efectos de la interpretación de las mismas, sus reglamentos y de las demás, disposiciones dictadas para la promoción, prevención, recuperación y rehabilitación de la salud de la población, privará fundamentalmente el interés social.

Para agua de consumo humano, agua potable, agua envasada el Código de Salud, en la Sección II dispone lo relacionado con agua potable:

4. Artículo 78. Acceso y cobertura universal.
5. Artículo 79. Obligatoriedad de las municipalidades.
6. Artículo 80: Protección de las fuentes de agua.
7. Artículo 81. Declaración de utilidad pública.
8. Artículo 82. Fomento de la construcción de servicios.
9. Artículo 83. Dotación de agua en centros de trabajo.
10. Artículo 84. Tala de árboles.
11. Artículo 85. Organizaciones no gubernamentales/ONG.
12. Artículo 86. Normas.
13. Artículo 87. Purificación del agua.
14. Artículo 88. Certificado de calidad.
15. Artículo 89. Conexión de servicios.
16. Artículo 90. Agua contaminada.
17. Artículo 91. Suspensión del servicio.

Asimismo, en relación a la vigilancia y control del agua, el Acuerdo gubernativo 113-2009, dispone: Artículo 15. Norma para la calidad del agua. Para la vigilancia y control de la calidad del agua debe acatarse lo contenido en la Norma Guatemalteca Obligatoria de especificaciones COGUANOR NGO 29001.



○ Norma técnica COGUANOR NGO 29 001

La norma COGUANOR tiene como objeto establecer los valores de las características que definen la calidad del agua apta para consumo humano en la República de Guatemala. (Comisión Guatemalteca de Normas, 2016 pág. 4)

Actualmente se conocen que mediante los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos se determina la calidad del agua, estos a su vez, tienen asociados valores cualitativos y cuantitativos, que deben estar comprendidos entre los límites necesarios o tolerables para el consumo humano. En Guatemala han sido escritas todas estas normas y son publicadas por la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR, y las denomina Norma COGUANOR NGO 29001 y son especificaciones para agua de consumo humano. (Solorzano, 2005, pág. 17)

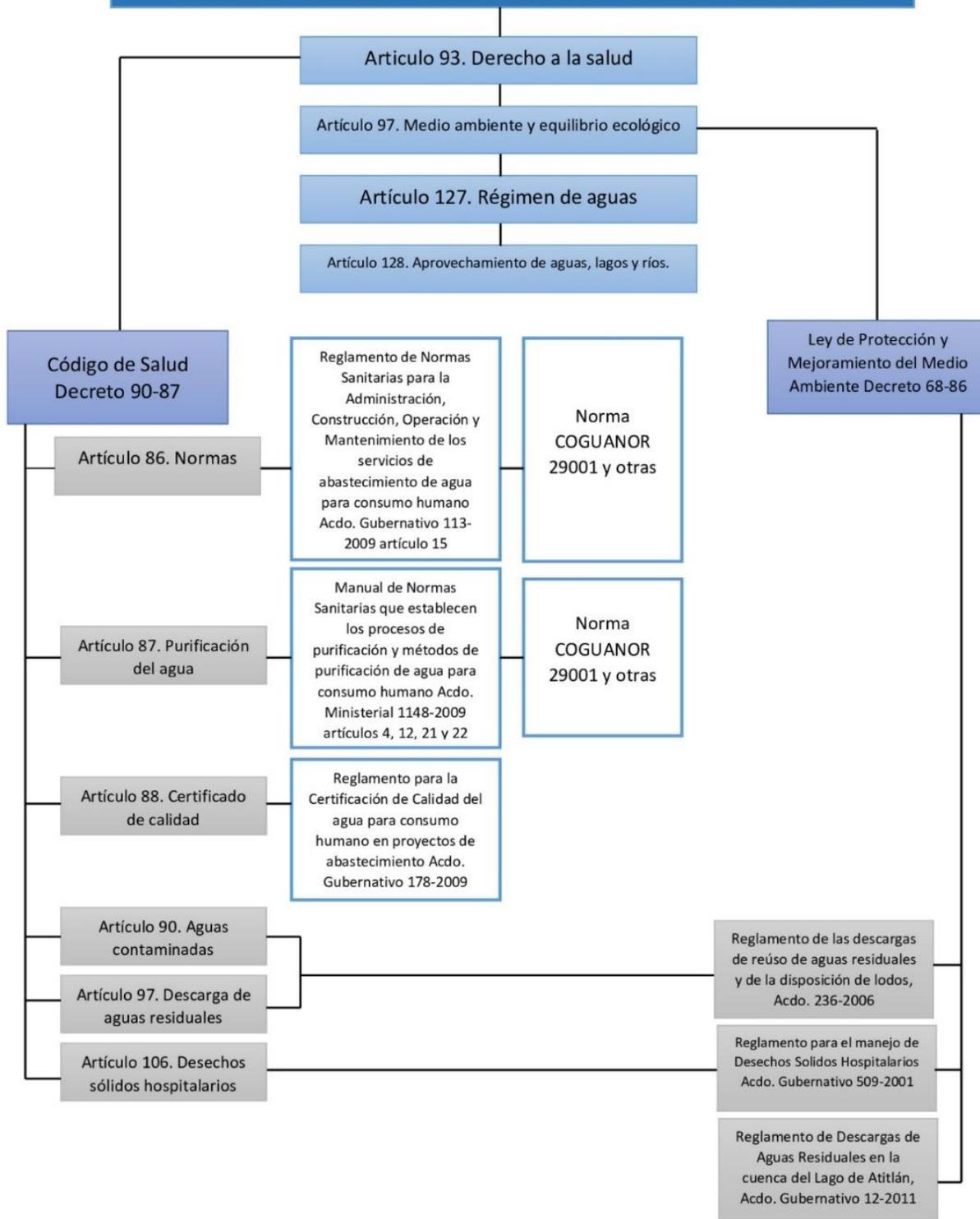
Existen dos valores que definen los límites máximos y permisibles aceptables para las concentraciones de sales y para los datos físicos como color, olor, turbiedad, color, etc.

- 1. Límite máximo aceptable (LMA):** es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual estas características son percibidas por los consumidores desde el punto de vista sensorial, pero sin que implique un daño a la salud del consumidor. (COGUANOR, 2016, pág. 5)
- 2. Límite máximo permisible (LMP):** el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba de la cual el agua no es adecuada para consumo humano. (COGUANOR, 2016, pág. 5)

A continuación se presenta de manera resumida todo lo expuesto anteriormente a través de un mapa conceptual:



CONSTITUCIÓN POLITICA DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA



Normativa de agua y saneamiento en Guatemala

Fuente: Tejeda, 2011, pág. 11.



X. Recomendaciones Finales

- a. A los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo, difundir la información contenida en este manual a todos los habitantes del cantón Taracena para ampliar los niveles de conocimiento sobre el uso y manejo del recurso hídrico, especialmente a las personas que no optaron por el servicio de agua entubada.
- b. Realizar los respectivos análisis de agua al sistema de agua entubada con un mínimo de una vez al año para mantener información actualizada de la calidad del agua entubada.
- c. Crear alianzas con el centro educativo del lugar para inculcar las buenas prácticas de higiene a todos los niños del cantón.
- d. Buscar asesoramiento profesional para la evaluación del sistema de agua entubado para definir e instalar su adecuado tratamiento.

XI. Referencias Bibliográficas

1. CDC, C. d. (4 de agosto de 2020). *Cómo crear y almacenar una reserva de agua* .Obtenido de <https://www.cdc.gov/healthywater/emergency/es/drinking/creating-storing-emergency-water-supply.html>
2. CLARIN. (2008). El agua y sus definiciones. pág. 22.
3. COGUANOR. (2016). *Comisión Guatemalteca de Normas 29001*. Guatemala.
4. Eagleton, N. (9 de octubre de 2017). *enfermedades infecciosas*. Obtenido de <https://baptisthealth.net/baptist-health-news/es/el-agua-estancada-proteja-su-familia-de-infecciones-y-otros-riesgos/>
5. Fion, H. A. (1996). *Seguridad industrial en una planta formuladora de productos químicos* . Guatemala .
6. FUNCAGUA. (2020). *Contaminación*. Obtenido de <https://funcagua.org.gt/contaminiacion/>
7. guatemalteca, c. r. (2002). *USO Y MANEJO DEL AGUA*. Guatemala.
8. Ibáñez, Á. R. (2020). *manual de educacion ambiental sobre el recurso hidrico en Guatemala* . Guatemala .
9. Internacional-Avina., C. (2012). *Manual de Operacion y Mantenimiento de sistemas de agua potable* . Ecuador .
10. Lesikar, B. J. (30 de junio de 1914). *Problemas del agua: el Cobre*. Obtenido de <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5472scopper.pdf>
11. Maria Castañeda, I. A. (2004). *Manual de Buenas Practicas de higiene en el uso y manejo del agua para consumo humano*.
12. Metals, T. (14 de agosto de 2018). *metal Zinc* . Obtenido de <https://www.teck.com/media/Zinc-Metal-Spanish-SDS.pdf>
13. Microsfot. (2021). *analisis de aguas* . Obtenido de https://www.upct.es/~minaeees/analisis_aguas.pdf
14. PNUMA. (2021). *Generalidades del agua*. Obtenido de http://www.cca.org.mx/ps/lideres/cursos/av_a/html/materiales/t1.pdf
15. Quiñonez, S. (2018). *Calidad del Agua Potable del casco urbano de Santo Domingo Suchitepequez*. Mazatenango.



16. Rojas, O. E. (septiembre de 2006). *Determinación de la calidad fisicoquímica del agua del Canal de Chiquimulilla en la Reserva Natural de Usos*. Obtenido de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/Q169.pdf>
17. Solorzano, R. (2005). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y USO INDUSTRIAL PROVENIENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO LA*. Guatemala .
18. Tejada, S. A. (2011). *GUÍA DE NORMAS Y ESTÁNDARES TÉCNICOS APLICADOS A AGUA Y*. Guatemala.
19. Unicef. (2010). *Manual de saneamiento básico para maestros y maestras de Educación Primaria* .
20. Valencia, D. (2017). *Propuesta para el uso sostenible del agua* . Guatemala.



XII. Anexos

12.1. Anexo 1. Trifoliar entregado a habitantes del cantón Taracena

○ Parte externa



Tratamiento del agua para Consumo Humano

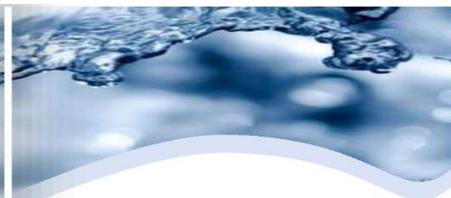
Para que el agua sea sanitariamente segura al momento de consumirse esta debe estar libre de sustancias nocivas a la salud humana, es por ello, que debe permanecer o ser extraída por sistemas de abastecimiento sanitariamente seguros, y en el caso de tratarse de pozos subterráneos o algún otro sistema no mecánico, este debe tener medidas de seguridad ambiental para evitar la contaminación del agua que se consume.



Desinfección del agua en pozos profundos

La desinfección del agua en pozos profundos se puede llevar a cabo mediante dispensores de cloro caseros, es decir, dispensores elaborados por uno mismo. Para su elaboración se realiza lo siguiente:

- A una botella de un litro, se le agregan capas iguales de grava fina, arena y cloro.
- En la parte inferior del recipiente, se hace un agujero.
- Luego utilizando una cuerda o mecate de nylon el dispensador se amarra al armazón de la caseta del pozo, de manera que este se ubique en un punto central de la masa de agua y así a través del agujero el agua poco a poco va entrando en el dispensador y cuando éste se llena la solución de cloro se disuelve y sale lentamente, clorando así el agua dentro del pozo.



TRATAMIENTO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

○ **Parte interna**

Tratamientos a nivel domestico

Hervido

Es una forma efectiva para matar los microbios y consiste en calentar el agua hasta que hierva durante 20 minutos o bien hasta que alcance su punto de ebullición, También para que esta no sufra más contaminación debe de mantenerse siempre tapada.

Cloración

En este método se agrega cloro al agua en forma de sales de hipoclorito, ya que, el cloro es un elemento químico que está considerado un desinfectante ideal, pero este debe hacerese adecuadamente, ya que, si no puede llegar a ser mortal.

NOTA: los tratamientos mencionados anteriormente se realizan en aguas que presentan contaminantes bacteriológico o turbiedad por solidos totales, debe resaltarse

Técnicas de cloración

Preparación y uso de la solución madre al 1%, el cloro se encuentra en los centros distribuidores o casa comerciales especializadas en el ramo con el nombre de Hipoclorito de calcio o Cloro granulado al 70%, pero para usarlo tenemos que disolverlo preparando la solución madre al 1% dando los siguientes pasos:

- Utilice un litro de agua limpia, que es igual a la cantidad de 4 vasos de tamaño normal.
- Agregue una cucharada del cloro.
- Agite esta solución durante 15 segundos.
- Déjela reposar por 20 minutos para que se asiente.
- Rotúlela.
- Guárdela fuera del alcance de los niños y en un lugar oscuro y seguro, cada vez que la use.

¿Entonces, cuánto de esta solución que hemos preparado, vamos a usar para desinfectar el agua?

Todo dependerá de la cantidad de agua que hay en el recipiente, cubeta o tanque que deseamos clorar. El siguiente cuadro nos brinda la información exacta de cuanto debemos usar:

Cantidad de agua	Cantidad de solución madre
50 litros	Media cucharada
100 litros	1 cucharada
200 litros	2 cucharadas
300 litros	3 cucharadas
500 litros	5 cucharadas



Centro Universitario De Suroccidente
Ingenieria En Gestión Ambiental Local
Cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez
2021

Mazatenango, Suchitepéquez 16 de octubre de 2021

Señores
Honorable Consejo Directivo
Centro Universitario de Suroccidente
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables señores:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración el Trabajo de Graduación titulado: "Evaluación del sistema de agua entubada y pozos artesanales en el cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez".

Esperando que el trabajo de graduación merezca su aprobación, me suscribo de ustedes,

Atentamente,



Liza Fernanda Samayoa Boteo

Estudiante IGAL

Carnet: 201443816



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Mazatenango, Suchitepéquez, 29 de octubre de 2021.

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC

Respetable Maestra Pérez:

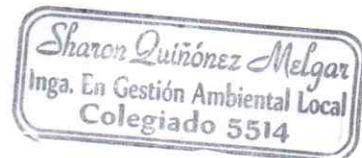
Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el Informe Final de Investigación Inferencial titulado **“Evaluación del sistema de agua entubada y de pozos artesanales en el cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez”**, realizado por la estudiante Liza Fernanda Samayoa Boteo, quien se identifica con número de carné 201443816, dentro del programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local –EPSIGAL-.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo 6, inciso 6.4 del Normativo de Trabajo de Graduación, pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado como **Trabajo de Graduación**, para la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local

Sin otro en particular, con mis más altas muestras de estima y respeto.

Atentamente,

MSc. Sharon Ivelisse Frisselene Quiñónez Melgar
Supervisora EPSIGAL
CUNSUROC



Mazatenango 23 de noviembre, 2021

Lic. Luis Carlos Muñoz López
Director
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado **"Evaluación del sistema de agua entubada y de pozos artesanales en el cantón Taracena, Santo Domingo Suchitepéquez, Suchitepéquez"**, del estudiante **Liza Fernanda Samayoa Boteo** carné número **201443816**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por el revisor del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular


MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-02-2022

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el dieciocho de febrero de dos mil veintidós_____

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA ENTUBADA Y POZOS ARTESANALES EN EL CANTÓN TARACENA, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, SUCHITEPÉQUEZ”** de la estudiante: **Liza Fernanda Samayoa Boteo**, Carné 201443816. CUI: 2728 25697 1001 de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.A. Luis Carlos Muñoz López
Director



/gris