

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



“MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO COMO ESTRATEGIA PARA LA
APLICACIÓN DE LA NORMATIVA TÉCNICA-LEGAL EN
ALDEA SANTO DOMINGO EL ROSARIO, EL TEJAR,
CHIMALTENANGO”

Trabajo de graduación presentado por
Marco Danilo De León Morales
para optar el grado académico de
Licenciado en Ingeniería en Tecnología Agroforestal

Guatemala,

2020

**“MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO COMO ESTRATEGIA PARA LA
APLICACIÓN DE LA NORMATIVA TÉCNICA-LEGAL EN
ALDEA SANTO DOMINGO EL ROSARIO, EL TEJAR,
CHIMALTENANGO”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



“MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA
CONSUMO HUMANO COMO ESTRATEGIA PARA LA
APLICACIÓN DE LA NORMATIVA TÉCNICA-LEGAL EN
ALDEA SANTO DOMINGO EL ROSARIO, EL TEJAR,
CHIMALTENANGO”

Trabajo de graduación presentado por
Marco Danilo De León Morales
para optar el grado académico de
Licenciado en Ingeniería en Tecnología Agroforestal

Guatemala,

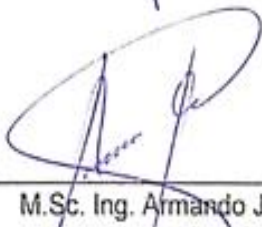
2020

Vo. Bo.

(f) 
Ing. Agr. Lauro Landelino Portillo De León

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Agr. Lauro Landelino Portillo De León

(f) 
M.Sc. Ing. Armando José Cutz Tax

(f) 
M.Sc. Ing. Juan Carlos Bocel Chiroy

Fecha de aprobación: Guatemala, 28 de septiembre de 2020

PREFACIO

Para la realización de este estudio denominado, *Monitoreo de la calidad de agua para consumo humano como estrategia para la aplicación de la normativa técnica-legal en Aldea Santo Domingo el Rosario, El Tejar, Chimaltenango*, se buscó generar un aporte significativo en cuanto a la situación actual de la comunidad y la región compartiendo la información y resultados obtenidos a las autoridades locales y personas interesadas como parte de un esfuerzo de servicios ambientales, para la oportuna toma de decisiones por medio de información científica y social actualizada en beneficio de la población; y así enfrentar los nuevos desafíos en materia del agua y medio ambiente que cada día generan más preocupación a raíz de su rápido deterioro, producto del cambio climático y malas gestiones de los gobiernos. La globalización y una población en aumento lleva a las personas y autoridades a buscar la explotación de los recursos naturales para suplir las necesidades básicas de la población y la economía, generando esto a su vez, prácticas o gestiones inadecuadas empañadas por diversas razones como la corrupción, desconocimientos o visión ambiental integral que al final terminan afectando y mermando a los recursos naturales y por ende a la población más vulnerable.

La principal limitación encontrada durante la realización del estudio fue la conflictividad de los vecinos de la comunidad a raíz de la misma escasez o limitación del recurso hídrico producto de una mala gestión ambiental que afecta la zona, ellos suelen ser celosos de sus recursos por lo que a veces que optan por esos comportamientos. Fue necesario en todo momento estar debidamente identificado con el carné de la Universidad y estar acompañado por un representante local o bien del área de salud para así evitar malentendidos de los vecinos al ingresar a los nacimientos y sistemas de agua. Algunas veces no podían acompañarme y debía ingresar bajo mi cuenta y riesgo, así también por el precedente de inseguridad y delincuencia que afecta la zona dado que es relativamente solitaria. Sin embargo, todo marchó de la mejor manera para la finalización del trabajo gracias al apoyo y respuesta positiva de las autoridades locales y los vecinos que al final se mostraron dispuestos a cooperar y formar parte de este estudio.

Así mismo, extiendo mi agradecimiento a Brandon Figueroa, inspector del área de salud de El Tejar, Chimaltenango por todo su tiempo y apoyo brindado para el seguimiento en el trabajo de campo. A mi director de la carrera, el Ingeniero Armando Cutz, por todo su apoyo a lo largo de todo el ciclo de estudios en la carrera. A mi asesor, el Ingeniero Lauro Portillo, por su apoyo en el desarrollo de la investigación. A la Licenciada Irma Socop por su valioso apoyo brindado. Por último, a mi familia que estuvo presente en todo momento con su apoyo incondicional sin importar las circunstancias. Siempre estaré infinitamente agradecido.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PREFACIO	iv
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
A. Objetivo general.....	2
B. Objetivos específicos	2
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	5
A. EL AGUA COMO DERECHO HUMANO	5
B. SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN GUATEMALA	6
C. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DEL AGUA EN GUATEMALA	8
1. Antecedentes	8
2. Legislación existente.....	9
3. COGUANOR NGT 29001.....	10
4. ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006	12
D. INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL MANEJO DEL AGUA	13
1. Municipalidad de El Tejar, Chimaltenango	13
2. Centro de Salud de El Tejar, Chimaltenango.....	13
E. CICLO HIDROLÓGICO.....	14
F. CUENCAS HIDROGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS	18
G. CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	22
V. METODOLOGÍA	23
A. MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO EN EL DESARROLLO DEL ESTUDIO	23
B. MARCO METODOLÓGICO.....	24
1. FASE I. CONTROL Y MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA	24
a. Análisis del aprovechamiento y usos del agua por parte de la población	24
b. Toma de muestras de agua.....	26
c. Métodos utilizados para análisis de especificaciones microbiológicas y fisicoquímicas	29
d. Programa de análisis utilizado	28
2. FASE II: RIESGOS SANITARIOS DEL SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	30
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
A. AGUA PARA CONSUMO HUMANO	31

1.	Servicio de agua en el hogar	31
B.	AGUAS RESIDUALES	46
C.	MEDICIÓN DE CAUDALES	54
1.	Tanque de almacenamiento sistema No. 1	54
2.	Tanque de captación sistema No. 2.....	55
3.	Aguas residuales	60
E.	ANÁLISIS DE RIESGOS SANITARIOS Y AMBIENTALES PARA LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN ALDEA SANTO DOMINGO EL ROSARIO, EL TEJAR CHIMALTENANGO	62
1.	La infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable.....	62
2.	Monitoreo de posibles focos de contaminación.....	63
3.	Monitoreo de la actividad agropecuaria en el área.....	65
4.	Análisis de la cobertura vegetal	65
5.	Análisis de potenciales riesgos geológicos del lugar	65
VII.	CONCLUSIONES	66
VIII.	RECOMENDACIONES.....	67
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
X.	ANEXOS	70
A.	PROPUESTA DE MANEJO PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN ALDEA SANTO DOMINGO EL ROSARIO, EL TEJAR CHIMALTENANGO	70
1.	Sistema de cloración de agua en tanques de almacenamiento (Sistemas No. 1 y No. 2) 70	
2.	Implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) para combatir la deforestación de las zonas aledañas a los nacimientos de agua.....	79
a.	Situación actual.....	80
3.	Textos sugeridos	82
B.	CUESTIONARIO DIRIGIDO A VECINOS DE ALDEA SANTO DOMINGO EL ROSARIO, EL TEJAR, CHIMALTENANGO	84
C.	FOTOGRAFÍAS FASE DE CAMPO.....	87
D.	MAPAS DE GEOPOSICIONAMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	95
E.	MAPAS ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE.....	97
F.	RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO	99
XI.	GLOSARIO	103
	SIGLAS	107

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Frecuencias mínimas de la toma de muestras y análisis del agua para consumo humano en sistemas de distribución	11
Cuadro 2 Procesos del ciclo hidrológico.....	16
Cuadro 3. Muestreo simple aleatorio para un tamaño de población finito y conocido.....	24
Cuadro 4. Métodos aplicados por parámetro finito y conocido.....	29
Cuadro 5. Límites para el método de los tubos múltiples de fermentación, grupo coliforme	28
Cuadro 6. Enfermedades transmitidas por consumo de agua contaminada	39
Cuadro 7. Tiempos de aforo en tuberías de alimentación sistema No. 1	54
Cuadro 8. Cálculo de caudal	54
Cuadro 9. Caudal sistema No. 1.....	55
Cuadro 10. Tiempos de aforo en tuberías de alimentación sistema No. 2	55
Cuadro 11. Caudal sistema No. 2.....	55
Cuadro 12. Cálculo para la determinación de dotación actual de agua.....	56
Cuadro 13. Análisis fisicoquímico Tanque Aldea Santo Domingo (Sistema No.1).....	57
Cuadro 14. Análisis fisicoquímico Colonia Ingeniero Aldea Santo Domingo (Sistema No. 2)	58
Cuadro 15. Análisis microbiológico sistema No. 1 y sistema No. 2.....	59
Cuadro 16. Límites máximos permisibles en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de descarga de aguas residuales al alcantarillado público	60
Cuadro 17. Análisis fisicoquímico aguas residuales Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango	61
Cuadro 18. Análisis microbiológico sistema No. 1 y sistema No. 2.....	61
Cuadro 19. Riesgos identificados	62
Cuadro 20. Riesgos identificados	63
Cuadro 21. Riesgos encontrados.....	65
Cuadro 22. Riesgos encontrados.....	65
Cuadro 23. Riesgos encontrados.....	65
Cuadro 24. Ficha de registro de cloración del agua en tanques de captación sistemas No. 1 y No. 2	75

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Servicio de agua en el hogar	31
Gráfica 2. Número de personas que vienen en el hogar.....	32
Gráfica 3. Disponibilidad del servicio de agua en el hogar	33
Gráfica 4. Definición de agua potable	34
Gráfica 5. Agua que se consume.....	35
Gráfica 6. Características del agua que consume.....	36
Gráfica 7. Calidad del agua en temporada de lluvias.....	37
Gráfica 8. Acciones que realiza para tratar el agua que consume.....	38
Gráfica 9. Enfermedades por consumo de agua contaminada	39
Gráfica 10. Visitas del área de salud a los hogares	40
Gráfica 11. Mantenimiento a la red de abastecimiento de agua	41
Gráfica 12. Cloración del agua en la red de distribución	42
Gráfica 13. Principales usos que se da al agua	43
Gráfica 14. Acciones para cuidar el agua	44
Gráfica 15. Pago del servicio de agua.....	45
Gráfica 16. Disposición de artículos para aseo personal	46
Gráfica 17. Drenajes de aguas servidas	47
Gráfica 18. Descarga de las aguas servidas	48
Gráfica 19. Tratamiento a las aguas servidas.....	49
Gráfica 20: Aguas pluviales en el hogar	50
Gráfica 21. Daño ambiental generado por descarga de aguas residuales	51
Gráfica 22. Pago tratamiento de aguas residuales.....	52
Gráfica 23. Cuota a pagar	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Acceso a fuentes de abastecimiento de agua potable.....	7
Ilustración 2. Representación del ciclo hidrológico.....	14
Ilustración 3. Representación del sistema climático	16
Ilustración 4. Representación de parteaguas	19
Ilustración 5. Representación de cuenca hidrológica e hidrográfica.....	19
Ilustración 6. Partes de una cuenca	20
Ilustración 7. Pila pública Aldea Santo Domingo, El Rosario, El Tejar, Chimaltenango.....	63
Ilustración 8. Puntos de captación de captación de agua para pilas públicas.....	64
Ilustración 9. Agua estancada en el área habitada de la aldea	64
Ilustración 10. Granjas avícolas cercanas a nacimientos y puntos de almacenamiento de agua ...	65
Ilustración 11. Tanque de cloración sistema No. 1	71
Ilustración 12. Llave de regulación de solución de cloración sistema No. 1	72
Ilustración 13. Tanque de cloración artesanal sistema No. 2.....	72
Ilustración 14. Llave de regulación de solución de cloración sistema No. 2.....	73
Ilustración 15. Medidor utilizado para determinar concentración de Cl ⁻ y pH de la solución de hipoclorito de calcio.....	73
Ilustración 16. Ubicaciones recomendadas para hipoclorador.....	76
Ilustración 17. Esquema de funcionamiento de un hipoclorador por goteo.....	77
Ilustración 18. Filtración en múltiples etapas (FiME)	78
Ilustración 19. Diagrama de filtro en múltiples etapas	78
Ilustración 20. Zonas deforestadas cercanas a los nacimientos de agua	81
Ilustración 21. Ilustración de sistema agroforestal.....	82
Ilustración 22. Visita y reconocimiento de nacimientos de agua en Aldea Santo Domingo El Rosario	87
Ilustración 23. Manantiales naturales que abastecen los sistemas de agua para consumo humano en las montañas de Aldea Santo Domingo El Rosario	87
Ilustración 24. Tanque de almacenamiento y distribución de agua para consumo humano en Aldea Santo Domingo El Rosario	88
Ilustración 25. Acompañamiento por parte del Área de Salud del municipio de El Tejar, Chimaltenango en el área de investigación.....	88
Ilustración 26. Contaminación observada en afluente principal de Aldea Santo Domingo El Rosario	89

Ilustración 30. Proceso de toma de muestras de agua en grifo público llena cántaros para análisis microbiológico en acompañamiento del señor German Martínez, fontanero de los sistemas de agua de la comunidad	91
Ilustración 31. Proceso de toma de muestras de agua para análisis fisicoquímico en grifo domiciliario	91
Ilustración 32. Rotulación y preparación de muestras de agua para análisis fisicoquímico previo a su envío al laboratorio.....	92
Ilustración 33. Muestras de agua en cadena de frío listas para su envío al laboratorio	92
Ilustración 34. Medición con potenciómetro (Hanna Instruments Combo pH & ORP HI 98121) para los parámetros <i>in situ</i> (temperatura y pH) del agua en puntos de muestreo.....	93
Ilustración 35. Medición de caudal en tanque de almacenamiento y distribución de agua de Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango.	93
Ilustración 36. Acompañamiento y apoyo en campo por parte de Brandon Figueroa, inspector de saneamiento ambiental designado en el distrito del área de salud de El Tejar, Chimaltenango	94
Ilustración 37. Vista de Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango, Guatemala.	94
Ilustración 38. Mapa del municipio de El Tejar, Chimaltenango.	95
Ilustración 39. Mapa de Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango.....	95
Ilustración 40. Mapa de tanques de almacenamiento de agua para consumo humano	96
Ilustración 41. Mapa de Punto de descarga de aguas residuales (INEBOI).....	96
Ilustración 42. Mapa de zonas de vida de Guatemala basado en el método de clasificación según Holdridge	97
Ilustración 43. Distribución espacial del bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT)	98
Ilustración 44. Análisis fisicoquímico Tanque Aldea Santo Domingo (Sistema No. 1).....	99
Ilustración 45. Análisis fisicoquímico Colonia Ingeniero (Sistema No. 2)	100
Ilustración 46. Análisis microbiológico sistema No. 1 y sistema No. 2	100
Ilustración 47. Análisis fisicoquímico aguas residuales Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango	101
Ilustración 48. Análisis microbiológico aguas residuales Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango.....	102

RESUMEN

Este estudio surgió por la necesidad de mejorar y preservar los recursos naturales locales, específicamente, el recurso hídrico en la Aldea Santo Domingo El Rosario, de El Tejar, debido a un manejo deficiente de dicho recurso que ha tenido repercusiones negativas en la salud de la población, así como problemas medioambientales. Por eso se planteó la evaluación del estado actual de los sistemas de abastecimiento de agua para identificar potenciales riesgos y finalmente presentar una propuesta de mejoramiento del manejo del agua en la comunidad. El estudio analiza la información recopilada en campo; utilizando como instrumento un cuestionario presentado a la población local mediante un modelo estadístico conocido para así obtener resultados más representativos de la situación social y ambiental en la actualidad, referente al tema del agua. Así mismo, fueron realizados muestreos de agua y análisis fisicoquímicos y microbiológicos en el Laboratorio Nacional de Salud (LNS) para los dos sistemas principales de abastecimiento que posee la comunidad, como también la realización de un muestreo de aguas residuales en el punto de descarga principal para evaluar su situación actual. Se determinó que el agua para consumo humano en la comunidad efectivamente cumple con las Normativas Técnicas y Legales vigentes; sin embargo, se identificaron riesgos y puntos de control que pueden ser sometidos a mejoras propuestas en el presente documento. Se espera que la información proporcionada en la investigación sea de utilidad para una mejor calidad de vida de los pobladores y para tomar decisiones acertadas en proyectos de mejora en el futuro.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades afectando así el derecho básico a la salud de los pobladores al no tomar las medidas adecuadas de prevención. La finalidad e importancia de este estudio radica en que la comunidad debe contar con una buena calidad y cantidad de agua (80lt / hab / día) como un derecho básico para el bienestar y desarrollo humano y, que, a su vez no se descargue agua excesivamente contaminada a los ríos o cuerpos receptores finales, protegiendo así el ambiente.

Bajo esta finalidad se busca evaluar las condiciones del manejo y situación actual del agua en las principales fuentes hídricas de Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango. Para ello el trabajo se basa en la normativa técnica vigente de La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) específicamente la norma COGUANOR NTG 29001, Agua para consumo humano (agua potable). Así también someter a análisis bacteriológicos y fisicoquímicos las aguas residuales generadas en la comunidad y verificar los parámetros establecidos en el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 “REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS”. Se presentan las metodologías utilizadas para este fin del estudio y su importancia en la generación de información puntual que fortalezca a las instituciones encargadas de vigilar y hacer cumplir estos procesos.

Se constató que efectivamente los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y las aguas residuales generadas si se encuentran dentro de los límites permisibles actualmente mediante los parámetros de las normativas técnicas y legales del país. Sin embargo, si existen riesgos sanitarios que fueron identificados en los sistemas, los cuales se pueden mitigar por medio de recomendaciones y estrategias para mejorar la gestión del agua en una propuesta de manejo y mejoramiento del recurso hídrico para la comunidad, la cual se presenta al final de esta investigación, cumpliendo así la normativa legal vigente en el país.

II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

A. Objetivo general

Evaluar la calidad del recurso hídrico en los sistemas de abastecimiento de agua en la comunidad de Santo Domingo El Rosario, El Tejar, apegado a la normativa técnica-legal vigente en Guatemala.

B. Objetivos específicos

1. Proponer un modelo de proyecto integral sobre el manejo y uso del agua que va desde su aprovechamiento hasta su desecho final a los cuerpos receptores
2. Identificar los riesgos sanitarios en los sistemas de agua para consumo humano.
3. Elaborar una propuesta de manejo para mejoramiento del recurso hídrico en aldea Santo Domingo el Rosario El Tejar Chimaltenango.

III. JUSTIFICACIÓN

En los países latinoamericanos escasamente existen leyes, regulaciones, controles y mecanismos institucionales y financieros eficaces para la administración y manejo del agua. El resultado es la existencia de un débil sistema para medición, administración y control del recurso hídrico (IARNA 2002). Estas variables definen la disponibilidad y calidad del recurso hídrico para la población.

En nuestro país según SEGEPLAN (2011), la cobertura de agua potable ha mejorado durante los últimos años, hasta llegar al 78.7% de la población -dato oficial del año 2006, pero no hay estadísticas sobre la calidad de los servicios, la que se estima en general baja. Por tal motivo el estudio busca generar información puntual y medible sobre la calidad de agua que se maneja en la comunidad fortaleciendo así las bases informativas nacionales en el tema para su posterior uso y toma de decisiones.

Diferentes estudios han mostrado el alto nivel de contaminación de las aguas a nivel nacional. En 1999, un análisis sobre presencia de 37 productos químicos utilizados en la agricultura, en diferentes cursos de agua reporta que el 30% de los cuerpos de agua evaluados estaban por encima de los límites que permiten las normas internacionales. Se estima que el 80% del agua de consumo doméstico de las poblaciones urbanas de más de 2,000 habitantes, regresa contaminada a los ríos y cuerpos receptores, esto implica un volumen de 6 m³/seg. de agua contaminada descargando a los diferentes cuerpos de agua (CONAGUA 2006).

Por esta razón se buscó generar conciencia mediante estrategias que minimicen los efectos del mal manejo de los recursos hídricos, que, a su vez tienen graves implicaciones sobre la salud humana y los ecosistemas naturales.

Finalmente se buscó promover que en el futuro los proyectos de agua deben ser vistos desde su fuente de captación, utilización y tratamiento previo a descargar en cualquier cuerpo receptor cumpliendo con las normas legales y eliminando un impacto significativo al ambiente.

La información generada y adaptada al área de trabajo puede ser consultada por organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que desarrollan proyectos de este tipo, estudiantes del área agrícola-ambiental, profesionales en campo y grupos organizados locales que así lo requieran.

IV. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

A. EL AGUA COMO DERECHO HUMANO

El 28 de julio de 2010, a través de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. La Resolución exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, a proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos. (Iagua, s.f.).

Al analizar esta resolución se deja ver la importancia que adquiere el derecho vital de todas las personas al agua limpia y accesible para desarrollar todas sus actividades fundamentales. Es necesario entender que el agua y los sistemas de saneamiento están estrechamente vinculados, ambos son vitales para contrarrestar el avance de las enfermedades y también para mejorar aspectos como la productividad, educación, salud y seguridad alimentaria de las naciones.

El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía y la producción de alimentos, los ecosistemas saludables y para la supervivencia misma de los seres humanos. El agua también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es el vínculo crucial entre la sociedad y el medioambiente. (ONU, s.f.)

Pero no basta únicamente con disponer de agua, sino que esta debe también reunir una serie de requisitos mínimos que garanticen la calidad y que sea físicamente asequible y accesible a todas las personas sin discriminación alguna. Estos requisitos se detallan a continuación, según la Agencia de la ONU para los Refugiados.

- **El abastecimiento de agua debe ser suficiente**, es decir, la cantidad de agua por persona debe ser la necesaria para cubrir las necesidades de uso personal y doméstico: higiene personal, lavado de ropa, cocinar, limpieza del hogar, etc.
- **El agua debe ser saludable y estar libre de contaminación**, productos químicos o sustancias peligrosas para la vida humana. Según la OMS, al menos 2.000 millones de personas en el mundo se abastecen de fuentes de agua potable contaminada por heces.
- **El agua debe tener un color y un sabor aceptables**, tanto para el uso personal como para el uso doméstico.

- **El agua debe ser fácilmente accesible.** La accesibilidad quiere decir que el agua debe estar cerca del hogar, de los centros de formación, del trabajo o de los centros de salud, de forma que el tiempo para recogerla no debe ser superior a 30 minutos. Según datos de otras organizaciones la distancia media que recorren las mujeres en África y Asia para ir a buscar agua es de 6 kilómetros.
- **El agua debe ser asequible para todas las personas,** es decir, no se puede privar a ninguna persona o grupo del acceso al agua potable por no poder pagar.

Por lo tanto, el derecho al agua supone libertades y prestaciones:

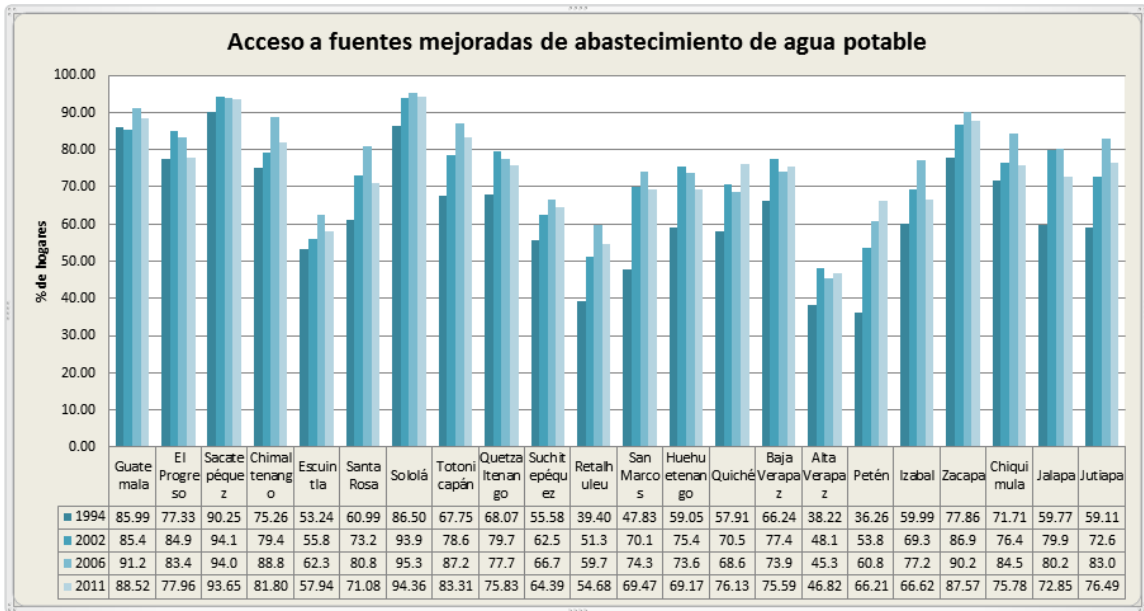
Las libertades se dan por la protección contra los cortes del suministro, la prohibición de contaminación o la no discriminación en el acceso al agua potable. Las prestaciones suponen el acceso a una cantidad mínima de agua potable para mantener la vida y cuidar la salud, la participación en las decisiones relativas al agua, etc. (ACNUR, 2018)

B. SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN GUATEMALA

Guatemala cuenta con las condiciones naturales favorables que le permiten disponer de abundante agua para las personas, el ambiente y la productividad económica. Anualmente se producen 97 mil millones de m³ de agua. Sin embargo, de esto solo se aprovecha un 10% a nivel nacional. Según 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 tienen 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%, que demuestra una situación clara de inequidad. De 334 municipalidades registradas en la ENCOVI, sólo un 4% aplican tratamiento a las aguas residuales, mientras que el resto es vertido en los cuerpos de agua, principalmente ríos (OPS. s.f.)

En Ilustración 1 se muestra el comportamiento de la cobertura y acceso del agua potable a los hogares por departamentos en los últimos años.

Ilustración 1. Acceso a fuentes de abastecimiento de agua potable



Fuente: Jerson Quevedo. Sub Secretaría de Políticas Públicas de SEGEPLAN, Año 2012. Información de ENCOVI 2011.

De acuerdo con la Ilustración 1 se observa que los departamentos mayor acceso a mejores fuentes de agua potable son Guatemala, Sacatepéquez y Sololá con más del 90% de acceso. Por otra parte, el departamento de Alta Verapaz presenta menos del 50% en acceso a fuentes de abastecimiento de agua potable, situación que se ha mantenido en las últimas décadas.

Según la Organización Panamericana de la Salud en Guatemala, respecto a calidad del agua, según el Plan Nacional de Agua y saneamiento el Ministerio de Salud 2015, para el año 2014 solamente un 40% de las muestras de agua analizadas para determinar cloro residual en agua cumplían con la normativa nacional; para el año 2013 al menos del 40% del agua de consumo humano recibió desinfección en las áreas urbanas; en muchos casos el agua se capta directamente del río o lago y se distribuye directamente sin realizar tratamiento alguno. Los niveles de bacterias del grupo coliforme y de bacterias patógenas son elevados y son característicos de aguas residuales sin tratamiento, más que de agua de río, lo que pone en riesgo la salud de la población. Las enfermedades diarreicas agudas se encuentran entre las primeras 5 causas de morbilidad y mortalidad en el país; 24% de las muertes, son debidas a enfermedades diarreicas, principalmente en niños menores de 5 años. Los problemas sanitarios se relacionan directamente con la red de distribución de agua y ponen de manifiesto la contaminación del recurso debido a filtraciones que se producen en el alcantarillado. Además de los impactos de la crisis económica, estas condiciones

podieran verse empeoradas por eventos climáticos adversos, siendo Guatemala uno de los 10 países del mundo más afectados por el cambio climático y el cuarto más vulnerable a desastres naturales.

C. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DEL AGUA EN GUATEMALA

1. Antecedentes

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en su propuesta de la Política Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento, explica que, la responsabilidad de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento siempre ha estado bajo los gobiernos municipales. En lo que corresponde al ordenamiento institucional del sector, ha existido falta de claridad cuando se definen las funciones de construcción, rectoría y la regulación de dichos servicios. Los principales esfuerzos para la reestructuración del Sector de Agua Potable y Saneamiento dieron inicio en 1985, con la creación del COPECAS, cuya función fundamental fue la coordinación de las instituciones del Sector Público que realizaban actividades relacionadas con el suministro de agua potable a las poblaciones del país y la adecuada disposición de excretas.

En 1997 se encarga al INFOM la gestión de las políticas y estrategias del Sector Agua Potable y Saneamiento, así como la implementación y ejecución de las acciones que de ellas se deriven. En el mismo año, UNEPAR y PAYSA, entidades que pertenecían al MSPAS, se traspasaron al INFOM. En el año 2000 se disuelve COPECAS y se crea la Comisión Intersectorial encargada del proceso de Reforma y Modernización del Sector de Agua Potable y Saneamiento. Esta Comisión actuó hasta el año 2005 cuando, por acciones orientadas a fortalecer el uso y manejo integral de los recursos hídricos es disuelta.

En el 2008, por Acuerdo Gubernativo No. 204-2008, se crea el GEA, cuyo propósito fue la coordinación de esfuerzos gubernamentales de diseño y gestión de las políticas, planes y presupuestos del agua para contribuir al logro de metas y objetivos de desarrollo nacional. Este gabinete deja de funcionar en agosto del año 2012, al vencer la vigencia del Acuerdo de creación. En el año 2010, el MSPAS creó la Unidad Especial de Ejecución Administrativa para el Control del Agua Potable y Saneamiento, con el objeto de fortalecer el rol del Ministerio en el diseño de las políticas y planificación que regirán la prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento. Esta Unidad lidera la elaboración de la presente Política Nacional.

En el mes de marzo del 2012 se nombra al Secretario Específico de la Vicepresidencia de la República para coordinar todo lo relacionado al tema de agua en sus múltiples usos y funciones. En este marco de actuación, la Vicepresidencia de la República, por intermedio del Secretario Específico del Agua, apoyó la formulación de la presente Política Nacional de Agua y Saneamiento y acompañará el proceso para su institucionalización, además de facilitar los medios que su mandato le confiere para su implementación.

(MSPAS, s.f.)

2. Legislación existente

Desde 1950 se han presentado iniciativas de ley de aguas, pero ninguna ha sido aprobada. Sin embargo, la Constitución de Guatemala define en su Artículo 121 al agua como un bien de dominio público y hace un mandato expreso (Art. 127), para hacer una ley de aguas. Desafortunadamente, a parte de los mandatos en la Constitución, esta área no ha tenido avances significativos en el país y aunque persisten los esfuerzos y existen diferentes iniciativas, las condiciones políticas y la falta de un líder que promocióne políticamente la legislación de aguas han bloqueado su desarrollo. Esta sigue siendo una asignatura pendiente en el país. Es importante hacer notar, que existe una percepción cada día más creciente en los diferentes sectores, tanto públicos como privados, de la importancia y necesidad de una ley de aguas, pero aún no se logra la masa crítica suficiente para impulsarla, pues otras condiciones en el país, como los altos niveles de corrupción y la mala administración pública, enfocaron los esfuerzos de la ciudadanía sobre esos temas. (GWP Centroamérica, 2016)

Según Henry Pocasangre (2015), Debido a esa falta de control, cualquiera puede abrir pozos en cualquier parte, contaminar, lanzar desechos químicos en cuerpos de agua, desviar ríos y usar sin límites los recursos hídricos para fines industriales o mineros sin costo alguno. En el Congreso están archivadas iniciativas desde hace más 10 años. Los diputados señalan a las comunas de rechazar la regulación y estas se amparan en el Código Municipal.

Como unos de los principales problemas que enfrenta el país resalta la inexistencia de una firme y consistente ley del agua que administre o regule de manera eficaz el recurso hídrico en el país y sus fuentes. Esto se puede entender por la incertidumbre en materia jurídica general que existe en las diferentes instituciones como también la falta de compromiso real o falta de coordinación por parte de todos los sectores involucrados. La mayor parte de las iniciativas que han sido propuestas

y parcialmente ejecutadas en los últimos años se observan que se disuelven por la misma mala administración y falta de visión a largo plazo que las hagan sostenibles.

3. COGUANOR NGT 29001

La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) es el Organismo Nacional de Normalización, creada por el Decreto No. 1523 del Congreso de la República del 05 de mayo de 1962. Sus funciones están definidas en el marco de la Ley del Sistema Nacional de la Calidad, Decreto 78-2005 del Congreso de la República.

COGUANOR es una entidad adscrita al Ministerio de Economía, su principal misión es la de proporcionar soporte técnico a los sectores público y privado por medio de la actividad de normalización.

El proceso de normalización se realiza a través de Comités Técnicos de Normalización (CTN), lo que garantiza la participación de todos los sectores interesados.

a. Objeto

Esta norma establece los valores de las características que definen la calidad del agua apta para consumo humano.

b. Campo de aplicación

Esta norma se aplica a toda agua para consumo humano, preparación de alimentos y uso doméstico. Proveniente de fuentes como: pozos, nacimientos, ríos, entre otras y que puede estar ubicada en una red de distribución, en reservorios o depósitos. Se excluyen el agua purificada envasada y el agua carbonatada, las cuales son cubiertas por normas específicas.

Cuadro 1. Frecuencias mínimas de la toma de muestras y análisis del agua para consumo humano en sistemas de distribución

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

(COGUANOR NTG 29001)

La frecuencia deberá ser determinada por las autoridades nacionales competentes las cuales deberán esforzarse, de ser posible, por aumentar esta frecuencia.

- E1 corresponde al programa de análisis básico, fácilmente ejecutable por cada laboratorio de control de calidad del agua autorizado. Los análisis en esta etapa de control son: coliformes fecales, cloro residual.
- E2 corresponde al programa de análisis normal y comprende la ejecución de los análisis de la etapa anterior ampliado con: olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, ph, conductividad, cloruros, dureza, sulfatos, calcio, magnesio, nitratos, nitritos, hierro, manganeso.
- E3 Corresponde a un programa de análisis avanzado de agua potable. Comprende la ejecución de los análisis de la segunda etapa, ampliado con: aluminio, cobre, sodio, potasio, amonio, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, antimonio, plomo, selenio, sulfuro de hidrógeno, zinc, sólidos totales disueltos, desinfectantes, subproductos de la desinfección y sustancias orgánicas (plaguicidas) de significado para la salud.(COGUANOR NTG 29001)

4. ACUERDO GUBERNATIVO 236-2006

a. Objeto

El objeto del presente Reglamento es establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reúso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita:

- Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

También es objeto del presente Reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico.

b. Aplicación

El presente Reglamento debe aplicarse a:

- Los entes generadores de aguas residuales
- Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público
- Las personas que produzcan aguas residuales para reúso
- Las personas que reúsen parcial o totalmente aguas residuales; y
- Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.

c. Competencia

Compete la aplicación del presente Reglamento al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Las Municipalidades y demás instituciones de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, deberán hacer del conocimiento de dicho Ministerio los hechos contrarios a estas

disposiciones, para los efectos de la aplicación de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.(Acuerdo Gubernativo 236-2006)

Se entienden como aguas residuales todas aquellas aguas que han tenido algún tipo de manipulación previo. Las personas responsables de generar o administrar aguas residuales tendrán que hacer un estudio avalado por técnicos en efectos de caracterizar efluentes, descargas, aguas para reúso y lodos, este estudio lo debe conservar y tenerlo a la disposición de las autoridades de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Este reglamento da los requisitos que debe cumplir dicho estudio técnico, también provee las aplicaciones y los parámetros bajo los que debe estar cada tipo de aguas residuales. Menciona todas las excepciones, prohibiciones y sanciones (Orozco, 2014).

D. INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL MANEJO DEL AGUA

1. Municipalidad de El Tejar, Chimaltenango

Fue creada por Acuerdo Gubernativo de fecha 18 de julio de julio de 1910, estableciéndose con el nombre de municipalidad de “San Sebastián El Tejar”. De lo que se desprende de la municipalidad por mandato constitucional está obligada a mejorar la calidad de vida de sus habitantes para su bienestar general al atender los servicios públicos de su competencia. Verbigracia alcantarillados, drenajes, manejo de aguas residuales, y realizar proyectos de salud preventiva para garantizar los derechos humanos de sus habitantes.

2. Centro de Salud de El Tejar, Chimaltenango

El centro de salud de El Tejar se encuentra ubicado dentro del distrito número catorce del departamento de Chimaltenango, su filosofía se encamina a la conciencia del ser humano, quien posee derechos a que se respete como tal sin distinción de credo, raza (etnia), color, posición socioeconómica, cultura, brindándole comprensión y atención a sus necesidades físicas, biológicas, psíquicas en el individuo, familia y comunidad.

La misión principal del Ministerio de Salud para el municipio es regir el proceso de atención, para mejorar el nivel de salud y bienestar de la población guatemalteca, con énfasis en los grupos de mayor postergación y con mayor riesgo ecológico y social. Dentro de la principal visión del distrito de salud número catorce del municipio de El Tejar, del departamento de Chimaltenango, es alcanzar coberturas óptimas en los diferentes programas que actualmente desarrollan en el distrito,

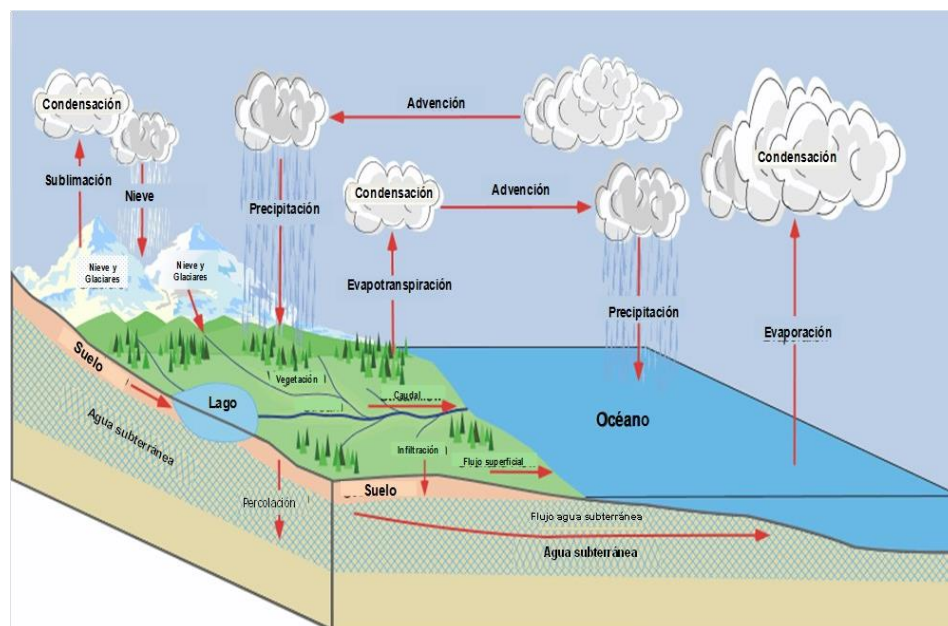
para trabajar las tasas de morbi-mortalidad, mantener activa la vigilancia sanitaria, aprovechando al máximo el recurso humano. Los programas que desarrolla entre otros esta: resfriado común, alimentos, agua y vectores.(Jiménez, 2009)

Por consiguiente, se entiende que las entidades anteriormente descritas juegan un rol protagónico en el tema del recurso hídrico, tanto para garantizar su abastecimiento como para llevar un programa de vigilancia constante que asegure el bienestar de la población como derecho humano universal como lo es el derecho al agua.

E. CICLO HIDROLÓGICO

Para entender la dinámica del ciclo hidrológico en La Tierra se debe partir de la noción que el agua no es un elemento estático en el ambiente tal como refiere Juan Ordoñez (2011:6), se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Está animado por dos causas: La energía solar y la gravedad. El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento).

Ilustración 2. Representación del ciclo hidrológico



Fuente: Foro Peruano para el Agua-GWP Perú, 2011.

Bajo estos principios naturales se comprende que las aguas están sujetas a una circulación constante lo que va generando cambios en su aspecto físico, químico como también microbiológico, tal como se puede apreciar en Ilustración 2.

Del agua de lluvia, una parte se evapora, otra parte se escurre sobre el suelo incrementando las corrientes superficiales. Una tercera se infiltra formando aguas subterráneas en los denominados mantos freáticos.

Del agua infiltrada, una parte queda cerca de la superficie, otra es aprovechada por las raíces de las plantas regresando a la atmosfera por el fenómeno de la transpiración. La parte sobrante incrementa las aguas subterráneas, este ciclo se completa con la evaporación de las aguas de los mares y océanos, con la circulación del vapor de agua en la atmosfera hasta formar las nubes las que por condensación se precipitan en forma de lluvia (MSPAS, 1991:29).

Los océanos, suministran la mayor parte del agua como producto de la evaporación. De esta agua evaporada, sólo el 91% es devuelto a las cuencas oceánicas por medio de la precipitación. El 9% restante se transporta a las zonas continentales donde los factores climatológicos inducen la formación de la precipitación (Ordoñez, 2011:8).

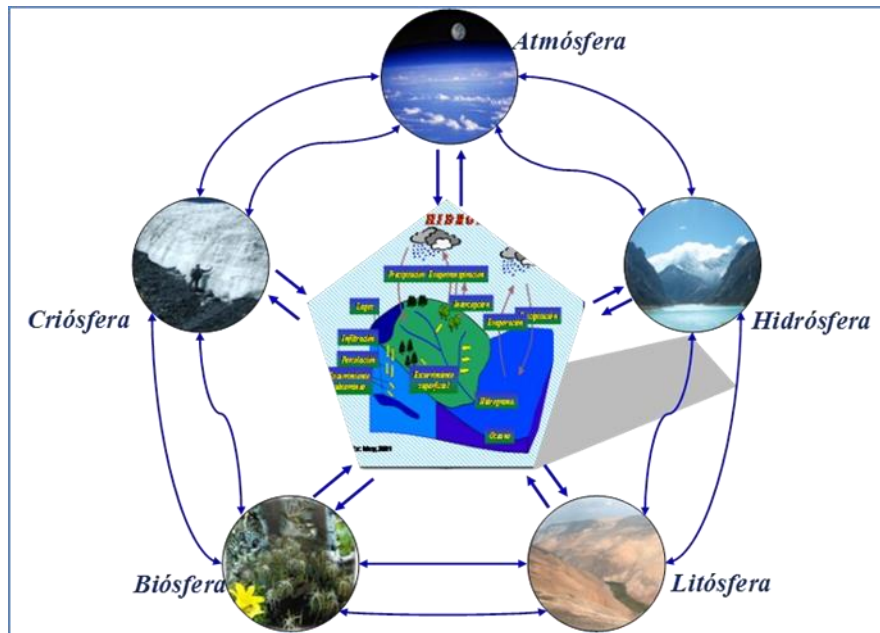
Los procesos de evaporación y transpiración (evapotranspiración) están estrechamente relacionados con el agua presente en la humedad del suelo; estos procesos actúan como fuerzas motrices sobre el agua que se transfiere en el ciclo hidrológico. El movimiento a través del suelo y la vegetación es considerable y representa el 62% del agua dulce que se renueva cada año a nivel global (INSIVUMEH, s.f.).

Las actividades humanas (asentamientos, industria y desarrollos agrícolas) pueden alterar los componentes del ciclo natural mediante desviaciones del uso del suelo y a través de la utilización, reutilización y vertido de residuos en los recorridos naturales de los recursos hídricos superficiales y subterráneos (INSIVUMEH, s.f.).

En Guatemala la evaluación de ciclo del agua o ciclo hidrológico lo hace el INSIVUMEH por medio de las redes de meteorología e hidrología; para ello se obtienen datos de la lluvia o precipitación que cae en el país, y la red hidrología provee la esorrentía o caudal de los ríos.

El ciclo hidrológico, es un modelo conceptual que describe el almacenamiento y movimiento del agua entre la Biosfera, Atmósfera, Litosfera, Hidrosfera, lo que se denomina sistema climático (Ordoñez, 2011:7).

Ilustración 3. Representación del sistema climático



Fuente: Ordoñez, 2011.

Según GAMA (2016) el ciclo hidrológico comprende los procesos que sigue el agua en su viaje entre la atmósfera y la superficie terrestre. Estos procesos son los siguientes:

Cuadro 2. Procesos del ciclo hidrológico

Los que envían agua a la atmósfera	Los que tienen lugar en la atmósfera	Los que tienen lugar en la superficie
Evaporación	Condensación	Escorrentía
Transpiración	Precipitación	Infiltración
Evapotranspiración		

Fuente: <http://www.floodup.ub.edu/hidro/>

1. Evaporación

Se define como el proceso mediante el cual se convierte el agua líquida en un estado gaseoso. La evaporación puede ocurrir solamente cuando el agua está disponible. También se requiere que la humedad de la atmósfera sea menor que la superficie de evaporación (a 100% de humedad relativa no hay evaporación más). El proceso de evaporación requiere grandes cantidades de energía. Por ejemplo, la evaporación de un gramo de agua a una temperatura de 100 ° Celsius requiere 540 calorías de energía de calor (600 calorías a 0 ° C).

2. Transpiración

Es la evaporación a través de las hojas. El proceso fisiológico de alimentación de las plantas se efectúa mediante el paso de ciertas cantidades de agua, portadoras de los alimentos, por el interior de ellas y ese tráfico solamente es posible gracias a la transpiración.(Ordoñez, 2011)

3. Evapotranspiración

La vegetación absorbe agua del suelo a través de las raíces. Esta se traslada hasta las hojas donde se realiza la fotosíntesis. Este proceso implica la pérdida de agua por las hojas en forma de vapor que sería la transpiración. En las plantas la evapotranspiración es la suma de la transpiración y la evaporación.

4. Condensación

Es el proceso por el que el agua pasa de su estado gaseoso (vapor de agua) a estado líquido. En la atmósfera, cuando el vapor de agua de la atmósfera asciende, este se enfría y pasa de estado gaseoso a estado líquido dando lugar a las nubes. Las nubes son grupos de minúsculas gotitas de agua o cristales de hielo que, a causa de su pequeño tamaño (0,01 mm), se sostienen y flotan en el aire. A veces el aire puede ascender dentro de la nube a gran velocidad (más de 10 m/s), arrastrar las gotitas y los cristales y llegar a formar nubes muy grandes.(GAMA, 2016)

5. Precipitación

Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de La Tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental. Para la formación de la precipitación se requiere la condensación del vapor de agua atmosférico. La saturación es una condición esencial para desbloquear la condensación. Los varios procesos

termodinámicos son convenientes para realizar la saturación de las partículas atmosféricas inicialmente no saturadas y causar su condensación.(Ordoñez, 2011).

6. Escorrentía e Infiltración

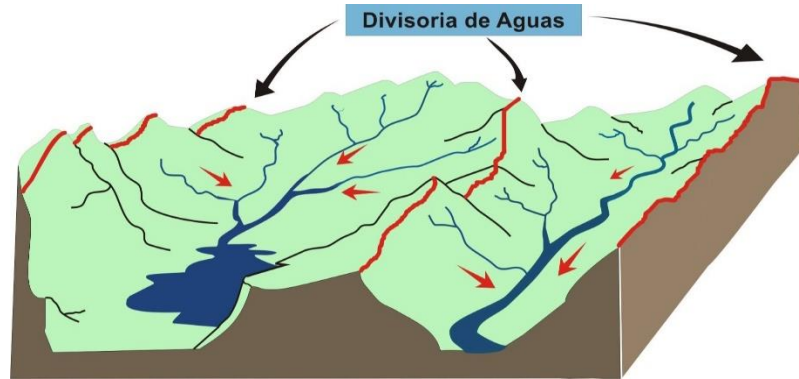
El agua al caer al suelo se desplaza por la fuerza de la gravedad hacia las cotas más bajas. Este proceso puede darse directamente sobre el suelo escorrentía, en los cursos fluviales (ríos) o bajo tierra infiltración, en cursos subterráneos y acuíferos. (GAMA, 2016).

F. CUENCAS HIDROGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS

Según el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2019), una cuenca es un territorio cuyas aguas fluyen todas hacia un mismo río, lago o mar, y a esta clase de cuencas se les llama cuencas hidrográficas. Respecto a los límites de una cuenca, estos constituyen lo que se conoce como “parteaguas” o “divisorias de aguas”, es decir, las líneas imaginarias que une las crestas de las elevaciones de terreno por cuyas laderas escurre el agua hacia el cauce principal de salida de la propia cuenca, o hacia su centro, en caso de ser cerrada.

Bajo este concepto se entiende a una cuenca como una unidad de territorio rodeado por partes altas que direccionan el agua generada en el ciclo hidrológico hacia un punto en común por medio de escorrentías o quebradas. Básicamente se genera un sistema de drenaje natural del agua que se une en un punto principal territorio más abajo condicionado por una línea de cumbres o parte aguas. El movimiento del agua siempre seguirá la dirección hacia el mar buscando las desembocaduras principales.

Ilustración 4. Representación de parteaguas

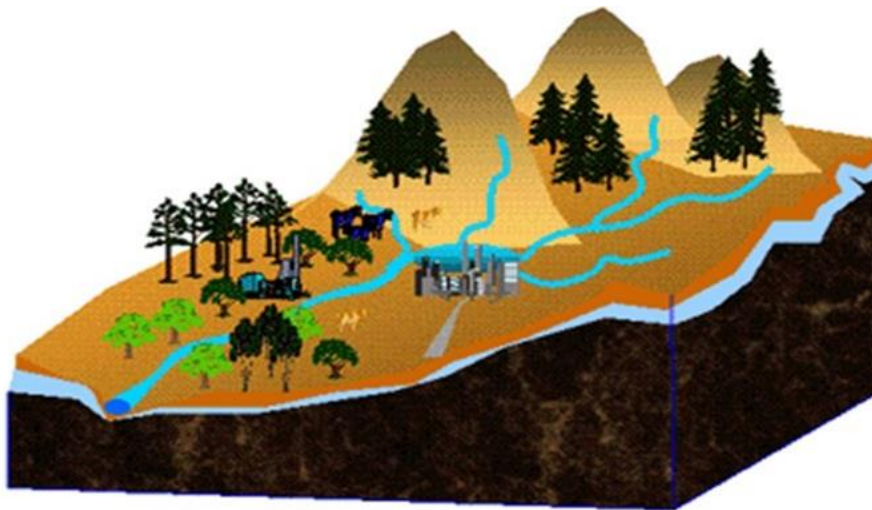


Fuente: Foro Peruano para el Agua-GWP Perú, 2011.

Muchas veces hay cierta confusión cuando se utilizan los términos de Cuenca Hidrológica y Cuenca Hidrográfica, por ello, Ordoñez (2011;8) aclara de que:

- **Cuenca hidrográfica:** Se refiere a la definición geográfica de la misma, es el contorno o límite de esta que drena agua en un punto en común.
- **Cuenca hidrológica:** Se suele entender como una unidad para la gestión que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica.

Ilustración 5. Representación de cuenca hidrológica e hidrográfica



Fuente: Foro Peruano para el Agua-GWP Perú, 2011.

Dentro de una cuenca puede haber una o más subcuencas, y varias microcuencas, cuyas salidas secundarias llegan finalmente al cauce principal de salida, o a un punto determinado de la misma.

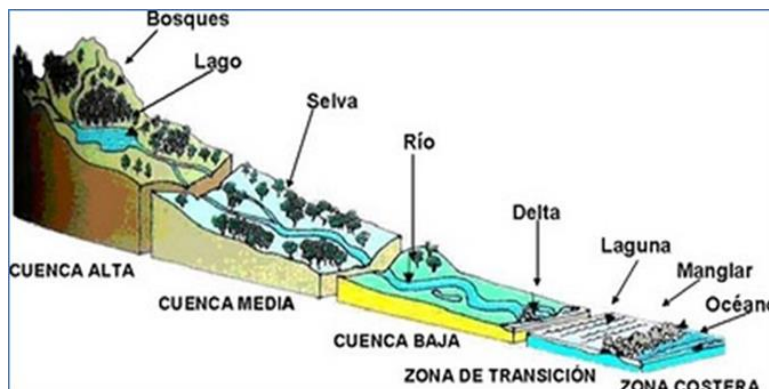
Asimismo, la cuenca hidrográfica se compone de tres partes: alta, media y baja. La cuenca alta corresponde a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por los parteaguas o las divisorias de aguas. La cuenca media es donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en la que el río principal mantiene un cauce definido. En la cuenca baja, el río desemboca a ríos mayores o en estuarios o humedales (IMTA, 2019).

Según estos tres sectores principales en una cuenca, Ordoñez (2011:9) establece que, en función a las características topográficas del medio pueden influir en sus procesos hidrometeorológicos y en el uso de sus recursos. Las cuencas tienen un funcionamiento territorial altitudinal ya que implica la relación directa entre las partes altas, cercanas al parteaguas, la zona de tránsito o intermedia y la parte baja de deposición y desembocadura, de tal forma que la parte alta afecta de manera determinante a la parte baja.

- **Cuenca alta:** Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas.
- **Cuenca media:** Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido.
- **Cuenca baja o zonas transicionales:** Donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales.

A continuación, se ejemplifican las partes que componen una cuenca, (Ilustración 5).

Ilustración 6. Partes de una cuenca



Fuente: Foro Peruano para el Agua-GWP Perú, 2011.

Otros términos importantes para distinguir en una cuenca:

- **Río principal:** Suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud. Tanto el concepto de río principal como el nacimiento del río son arbitrarios, como también lo es la distinción entre el río principal y afluente. Sin embargo, la mayoría de las cuencas de drenaje presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisoria de aguas. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura.
- **Cauce:** También denominado lecho, es el conducto descubierto o acequia por donde corren las aguas para riego u otros usos.
- **Thalweg:** Línea que une los puntos de mayor profundidad a lo largo de un curso de agua.
- **Aguas abajo:** Con relación a una sección de un curso de agua, sea principal o afluente; si se sitúa después de la sección considerada, avanzando en el sentido de la corriente.
- **Aguas arriba:** Es el contrario de la definición anterior.
- **Afluente:** Corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que desemboca en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia. El principio, de dos ríos que se unen es considerado como afluente el de menor importancia (por su caudal, su longitud o la superficie de su cuenca).
- **Efluente:** Lo contrario de un afluente es un efluente o distributivo, es decir, una derivación (natural o artificial) que se desprende fuera de la corriente principal de un río mayor a través de otro menor. Los de origen natural se encuentran en su mayoría en los deltas fluviales. Son más frecuentes los efluentes de “origen artificial”, es decir, de una derivación, acequia o canal que se utiliza con fines de riego o de abastecimiento de agua en regiones relativamente alejadas del río principal.

En una cuenca hidrográfica interactúan una serie de ecosistemas naturales, cuyo grado de complejidad aumenta en relación directa con el tamaño de la cuenca. Estos ecosistemas tienen elementos como el aire, el clima, el suelo, el subsuelo, el agua, la vegetación, la fauna, el paisaje,

entre otros, los cuales, en conjunto, conforman lo que se denomina la oferta de bienes y servicios ambientales, o base natural de sustentación; oferta que es necesario conocer, para lograr una utilización sostenible de la misma.

En la cuenca hidrográfica existen interrelaciones, por ejemplo, la degradación de un recurso como el agua, está en relación con la falta de educación ambiental, con la falta de aplicación de leyes, con las tecnologías inapropiadas, etc.(Ordoñez, 2011).

G. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Las aguas sufren una doble contaminación, la producida por los vertidos directos y la causada por la atmósfera contaminada que después, en forma de precipitaciones, vierte en ellas sus partículas contaminadas. La contaminación del agua alcanza todas las cuencas hidrográficas de Guatemala, debido específicamente a la disposición sin tratamiento de las aguas residuales, excretadas, agroquímicos, pesticidas y desechos industriales, lo que constituye un serio peligro para la vida y salud de las personas y equilibrio ecológico.

Los principales factores de contaminación del agua son: bacterias, parásitos y compuestos químicos. Gran parte de los habitantes de nuestro país vienen en dichas condiciones y consumen agua que posiblemente se encuentre contaminada.(José, pág. 84 1994, *apud* Jimenez 2009)

V. METODOLOGÍA

A.MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO EN EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

A continuación, se detalla el equipo de campo indispensable para toma de muestras de agua para consumo humano y aguas residuales:

- Bolsas de polietileno estériles para muestreo de agua para consumo humano.
- Cuaderno y lapicero para registro de datos y observaciones de interés para evitar errores o confusiones en las rotulaciones de las muestras.
- Hielera con hielo para transportar las muestras de agua y conservar sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas hasta el momento de su análisis en laboratorio.
- GPS para ubicar y georreferenciar los puntos de muestreo.
- Equipo de protección personal para evitar contacto directo con las aguas residuales (guantes, mascarilla, gafas de seguridad, botas de hule, pantalón y camisa de manga larga).
- Cubeta para medición de caudales.
- Cronómetro para medición de aforos.
- Potenciómetro para medición de parámetros *in situ* en los puntos de muestreo (pH, temperatura).
- Cinta métrica para medición de las áreas a realizar los aforos.
- Galones plásticos de agua pura comercial para análisis fisicoquímico de las muestras.
- Un recipiente de vidrio (500cc) esterilizado y debidamente rotulado para análisis bacteriológico de aguas residuales.
- Mechero y metanol para desinfección de grifos.

B. MARCO METODOLÓGICO

Para el desarrollo del estudio, el trabajo de campo se dividió en dos fases principales, las cuales se detallan a continuación:

1. FASE I. CONTROL Y MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA

a. Análisis del aprovechamiento y usos del agua por parte de la población

1) Instrumento utilizado

Para esta fase de estudio fue utilizado el cuestionario, previamente diseñado para este fin y dirigido a la población de interés en la comunidad con la finalidad de realizar una recopilación de información tipo cualitativa y cuantitativa sobre el nivel de confianza de la población hacia el servicio y los sistemas de potabilización de agua (*Ver Anexo B*).

Entre la información de interés a recabar se mencionan principalmente: identificación de los sectores que se benefician del servicio, uso y manejo que las personas le dan al agua, disponibilidad, cobros del servicio y calidad del agua que reciben las personas en sus hogares.

2) Determinación del tamaño de muestra

Para estimar la muestra a utilizar en el estudio, se tomó en cuenta el número de casas ubicadas en Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango; el cual según datos oficiales es de 327 casas (Instituto Nacional de Estadística, 2019).

3) Fórmula para cálculo del tamaño de muestra

Cuadro 3. Muestreo simple aleatorio para un tamaño de población finito y conocido

Cálculo	Fórmula	Descripción
Tamaño de muestra	$n = \frac{z^2 pqN}{E^2(N - 1) + z^2 pq}$	n = tamaño de muestra z = Nivel de confianza p = Variabilidad positiva q = Variabilidad negativa N = Tamaño de la población de interés E = Error máximo permitido

Para el estudio se asume un nivel de confianza del 95% con una distribución bilateral, esto significa que únicamente existe un 5% (2.5% positivo y 2.5% negativo) de probabilidad que el verdadero parámetro no se encuentre en el rango real de una distribución normal (nivel de significancia α).

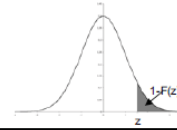
Para determinar el multiplicador $z_{\alpha/2}$, es necesario recurrir a un Cuadro de distribución normal z , siendo este de 1.96.

PROBABILIDADES ACUMULADAS DE UNA DISTRIBUCIÓN NORMAL

La función tabulada es $1-F(z)$, donde $F(z)$ es la función de distribución de una normal estándar. Por lo tanto, el valor de cada celda es:

$$1 - F(z) = \int_z^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

Este valor es el área encerrada por la curva normal estándar entre z y $+\infty$



Z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,4960	0,4920	0,4880	0,4840	0,4801	0,4761	0,4721	0,4681	0,4641
0,1	0,4602	0,4562	0,4522	0,4483	0,4443	0,4404	0,4364	0,4325	0,4286	0,4247
0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4052	0,4013	0,3974	0,3936	0,3897	0,3859
0,3	0,3821	0,3783	0,3745	0,3707	0,3669	0,3632	0,3594	0,3557	0,3520	0,3483
0,4	0,3446	0,3409	0,3372	0,3336	0,3300	0,3264	0,3228	0,3192	0,3156	0,3121
0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2981	0,2946	0,2912	0,2877	0,2843	0,2810	0,2776
0,6	0,2743	0,2709	0,2676	0,2643	0,2611	0,2578	0,2546	0,2514	0,2483	0,2451
0,7	0,2420	0,2389	0,2358	0,2327	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2177	0,2148
0,8	0,2119	0,2090	0,2061	0,2033	0,2005	0,1977	0,1949	0,1922	0,1894	0,1867
0,9	0,1841	0,1814	0,1788	0,1762	0,1736	0,1711	0,1685	0,1660	0,1635	0,1611
1,0	0,1587	0,1562	0,1539	0,1515	0,1492	0,1469	0,1446	0,1423	0,1401	0,1379
1,1	0,1357	0,1335	0,1314	0,1292	0,1271	0,1251	0,1230	0,1210	0,1190	0,1170
1,2	0,1151	0,1131	0,1112	0,1093	0,1075	0,1056	0,1038	0,1020	0,1003	0,0985
1,3	0,0968	0,0951	0,0934	0,0918	0,0901	0,0885	0,0869	0,0853	0,0838	0,0823
1,4	0,0808	0,0793	0,0778	0,0764	0,0749	0,0735	0,0721	0,0708	0,0694	0,0681
1,5	0,0668	0,0655	0,0643	0,0630	0,0618	0,0606	0,0594	0,0582	0,0571	0,0559
1,6	0,0548	0,0537	0,0526	0,0516	0,0505	0,0495	0,0485	0,0475	0,0465	0,0455
1,7	0,0446	0,0436	0,0427	0,0418	0,0409	0,0401	0,0392	0,0384	0,0375	0,0367
1,8	0,0359	0,0351	0,0344	0,0336	0,0329	0,0322	0,0314	0,0307	0,0301	0,0294
1,9	0,0287	0,0281	0,0274	0,0268	0,0262	0,0256	0,0250	0,0244	0,0239	0,0233

Así mismo para proporciones desconocidas (p y q), se asumen valores de proporcionalidad del 50% (0.5 para ambas proporciones).

Por lo tanto, sustituyendo los valores anteriores en la ecuación se obtiene:

Cálculo	Fórmula	Descripción
Tamaño de muestra	$n = \frac{z^2 pqN}{E^2(N - 1) + z^2 pq}$	$n = x$ $z = 1.96$ $p = 0.5$ $q = 0.5$ $N = 327$ Casas de la aldea $E = 5\% = 0.05$

4) Sustitución para cálculo de tamaño de muestra

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)(327)}{(0.05)^2 (327 - 1) + (1.96)^2 (0.5)(0.5)} = 176.89 \approx \boxed{177} \text{ Casas bajo estudio}$$

Según el cálculo anterior, se determinó que para que los resultados obtenidos en las encuestas fueran significativos, estas se realizaron a los habitantes de 177 casas de la comunidad que reciben el servicio de agua potable.

Así mismo se utilizó estadística descriptiva para el proceso de ordenamiento, interpretación y análisis de datos (cuantitativos y cualitativos), la presentación de la información recopilada fue efectuada por medio del software Microsoft Excel.

b. Toma de muestras de agua

Esta fase se basó en la toma de muestras de agua destinadas al consumo humano de los dos tanques principales de almacenamiento y distribución como también de casas seleccionadas aleatoriamente en la comunidad beneficiaria para posteriormente analizar el aprovechamiento y uso que las personas le dan a la misma. Así también, se tomaron muestras de aguas residuales en el cuerpo receptor final de Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango.

Se realizaron las mediciones de caudales (l/s) de los tanques de los dos principales sistemas que almacenan y distribuyen el agua potable de Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar Chimaltenango. Para este proceso fue utilizado el método volumétrico, técnica de medición utilizada por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social para medición de caudales en la comunidad.

Para todo el proceso fue necesario definir con anticipación la logística completa para llevar a cabo los muestreos, rutas de acceso, días y horas para la toma y envío de las muestras, la cantidad de puntos a muestrear, comunicación con el laboratorio para consultas y entrega de resultados y los preservantes necesarios para el muestreo con el fin de evitar confusiones y contratiempos.

Se prepararon debidamente los materiales y equipo a utilizar realizando las calibraciones necesarias y asegurándose que todos los instrumentos funcionaran correctamente para la medición de los parámetros *in situ*. Se georreferenciaron con GPS los puntos de muestreo, en este caso, el “dispositivo de muestreo”. Así también fue muy importante la gestión para el apoyo institucional en los trabajos de campo.

1) Procedimiento para toma de muestras de agua para consumo humano *in situ*

Para la toma de muestras de agua para consumo humano el trabajo se efectuó con base en el instructivo de toma de muestras de agua según (INTA, 2011), el cual detalla:

a) Análisis fisicoquímico (INTA 2011)

- Se utilizó un recipiente de 1 galón de plástico con tapón esmerilado o roscado, muy limpio. Previo a la toma de la muestra se enjuagó el envase por lo menos 2 a 3 veces con el agua a muestrear, desechando luego el agua de enjuague.
- Se tomó la muestra de agua bajando el recipiente dentro del pozo o tanque hasta una profundidad de 15 a 30 cm. desde la superficie libre del líquido, evitando en todo momento tocar las paredes del pozo para evitar riesgos de contaminación.
- Se recolectó la muestra sin dejar cámara de aire. Se dejó un mínimo sin llenar que permita la variación de volumen debida a potenciales diferencias térmicas.
- Se cerró el recipiente asegurando su cierre hermético.
- Se rotuló debidamente la muestra de agua.
- Se colocó la muestra en una hielera para refrigeración apropiada en el sitio y se llevó al Laboratorio Nacional de Salud (LNS) en el menor tiempo posible (Un tiempo prudencial menor a 24 horas desde la toma de la muestra).

b) Análisis microbiológico

Antes de la toma de la muestra se marcó la bolsa con una referencia que permitió su identificación. Para estos análisis fueron utilizadas bolsas de polietileno especiales para muestreo de agua con capacidad de 500 ml manejando el procedimiento adecuado utilizado por el área de salud para vigilancia sanitaria, el cuál fue:

- Se desinfectó el grifo de la fuente domiciliar a muestrear con un mechero y metanol durante 30 segundos.
- Se dejó correr el agua del grifo durante 3 minutos
- Se rotuló la bolsa verificando que la referencia sea la correcta.
- Se quitó el sello de la bolsa y se abrió evitando todo contacto de los dedos con la boca e interior de este, manipulándola con los pliegues laterales que posee para ese fin.

- Se ubicó en la fuente de agua llenándola con un mínimo de 100 ml.
- Se cerró la bolsa con los pliegues y alambres especiales que posee para tal fin realizando varias vueltas para sellarla.
- Se conservó la muestra en un lugar oscuro y refrigerado procurando que no existieran otros elementos propios del muestreo, para esto se utilizó una hielera apta para el transporte de las muestras.
- Se trasladaron las muestras al Laboratorio Nacional de Salud (Antes de 24 horas).

2) Procedimiento para toma de muestras de aguas residuales o de reúso *in situ*

Para este proceso se realizaron los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos correspondientes en el Laboratorio Nacional de Salud (LNS) para verificar las sustancias y contaminantes presentes bajo la referencia normativa vigente: ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006 “**REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS**” del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).

a) Captación de las muestras

Para evitar alteraciones no deseadas en los resultados las muestras se tomaron bajo las siguientes condiciones:

- A contracorriente al flujo de la descarga.
- Lo más cercano al centro del flujo, procurando que sea el punto en donde exista más velocidad y que no exista sedimentación de sólidos.
- Sin presencia de turbulencia.
- Evitando curvas o pendientes mayores al 5%.
- Sin “raspar” el fondo de la corriente.

Se evitó realizar muestreos en las siguientes condiciones:

- En presencia de lluvia.
- En presencia de espuma.
- En presencia de acumulación de sólidos (aguas arriba).
- En presencia de grasas acumuladas (aguas abajo).

b) Etiqueta y rotulación de recipientes

Se rotularon debidamente todos los recipientes de muestreo para su control. En coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, las muestras fueron tomadas y llevadas al Laboratorio Nacional de Salud en un período de tiempo menor a 24 horas, para los análisis respectivos.

Los datos en la etiqueta de la muestra contenían la siguiente información mínima:

- Identificación de la muestra
- Lugar o punto de muestreo
- Fecha y hora de muestreo
- Nombre de quien toma la muestra
- Volumen de la muestra
- Condición de transporte

c. Métodos utilizados para análisis de especificaciones microbiológicas y fisicoquímicas

1) Análisis fisicoquímico

Las metodologías utilizadas para determinar las características relativas al comportamiento físico y sustancias contenidas en las muestras de agua fueron las siguientes:

- **SMWW:** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.
- **SMT:** Spectroquant Merck Test.

Cuadro 4. Métodos aplicados por parámetro

PARÁMETRO	METODOLOGÍA
Olor:	SMWW 2150 A
pH:	SMWW 4500-H ⁺ B
Conductividad eléctrica:	SMWW 2520 B
Turbiedad:	SMWW2130 B
Hierro total (Fe):	SMT 1.14761.0001
Color:	SMWW 2120 C
Calcio (Ca):	SMWW 3111 B
Magnesio (Mg):	SMWW 3111 B
Dureza total (CaCO ₃):	SMWW 2340 B
Cloruro (Cl ⁻):	SMWW 4500 Cl ⁻ B
Manganeso total (Mn):	SMWW 3111 B
Sulfato (SO ₄ ⁻²):	SMWW 4500 SO ₄ ⁻² E

	SMT 1.145480001
SUBSTANCIA	
Nitrito (NO ₂ ⁻):	SMWW 4500 NO ₂ ⁻ B SMT 1.14776.0002
Nitrato (NO ₃ ⁻):	SMWW 4500 NO ₃ ⁻ B
DQO.	SMWW 5220 D SMT 1.14541.0001
DBO ₅ :	SMWW 5210 D
Sólidos suspendidos totales:	SMWW2540 D
Nitrógeno total:	SMT 1.14537.0001
Fósforo total:	SMWW 4500 P E SMT 1.14543.0001

Fuente: Laboratorio Nacional de salud (LNS), 2019

2) Análisis microbiológico

El análisis microbiológico o bacteriológico para obtención de los resultados de laboratorio se llevó a cabo por medio de la técnica de **Tubos Múltiples de Fermentación para el Grupo Coliforme**, cuantificando los resultados por medio del método de Número Más Probable (NMP) que indica la cantidad de colonias de bacterias formadas presentes en una muestra de agua. De acuerdo con la Normativa Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 “Agua para consumo humano (Agua potable). Especificaciones” en el agua apta para consumo no deben ser detectables Coliformes Totales y *E. Coli* en 100 mL de agua

Cuadro 5. Límites para el método de los tubos múltiples de fermentación, grupo coliforme

Quando se examinan porciones de 10 mL	No más del 10% deben mostrar, en cualquier mes, la presencia del grupo coliforme
No se permitirá la presencia del grupo coliforme en tres o más de las porciones de 10mL de una muestra normal, cuando ocurran:	<ul style="list-style-type: none"> - En dos muestras consecutivas - En más de una muestra mensual, cuando se examinan mensualmente menos de 20 muestras - En más de 5% de las muestras, cuando se examinan mensualmente más de 20 muestras

d. Programa de análisis utilizado

Con respecto a los parámetros fisicoquímicos presentados en el Cuadro 2, el programa de frecuencia utilizado para el análisis de las muestras de agua en el presente estudio corresponde al

tipo **E2**, el cual se considera el **programa de análisis normal** que comprende la ejecución de los análisis de la etapa anterior (Análisis básico tipo E1) ampliado con: olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, ph, conductividad eléctrica, cloruros, dureza, sulfatos, calcio, magnesio, nitratos, nitritos, hierro, manganeso. (*Ver Anexo F*)

2. FASE II: RIESGOS SANITARIOS DEL SISTEMA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Se realizó una visita de campo en coordinación con personal municipal y de salud para evaluar los riesgos específicos que puedan existir en el área de la microcuenca y realizar posteriormente un análisis descriptivo de los resultados del monitoreo de riesgos.

Para el recurso agua como vital sostén y elemento de desarrollo humano, resulta imprescindible realizar monitoreos periódicos para garantizar una calidad aceptable para uso y bienestar de la población.

De acuerdo con Haro *et al.* (2012), el agua de tubería para consumo humano remite a evaluar al menos las fuentes de abastecimiento y el agua potable que se suministra, tanto en términos de su calidad bacteriológica como también físico y química.

En esta sección se realizaron las siguientes actividades para la evaluación del estado actual de riesgos en el área de estudio:

- Se verificó la situación actual de la infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Se realizó un recorrido e identificación de posibles focos de contaminación como basureros clandestinos y sus implicaciones sanitarias.
- Se realizó un recorrido y se verificó de la actividad agropecuaria en el área, para análisis de riesgos por agroquímicos o productos de deshecho animal.
- Se realizó un análisis de la cobertura vegetal.
- Se realizó un análisis de potenciales riesgos geológicos del lugar como derrumbes, erosión y demás dinámicas de la topografía local.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

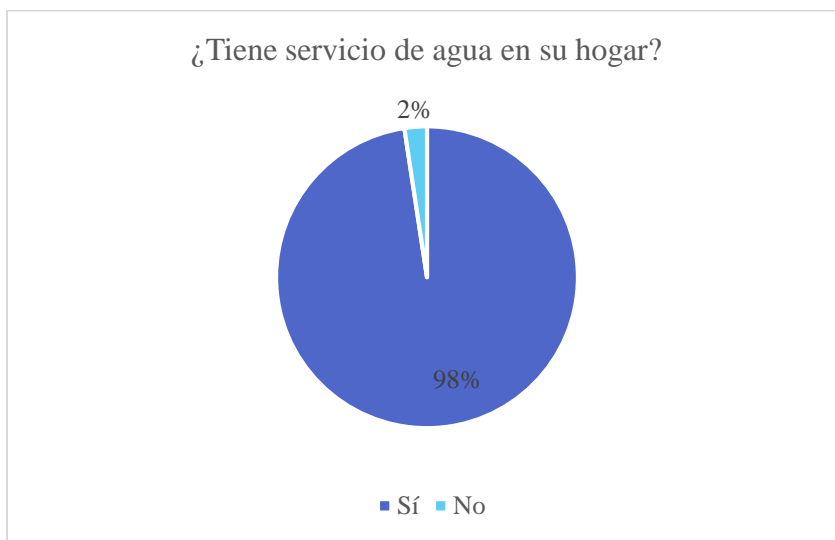
A. AGUA PARA CONSUMO HUMANO

En esta sección se detallan los resultados obtenidos en los cuestionarios realizados como parte de la recopilación de información diagnóstica en Aldea Santo Domingo El Rosario referente al servicio y calidad de agua destinada al consumo humano como también de aguas residuales, la fue encuesta a pobladores de 177 casas de la comunidad para determinar cómo aprovechan el recurso hídrico y la importancia que éste tiene en la salud y calidad de vida de la población. De igual manera conocer el estado actual de los sistemas de agua que abastecen a las familias por medio de sus experiencias en su uso diario.

El instrumento de entrevista utilizado puede consultarse en la parte final de la investigación. Ver Anexo 1.

1. Servicio de agua en el hogar

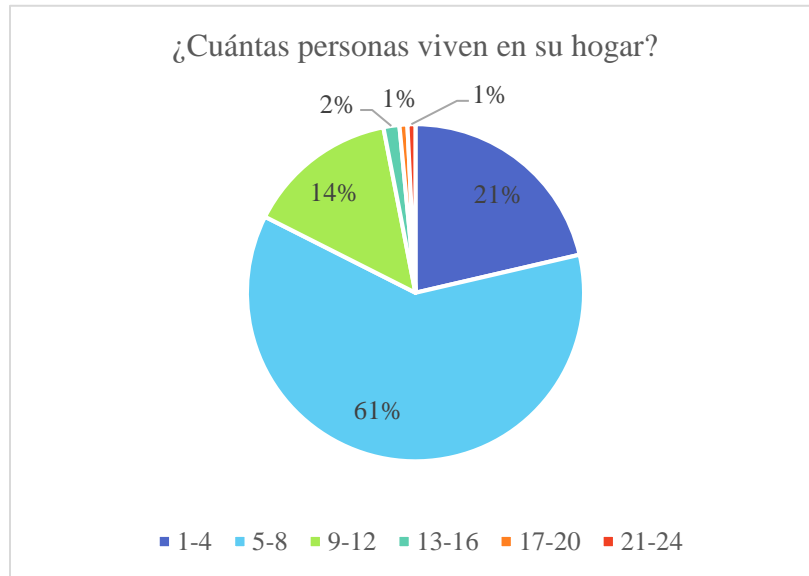
Gráfica 1. Servicio de agua en el hogar



Como puede observarse en la gráfica, de la población encuestada, un 98% expresó que sí cuenta con servicio de agua entubada en sus hogares sin embargo un 2% no cuenta con servicio y esto implica que deben ir a recolectarla manualmente a otros sitios o bien captarla en temporada de lluvias, lo que puede resultar riesgoso para la salud de los habitantes el agua que consumen puede no estar debidamente tratada

2. Número de personas que viven en el hogar

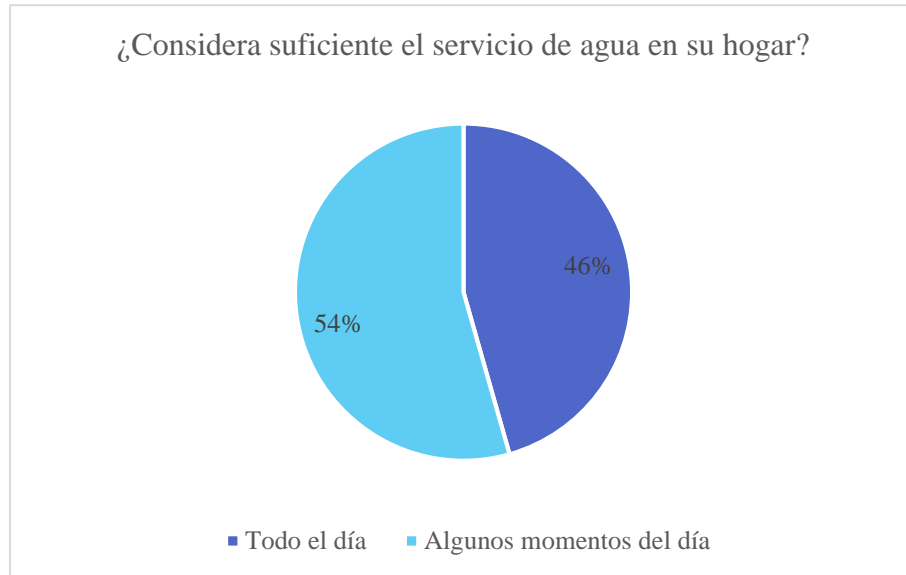
Gráfica 2. Número de personas que vienen en el hogar



Según el estudio realizado se observa que de las familias que habitan en las casas del sector, 108 (61%) de las familias en Aldea Santo Domingo El Rosario cuentan con una cantidad de integrantes que van de 5 a 8 personas siendo así un promedio alto, en su mayor parte debido a una escasa planificación familiar lo que a su vez genera una disminución en la calidad de vida por limitaciones económicas que no alcanzan a sustentar muchas veces las necesidades básicas de los integrantes. Esto se ve reflejado por la pobreza y escasez de recursos que se observó al realizar el estudio; dado que no todos cuentan con un trabajo bien remunerado que satisfaga todas las necesidades primordiales o bien que no poseen un trabajo remunerado y deben subsistir de otras maneras.

3. Disponibilidad del servicio de agua

Gráfica 3. Disponibilidad del servicio de agua en el hogar

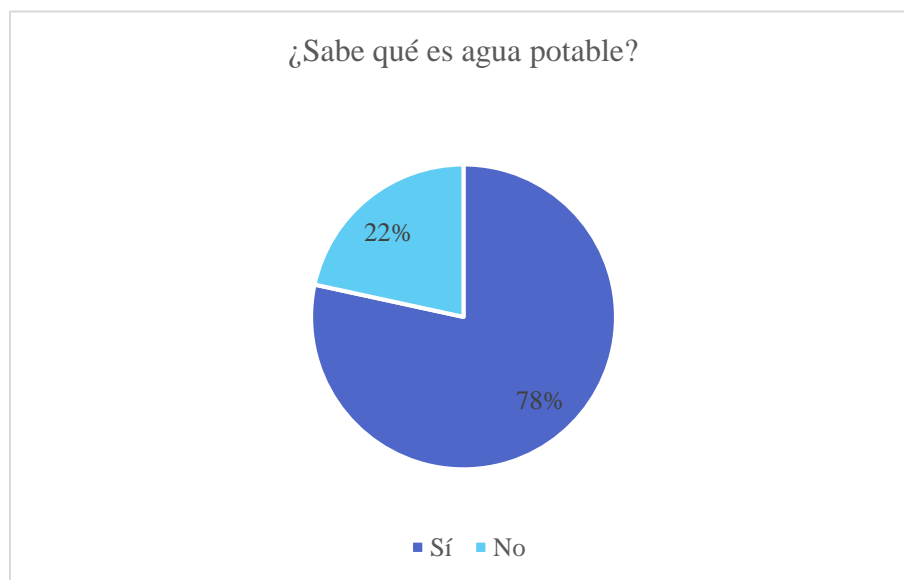


El acceso a agua apta para el consumo humano es un derecho que se tiene desde el nacimiento, sin embargo, se puede observar con facilidad que la población no se encuentra satisfecha con la disponibilidad con la que cuentan de agua de modo que el 46% (81 casas) de los encuestados consideran que la disponibilidad del agua es suficiente en sus hogares dado que poseen el servicio durante todo el día. Así mismo el restante 54% (96 casas) expresaron que la disponibilidad del servicio es irregular en sus hogares y solo gozan del recurso hídrico en algunos momentos del día por lo cual mencionaron que deben ser más cautelosos en cuanto a su uso y cuidado.

Esta carencia en la disponibilidad del agua puede entenderse por el aumento en la tasa de deforestación en las áreas aledañas a los nacimientos que generan un fuerte impacto en la captación y recarga hídrica en los mantos acuíferos, así también, en muchos casos, un uso desmedido o poco responsable por parte de los mismos pobladores lo que al final genera también un impacto negativo en la disponibilidad y calidad del agua.

4. Definición de agua potable

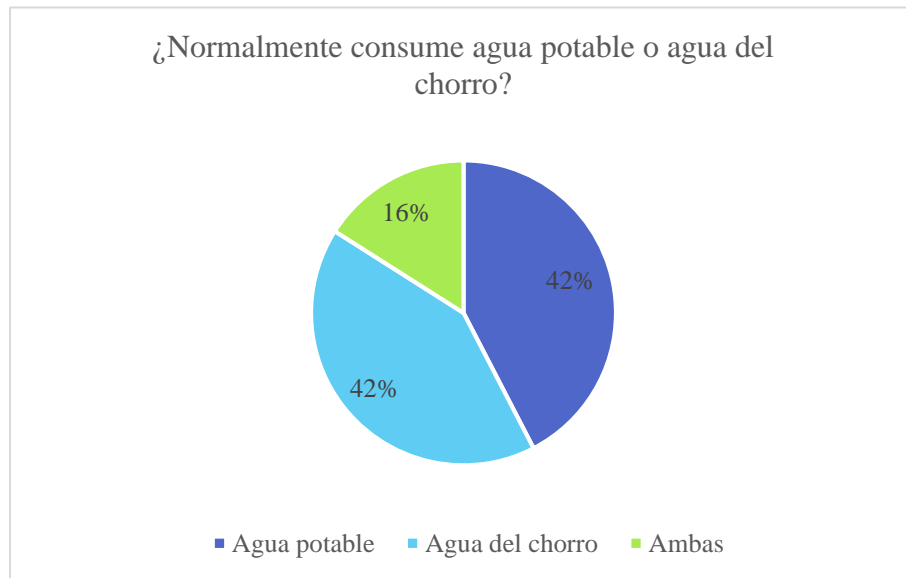
Gráfica 4. Definición de agua potable



Es lamentable que existe un 22% de la población que expresó no saber qué es agua potable como tal. En la mayor parte de los casos el desconocimiento sobre la importancia de saber qué es el agua potable y sus atribuciones lleva al consumo riesgoso de agua no apta para el ser humano que se manifiesta en índices de enfermedades transmitidas por agua contaminada y hasta la muerte. Por otro lado, el 78% de los encuestados manifestaron conocer el concepto principal de agua potable y lo que implica el mismo, por tanto, conocen los riesgos de consumir agua contaminada y se pudo constatar en la preocupación que mostraron al expresar su opinión.

5. Agua para consumir

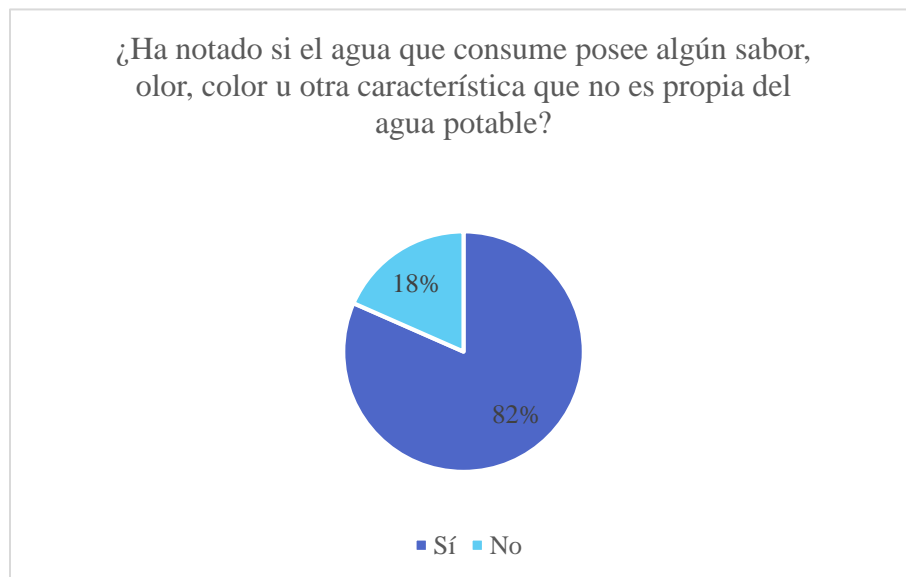
Gráfica 5. Agua que se consume



Los hábitos de consumo de agua de la población son un factor importante para determinar la calidad de salud que pueden tener, según la fuente de la que provenga puede favorecer a una mejor salud o ser un vector para el transporte de contaminante. Según los resultados, en la gráfica se observa que un 42% consume agua potable, entre ésta mencionaron agua embotellada, garrafones, uso de filtros o eco filtros que les da la seguridad que el agua que consumen es más confiable e inocua. El otro 42% expresó consumir agua del chorro, según explicaban, a pesar de un mayor riesgo les resulta más económico al no contar con los recursos suficientes para adquirir equipos o tecnologías más sofisticadas para el tratamiento del agua que consumen. El restante 16% respondió que consume agua de ambos medios.

6. Características del agua

Gráfica 6. Características del agua que consume



En el desarrollo del estudio se notó que un 82% (146 de los encuestados) respondieron que han notado características que no son propias del agua potable proveniente del sistema de la red de distribución entre ellas materias extrañas como larvas, pelos y sedimentos, como también anomalías en las características organolépticas y turbiedad. Este alto porcentaje corresponde y concuerda con las personas que consumen agua de los grifos o chorros representado en la gráfica 5. El 18% (31 encuestados) respondió que no han observado anomalías en el agua que consumen. Este punto refleja deficiencias en los sistemas de captación de agua que permiten la entrada de materias contaminantes y ponen en riesgo la salud de la población.

7. Calidad del agua en temporada de lluvias

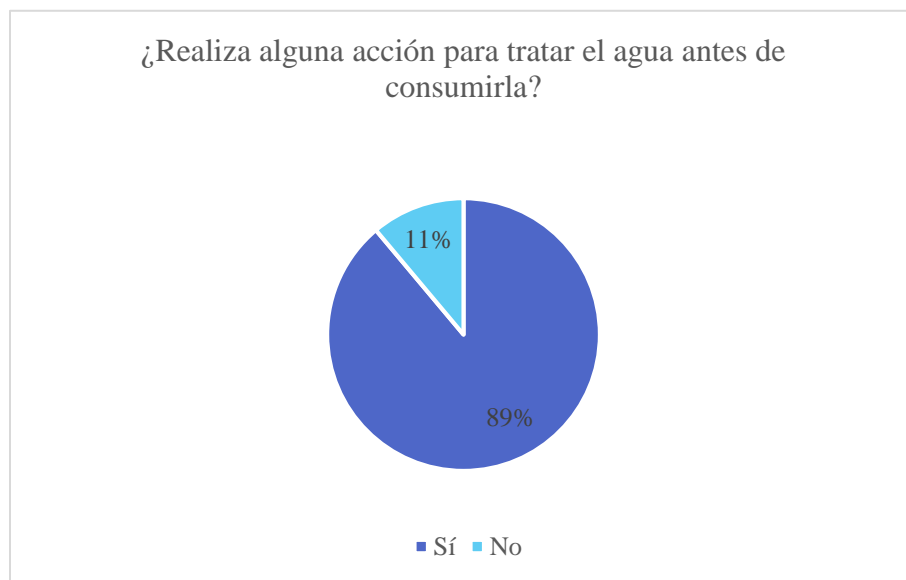
Gráfica 7. Calidad del agua en temporada de lluvias



Es común recibir reportes de una reducción de la calidad del agua en época de lluvias ya que se suele tener corrientes más turbulentas que facilitan el transporte de arena u otros contaminantes, lo que debería indicar la necesidad de darle tratamiento extra durante dicha temporada; esto se puede corroborar por medio de los resultados obtenidos en el estudio que indican que el 98% de los encuestados respondió que el agua en invierno presenta o ha presentado variaciones en la calidad comparado a la época no lluviosa dado que presenta un color más café producto de sedimentos u otros contaminantes arrastrados por las lluvias en la red de distribución hasta llegar a los hogares. Motivo por el cual expresaban su preocupación por ser un posible foco de transmisión de enfermedades siendo los niños y las personas de la tercera edad los más vulnerables. El restante 2% de los encuestados respondieron que no han notado diferencias en cuanto a la calidad del agua en época de invierno.

8. Acciones para tratar el agua

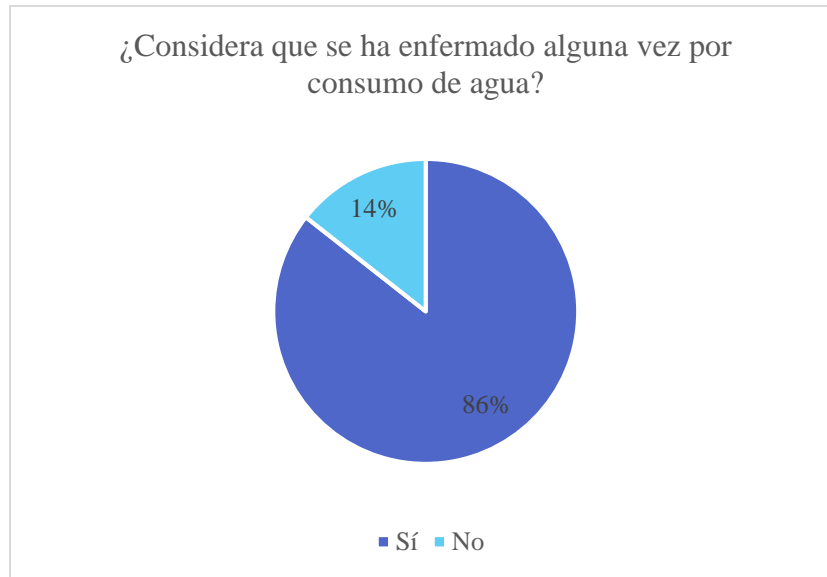
Gráfica 8. Acciones que realiza para tratar el agua que consume



Dependiendo de la calidad, especialmente las características físicas que tenga el agua al momento de recibirla, es de suma importancia que esta reciba algún tipo de tratamiento previo a su consumo por lo que se determinó cuáles eran los hábitos de las personas y se observó que 158 (89%) respondieron que sí realizan acciones para tratar el agua que consumen proveniente de la red de abastecimiento, entre los principales métodos mencionaron clorar y hervir el agua como medidas preventivas para proteger su salud. El 11% (19 personas) indicaron que no realizan ninguna actividad para tratar el agua antes de su consumo; esto representa un motivo de inquietud debido a que como se mencionó en preguntas anteriores, un muy alto porcentaje reporta que el agua que reciben no es de buena calidad lo que pone en riesgo su salud e integridad física.

9. Enfermedades por consumo de agua

Gráfica 9. Enfermedades por consumo de agua contaminada



Como se indicó anteriormente, la calidad del agua es un factor que determina a grandes rasgos la situación de salud de la población, en el estudio se determinó que el 86% de las personas respondió que sí se ha enfermado o sabe de un caso en el que la persona haya padecido de alguna enfermedad transmitida por consumo de agua contaminada especialmente en niños y ancianos. El 14% de las personas respondieron que no han padecido afecciones causadas por el consumo de agua. Es importante resaltar que la importancia del derecho al agua toma mayor importancia en el momento que las personas se informan sobre ello. Esto involucra tanto las condiciones salubres en las que deben recibirla como también las prácticas de la misma población en cuanto a su uso responsable. Las enfermedades que se transmiten por el agua son las del aparato digestivo, proceden en su mayoría de descargas intestinales de enfermos o portadores (MSPAS, 1991:32).

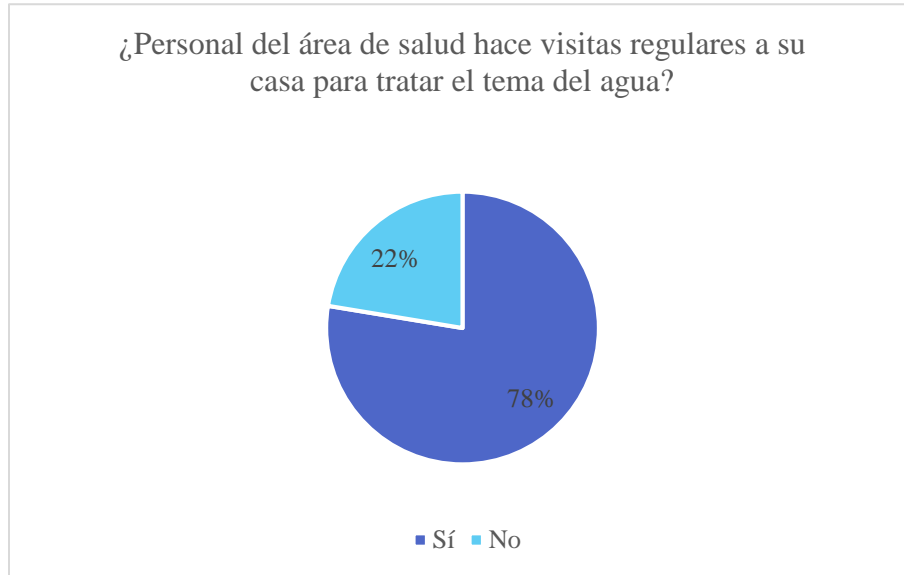
Cuadro 6. Enfermedades transmitidas por consumo de agua contaminada

Enfermedades transmitidas por consumo de agua contaminada	
Fiebre Tifoidea	Infestaciones parasitarias
Paratifoidea	Hepatitis infecciosa
Disenteria Bacilar	Gastroenteritis
Disenteria Amibiana	Diarreas
Cólera	

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 1991.

10. Visitas de personal del área de salud

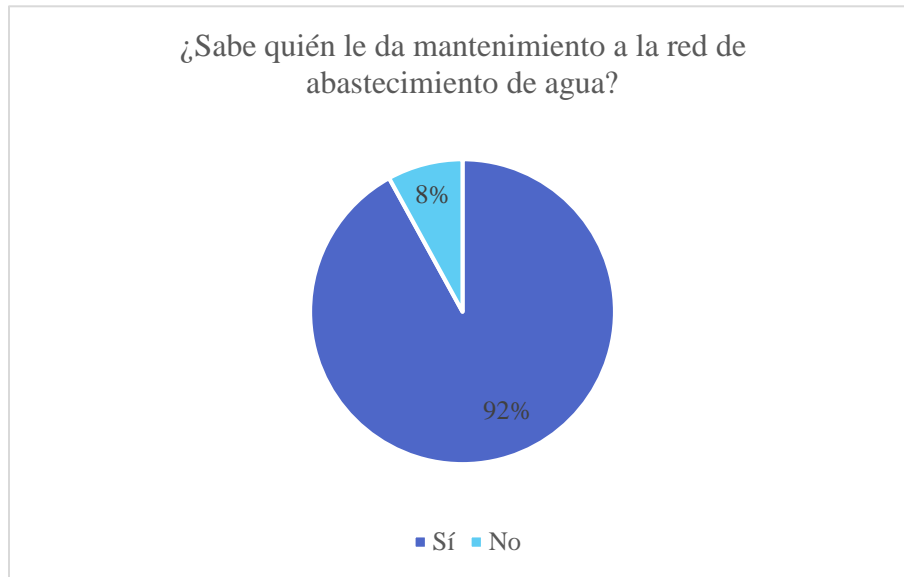
Gráfica 10. Visitas del área de salud a los hogares



En esta pregunta se determinó que el 78% indicó que sí ha recibido visitas del personal de salud a sus hogares para tratar aspectos de salubridad por agua. El otro 22% dijo que no ha recibido visitas, aquí se demuestra poco interés de las autoridades locales respecto a la situación sanitaria y acceso a agua potable en la aldea.

11. Mantenimiento a la red de abastecimiento de agua

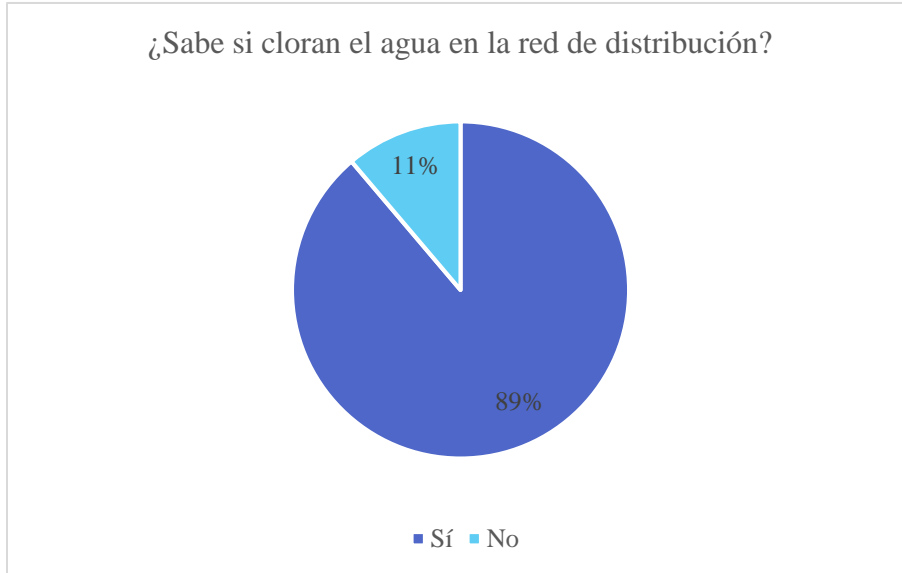
Gráfica 11. Mantenimiento a la red de abastecimiento de agua



Tener conocimiento de quiénes son los encargados de darle mantenimiento al sistema representa una ventaja para la población, mientras más personas lo sepan, más podrán exigir que se le dé mantenimiento a la red y con ello mejorar las condiciones de vida de las personas. El 92% manifestaron tener conocimiento de quién es el ente responsable de darle mantenimiento a la red de abastecimiento de agua en aldea, explicando que los trabajos los coordina el COCODE de la comunidad y fontanero municipal. El 8% expresó no saber quién es el encargado de dichas labores.

12. Cloración del agua

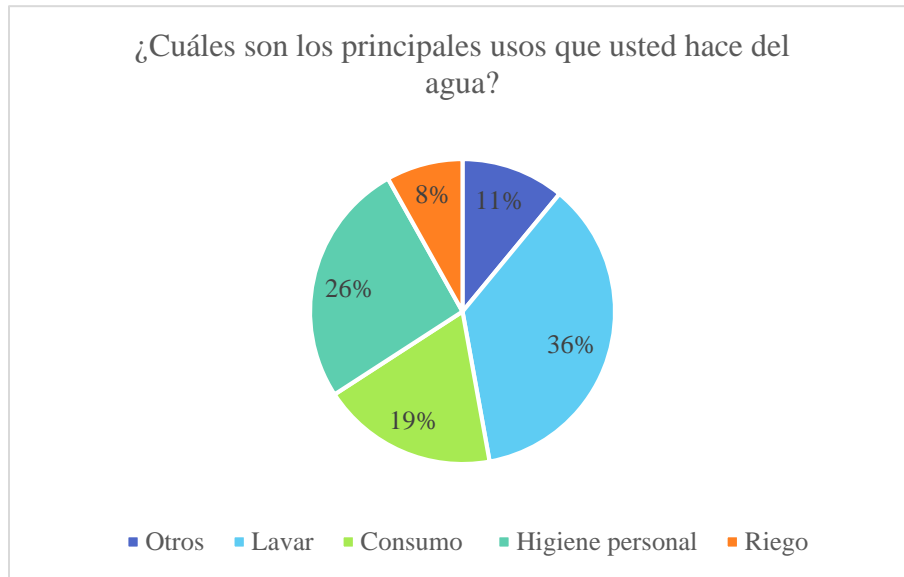
Gráfica 12. Cloración del agua en la red de distribución



Según se puede notar en la gráfica que el 89% de las personas bajo estudio afirmaron saber que el agua del sistema efectivamente pasa por un proceso de cloración previo a su disposición en los hogares y 11% restante respondieron no saber si el agua es clorada en el proceso. Varios de los encuestados manifestaron que el agua que reciben no suele parecer confiable para su consumo (esto también demuestra desconocimiento ya que un sistema de cloración no es suficiente para hacer el agua apta para su consumo).

13. Usos del agua

Gráfica 13. Principales usos que se da al agua

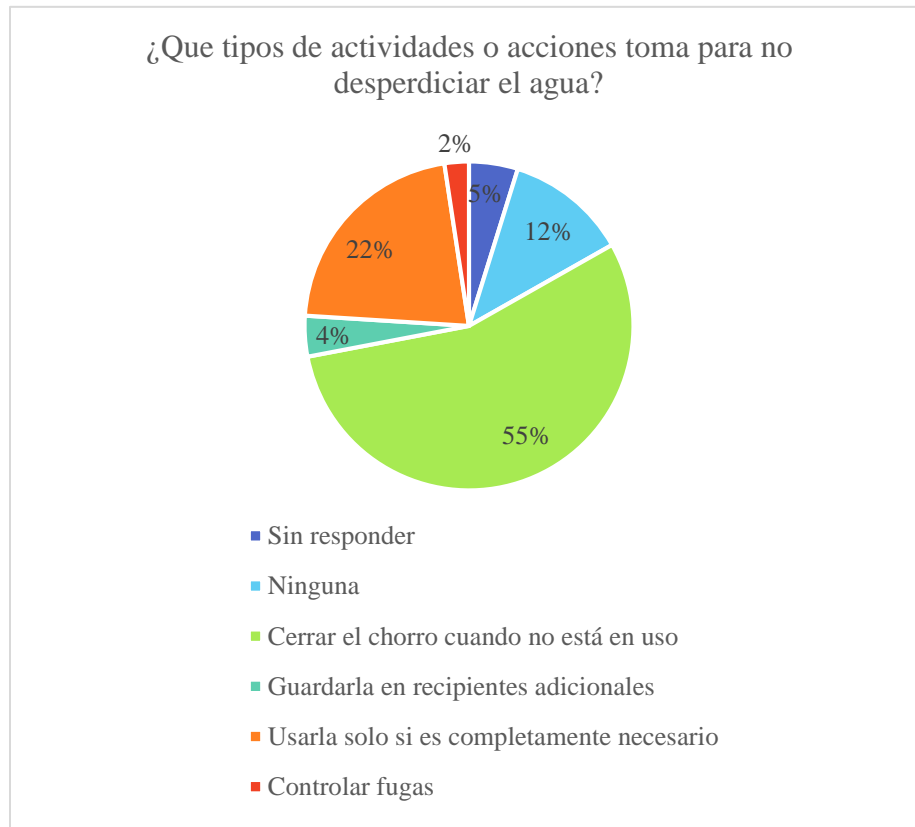


Según la Gráfica No. 13, las personas encuestadas destinan el 36% del agua para el lavado de ropa y utensilios domésticos siendo el uso más amplio que las personas hacen, el 26% es usado para actividades de higiene personal entre ellas bañarse, lavado de dientes y manos, entre otros. El 19% es destinado al consumo humano, entre esto se menciona principalmente el lavado y cocción de los alimentos y la bebida del vital líquido. El 8% del agua, es utilizada irrigación de cultivos y jardines y el 11% restante es utilizada para otras actividades que no son las anteriormente mencionadas.

En estas actividades domésticas existen prácticas que generan un alto derroche del agua por falta de conciencia del valor que representa el vital líquido, dado que la utilizan muchas veces sin responsabilidad pensando que es un recurso ilimitado cuando en realidad es un recurso muy escaso.

14. Acciones para cuidar el agua

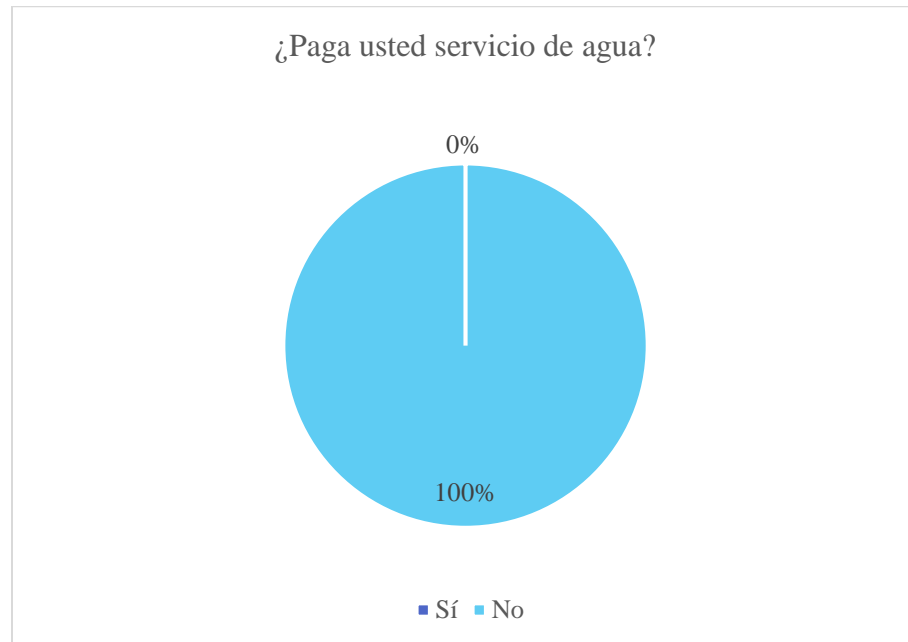
Gráfica 14. Acciones para cuidar el agua



Basado en la gráfica de resultados se observa que el 55% (97) de las personas verifican que las llaves que no están utilizando estén cerradas para preservar el recurso hídrico. El 22% (39) de los encuestados expresaron que solo utilizan el agua si es muy necesario, caso contrario evitan su uso. 12% (21) de las personas indicaron abiertamente que no toman ninguna acción para cuidar el agua en sus hogares, algo que es preocupante porque indica que existe alta carencia de conciencia ambiental. 4% (7) de las personas dijeron que almacenan el agua en recipientes adicionales para su uso en otros momentos. 2% (4) de los encuestados buscan la forma de controlar las posibles fugas para evitar el derrame de agua y el 5% (9) restante no respondió a la pregunta. Es importante fomentar en la sociedad el uso responsable y cuidado del agua ya que se observa que sí existe desinformación y falta de importancia sobre el tema. Con el paso del tiempo el impacto generado por esta falta de conciencia dará como resultado un aumento grave a los problemas relacionados con la escasez y calidad del agua como por ejemplo enfermedades y conflictos sociales relacionados al vital líquido.

15. Pago del servicio de agua

Gráfica 15. Pago del servicio de agua



En el estudio se determinó que el 100% de la población indicó que no paga servicio de agua en Aldea Santo Domingo El Rosario porque expresan que los nacimientos están situados en la comunidad y es un beneficio propio de su área. Indicaron que han contado con este privilegio desde mucho tiempo atrás, gestionado por medio de los vecinos y los COCODES locales. Esto es completamente beneficioso para la población, esto demuestra que se cumple con el derecho al acceso.

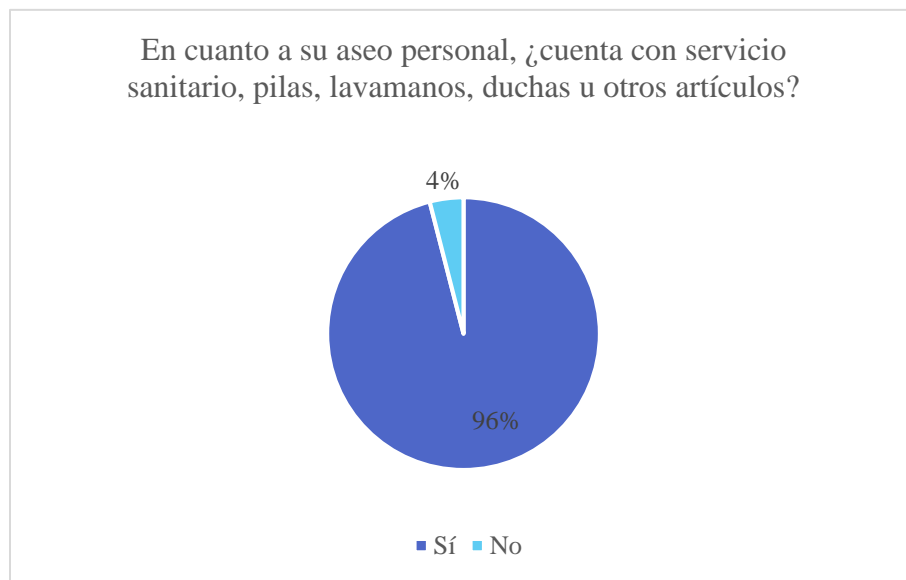
B. AGUAS RESIDUALES

Con el objetivo de recabar información de la población local en cuanto a su punto de vista en el tema de aguas residuales, se procedió a realizar una encuesta referente al estado actual de los sistema de deshecho y descargas de las aguas servidas de los hogares seleccionados aleatoriamente para verificar el impacto ambiental generado por el mismo y cómo las personas hacen uso de técnicas o acciones que busquen minimizar el daño ambiental provocado por un mal control de las aguas residuales y una escasa participación de las autoridades municipales para su manejo y que al final contaminan y afectan las fuentes hídricas en la zona.

Para ello se presentan los resultados obtenidos a partir de las gráficas que se detallan a continuación. Consultar Anexo No. 1 de esta investigación:

1. Artículos para aseo personal

Gráfica 16. Disposición de artículos para aseo personal



El agua es indispensable para mantener una higiene adecuada y para ello se requiere de ciertos artículos que permiten mantenerla. En el estudio se determinó que el 96% de los encuestados sí cuentan con los servicios básicos en sus hogares entre ellos sanitarios, pilas, lavaplatos, lavamanos y duchas para realizar sus ocupaciones diarias. De las personas bajo estudio el 4% restante mencionó que no cuentan con uno o varios de estos servicios por lo que se valen de otros medios para sus realizar sus quehaceres diarios.

2. Drenajes para aguas servidas

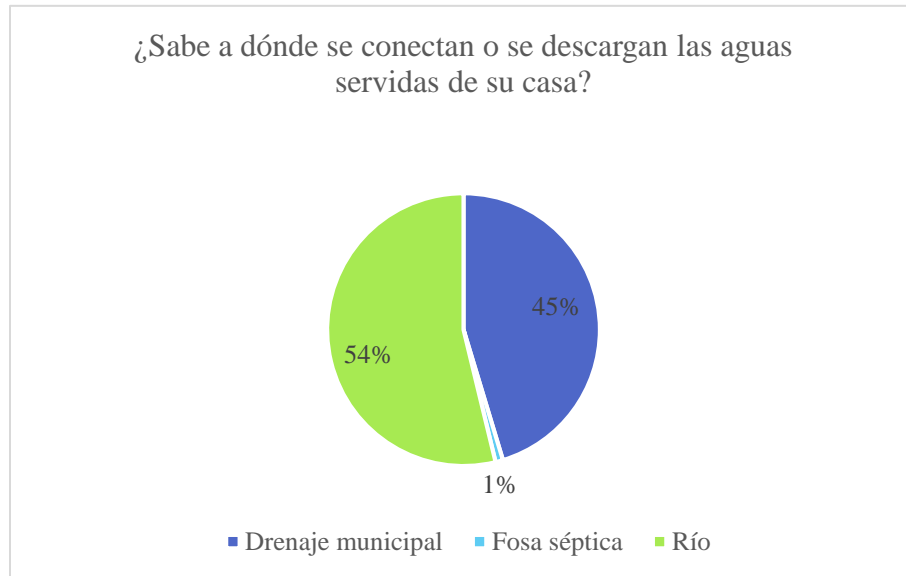
Gráfica 17. Drenajes de aguas servidas



Las aguas servidas, como cualquier residuo obtenido por actividades antropogénicas, deben recibir un tratamiento adecuado y para ello es necesario contar con la infraestructura que permita transportarla a un punto de tratamiento, en este caso a una PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales), por ello se determinó por medio del estudio qué porcentaje de la población cuenta con esta infraestructura, de modo que el 77% de las personas respondieron que sí, cuentan con drenajes para el transporte de las aguas servidas en sus hogares. Caso contrario con el 23% expresó que no cuentan con dichos drenajes lo que refleja una deficiente administración del gobierno local, esto refleja que no hay un control adecuado de la disposición de las aguas residuales de las viviendas, así como por la falta de infraestructura a la cual puedan conectarse.

3. Descarga de las aguas servidas

Gráfica 18. Descarga de las aguas servidas

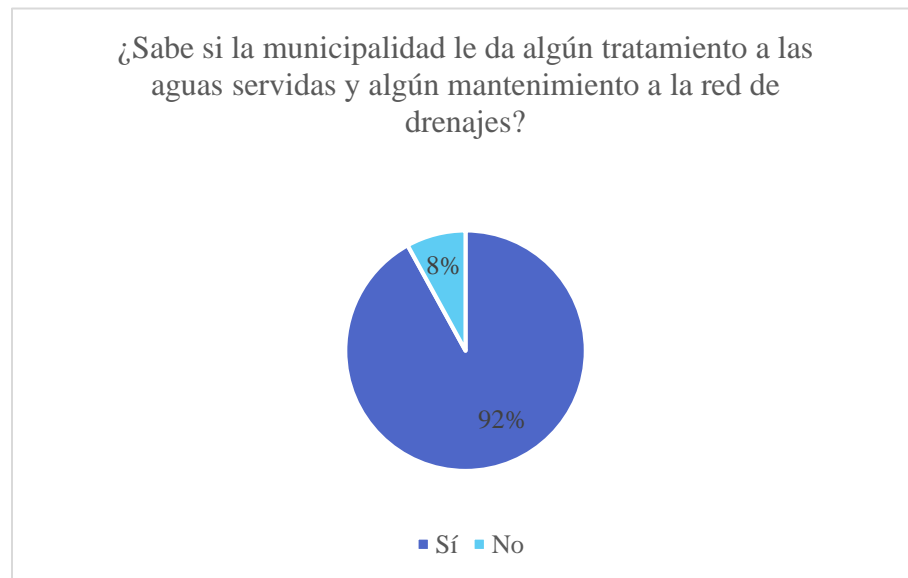


El contar con un buen sistema de drenajes y manejo de las aguas residuales domiciliarias es vital para garantizar la preservación de los recursos hídricos vulnerables siendo por ejemplo los ríos los más afectados por ser el principal sitio de descargas finales de aguas servidas que afectan los ecosistemas y ponen en riesgo la salud humana dada la alta contaminación. Esto es un tema que debe ser prioridad para cualquier gobierno y población en general.

El 54% de los encuestados mencionaron poseer drenajes en sus casas que conectan con el alcantarillado municipal para la descarga de sus aguas residuales. El 45% mencionó no contar con conexión a los drenajes municipales y en lugar de ello la disposición final de las mismas se realiza directamente al río más cercano o también a las calles convirtiéndose en un gran problema sanitario y ambiental. El 1% de los encuestados dijeron descargar las aguas a una fosa séptica.

4. Tratamiento a las aguas servidas por la municipalidad

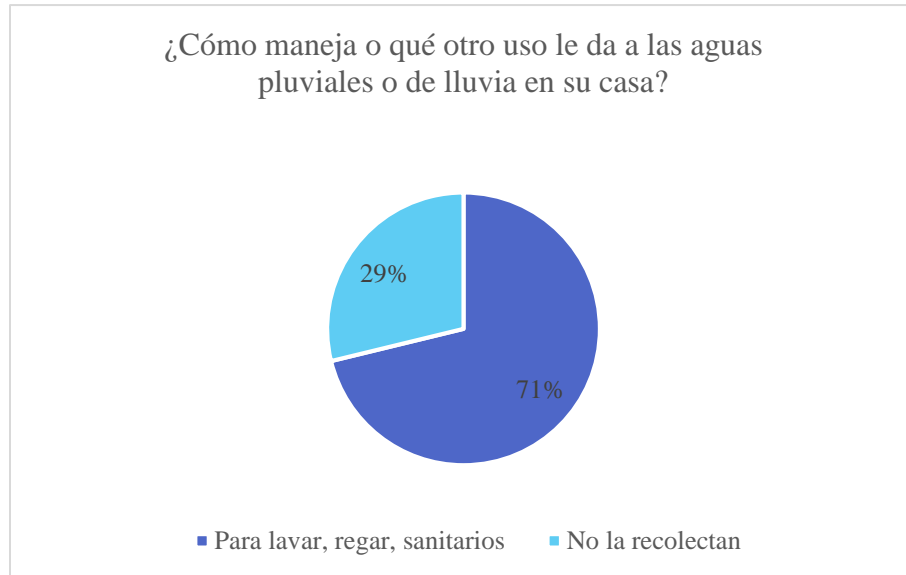
Gráfica 19. Tratamiento a las aguas servidas



La mayor parte de los encuestados (92%) indicó que tiene conocimiento o cree que la Municipalidad de El Tejar realiza algún tipo de tratamiento a las aguas residuales generadas en Aldea Santo Domingo El Rosario como también mantenimiento a la red de drenajes existente. Sin embargo, el 8% no tiene la certeza o no cree que las aguas residuales reciban algún tipo de tratamiento, este porcentaje podría verse relacionado con las personas que no cuentan con conexión al sistema municipal.

5. Manejo de las aguas pluviales

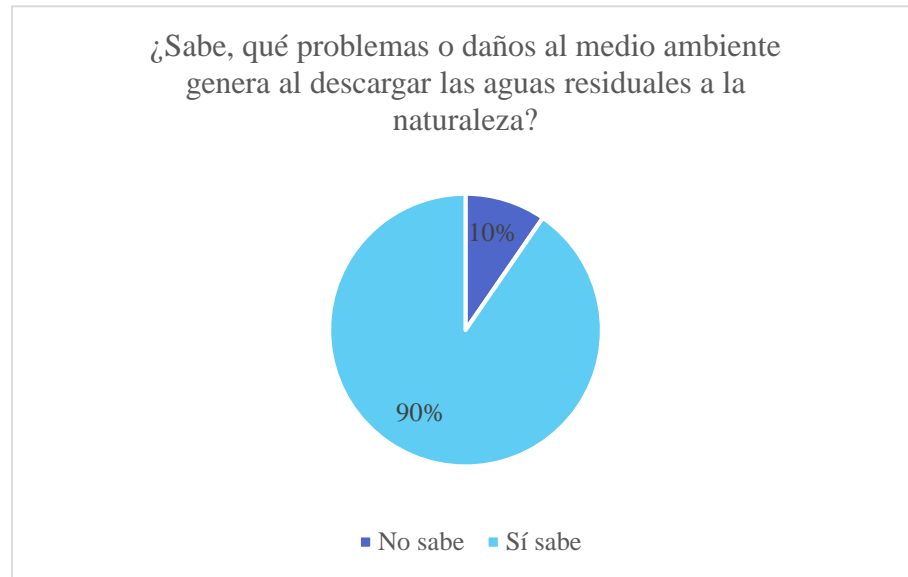
Gráfica 20: Aguas pluviales en el hogar



El agua pluvial puede aprovecharse para diversos usos, en la gráfica se observa que el 71% de las personas mencionaron que sí recolectan y aprovechan el agua de las precipitaciones pluviales principalmente para usos como lavado, riego entre otros. Contrariamente el 29% mencionó que no aprovechan el agua de lluvia para ningún uso doméstico. Es importante destacar que ninguno de los encuestados posee ningún sistema de dirección del agua de lluvia a algún pozo o drenaje de infiltración para devolver el agua a los mantos freáticos. En lugar de ello sus tuberías o drenajes dirigen la escorrentía directamente a las calles o a los drenajes municipales limitando así la capacidad del agua de recargar los mantos freáticos y reabastecer los caudales de los manantiales naturales.

6. Daño ambiental provocado por aguas residuales

Gráfica 21. Daño ambiental generado por descarga de aguas residuales



Esta resulta ser una pregunta muy importante dado que muestra el nivel de percepción y conciencia ambiental de la comunidad al entender la fragilidad de los recursos naturales en cuanto al impacto de las actividades humanas.

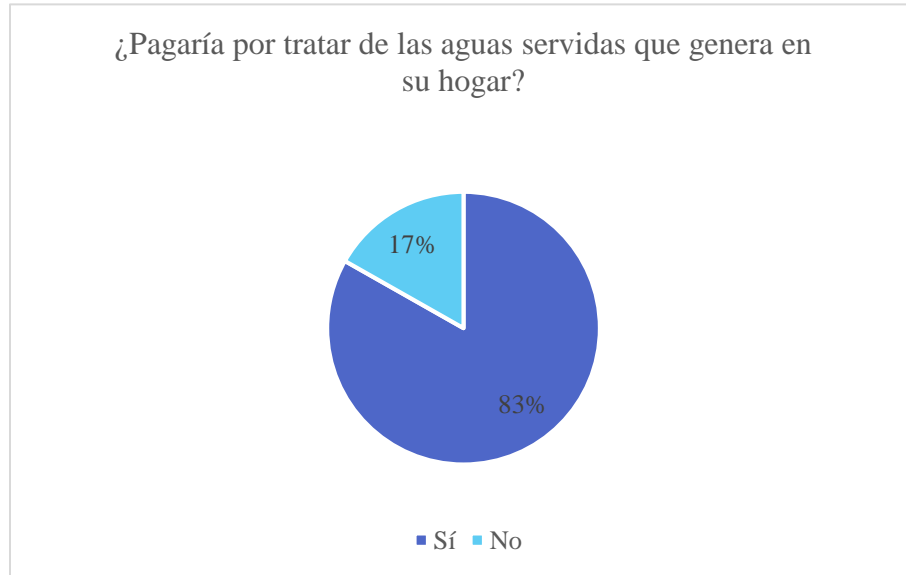
El 90% de las personas declaró saber el impacto negativo que provoca un deficiente manejo de las aguas residuales en cuanto a su descarga a los cuerpos receptores finales como lo puede ser un río. Ellos ponían de ejemplo el río que desciende de las montañas de la comunidad y que atraviesa la aldea y donde se le puede observar también un grado importante de contaminación.

Entre los principales problemas que puede conllevar la contaminación por aguas residuales, las personas resaltaron el alto riesgo de la proliferación de vectores de enfermedades causadas por agua contaminada, también el impacto negativo a la flora y fauna por muerte de especies causadas por la contaminación.

El 10% de los pobladores expresó no saber o bien restaron importancia al daño ambiental que genera la descarga de aguas residuales a la naturaleza, esto contrasta con hogares y pobladores que descargan sus aguas residuales directamente al río de la comunidad al no estar conectados a la red de drenajes municipal y que desechan también su basura al río y barrancos cercanos por falta de una educación ambiental integral.

7. Pago por tratamiento de aguas residuales

Gráfica 22. Pago tratamiento de aguas residuales

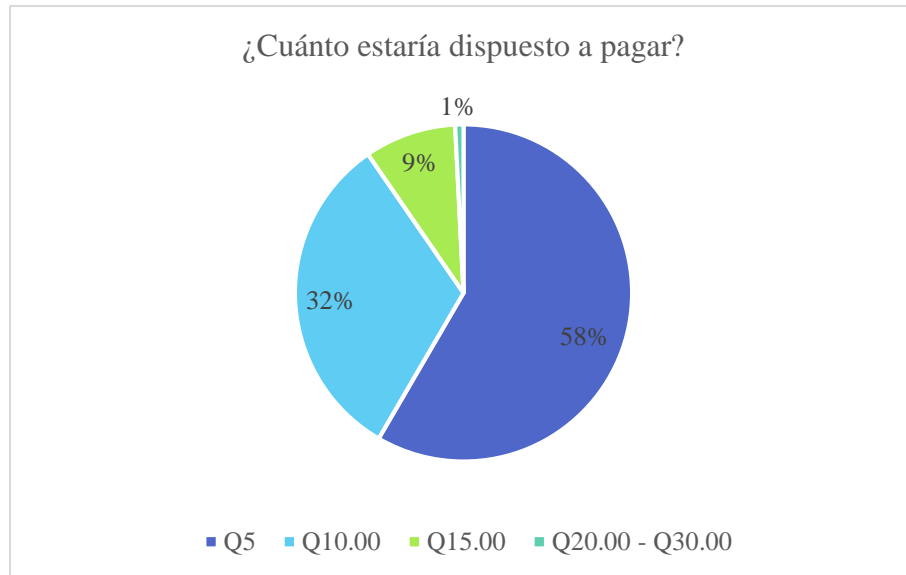


En esta gráfica se observa que el 83% (147) de los pobladores encuestados indicaron que sí estarían de acuerdo con pagar una cuota mensual a las autoridades competentes para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la comunidad. Ellos se mostraron dispuestos a cooperar con una cuota determinada dado que expresaban su preocupación por el aumento de enfermedades causadas por consumo de agua contaminada, así como también la disminución en la disponibilidad de este recurso, producto de la sobreexplotación y mal manejo que con el pasar de los años han generado conflictos.

El 17% (30 de los encuestados) dijo no estar de acuerdo con pagar una determinada cuota para el desarrollo de proyectos dedicados al manejo y tratamiento de las aguas residuales en la comunidad, en su mayoría debido a que su nivel de ingresos es muy bajo.

8. Cuota en disposición a pagar para tratamiento de aguas residuales

Gráfica 23. Cuota a pagar



Para esta pregunta se hizo el supuesto de que, si se implementaban proyectos y acciones de las autoridades para el tratamiento de las aguas residuales en la comunidad, cuánto estarían ellos dispuestos a pagar en una cuota mensual destinada al manejo de estas si en caso estaban de acuerdo.

El 58% (86) de los encuestados dijo estar dispuesto a pagar una cuota módica mensual de alrededor de Q5.00 para el tratamiento de las aguas residuales. El 32% (47) dijo que estaría dispuesto a pagar una cuota de unos Q10.00. El 9% (13) una cuota de Q15.00 y finalmente el 1% (1) de los entrevistados mencionó incluso que estaba de acuerdo con destinar una cantidad de entre Q20.00 a Q30.00 para el correcto manejo de las aguas servidas generadas.

Es importante mencionar que se trata de la respuesta brindada únicamente por aquellos que respondieron de forma afirmativa a la pregunta anterior.

Durante todo el proceso del estudio se les recalcó a las personas la importancia de valorar y cuidar los recursos hídricos haciéndoles ver cómo la escasez por la sobreexplotación del recurso está por encima de su capacidad de recarga natural y cómo la deforestación y contaminación por las actividades humanas van limitando cada vez más su disponibilidad y amenazando así a las futuras generaciones.

C. MEDICIÓN DE CAUDALES

1. Tanque de almacenamiento sistema No. 1

El tanque de almacenamiento es alimentado por el agua de tres nacimientos distribuidos en dos tuberías de alimentación (una proveniente del Nacimiento El Roble y otra proveniente del Nacimiento El Túnel y Néstor).

Para la determinación de los caudales se utilizó el método volumétrico, el cual consistió en la utilización de un balde aforado a 5 galones (18.9271 L) y se tomó el tiempo en el que se alcanzaba el aforo; esto para cada una de las tuberías de alimentación con cinco corridas para obtener resultados estadísticamente significativos.

Cuadro 7. Tiempos de aforo en tuberías de alimentación sistema No. 1

Procedencia del agua	No. Corrida	Volumen (gal)	Volumen (L)	Tiempo (s)
Nacimiento El Roble	1	5	18.9271	57.49
	2	5	18.9271	54.54
	3	5	18.9271	55.15
	4	5	18.9271	56.36
	5	5	18.9271	56.06
Tiempo promedio				55.92
Nacimiento El Túnel y Néstor	1	5	18.9271	26.74
	2	5	18.9271	27.59
	3	5	18.9271	27.96
	4	5	18.9271	27.36
	5	5	18.9271	27.15
Tiempo promedio				55.92

Con los datos obtenidos en la Cuadro 7 es posible determinar el caudal por medio de la siguiente ecuación.

Cuadro 8. Cálculo de caudal

Cálculo	Fórmula	Descripción
Caudal	$Q = \frac{V}{t}$	Q= Caudal V= Volumen t= tiempo

Así, sustituyendo los valores de tiempo promedio obtenidos y el volumen del balde aforado, se determinó los caudales de las distintas fuentes de alimentación del tanque de captación.

Cuadro 9. Caudal sistema No. 1

Nacimiento	Caudal (L/s)	Caudal (gal/min)
El Roble	0.338	5.365
El Túnel y Néstor	0.692	10.965
Caudal total de alimentación	1.03 L/s	16.330

2. Tanque de captación sistema No. 2

El sistema No. 2 de abastecimiento recibe agua del Nacimiento El Encino y la determinación del caudal de dicho tanque de captación, al igual que para el sistema No. 1 se realizó por medio del sistema volumétrico con un balde aforado de 5 galones (18.9271 L) con cinco corridas.

Cuadro 10. Tiempos de aforo en tuberías de alimentación sistema No. 2

Procedencia del agua	No. Corrida	Volumen (gal)	Volumen (L)	Tiempo (s)
Nacimiento El Encino	1	5	18.9271	42.13
	2	5	18.9271	41.59
	3	5	18.9271	42.18
	4	5	18.9271	42.04
	5	5	18.9271	42.09
Tiempo promedio				42.006

Cuadro 11. Caudal sistema No. 2

Nacimiento	Caudal (L/s)	Caudal (gal/min)
El encino	0.451	7.14

La medición de caudales permite determinar la dotación litros por habitante día (lt /hab /día); que indica la cantidad estimada de agua para su consumo diario. Según el Acuerdo Ministerial No. 572-2011, en el Artículo 10, inciso d. establece que para servicio de conexiones intradomiciliarias con opción a varios grifos por vivienda la dotación debe ser de 90 a 170 litros por habitante por día.

Cuadro 12. Cálculo para la determinación de dotación actual de agua

Cálculo	Fórmula	Descripción
Dotación actual de agua	$D_t = \frac{Q * 86400}{P_0}$	D_t = Dotación actual Q = Caudal medio en L/s 86400= factor para convertir el caudal a L/día P_0 = Población actual

a. Determinación de la dotación de agua actual

- Caudal total de abastecimiento

$$Q_t = 0.451 \frac{L}{s} + 1.03 \frac{L}{s} = 1.481 \frac{L}{s}$$

- Dotación actual de agua

$$\frac{1.481 \frac{L}{s} * 86400 \frac{s}{día}}{2961 \text{ hab}^*} = \boxed{43.22 \frac{L}{\text{hab} \cdot \text{día}}}$$

*Dato obtenido del Censo Nacional (INE, 2019).

Es evidente que la dotación es significativamente menor a la establecida por el Acuerdo Ministerial No. 572-2011 (90 a 170 lt /hab /día); esto concuerda por lo reportado por los habitantes de la zona en la pregunta No. 3 de la encuesta realizada (*Ver Anexos y sección de resultados encuestas*) en donde 96 personas de las encuestadas indicaron que el servicio funciona de forma irregular y únicamente disponen de agua en algunos momentos del día.

D. RESULTADOS MUESTREO DE AGUA CONFORME A NORMATIVA TÉCNICA-LEGAL VIGENTE

Para todos los muestreos y logísticas con el Laboratorio Nacional de Salud, los procesos fueron realizados en cooperación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, específicamente en acompañamiento del inspector de saneamiento Brandon Figueroa quien fue el contacto con el Laboratorio Nacional de Salud como representante autorizado del distrito de salud de El Tejar, Chimaltenango.

1. Agua para consumo humano

Cuadro 13. Análisis fisicoquímico Tanque Aldea Santo Domingo (Sistema No.1)

CARACTERÍSTICA	RESULTADO	SEGÚN NORMA		METODOLOGÍA
		LMA*	LMP*	
Olor:	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	SMWW 2150 A
pH:	7,0	7,0 – 7,5	6,5 – 8,5	SMWW 4500-H+B
Conductividad eléctrica:	256,3 µS/cm	750,0 µS/cm	1500,0 µS/cm	SMWW 2520 B
Turbiedad:	11,0 UNT	5,0 UNT***	15,0 UNT***	SMWW2130 B
Hierro total (Fe):	0,1 mg/L	0,03 mg/L	-----	SMT 1.14761.0001
Color:	24,9 u	5,0 u***	35,0 u***	SMWW 2120 C
Calcio (Ca):	21,3 mg/L	75,0 mg/L	150,0 mg/L	SMWW 3111 B
Magnesio (Mg):	10,1 mg/L	50,00 mg/L	‘100,0 mg/L	SMWW 3111 B
Dureza total (CaCO ₃):	94,8 mg/L	100,0 mg/L	500,0 mg/L	SMWW 2340 B
Cloruro (Cl ⁻):	4,3 mg/L	100 mg/L	250 mg/L	SMWW 4500 Cl ⁻ B
Manganeso total (Mn):	<0,3 mg/L	0,1 mg/L	0,4 mg/L	SMWW 3111 B
Sulfato (SO ₄ ⁻²):	11 mg/L	100 mg/L	250 mg/L	SMWW 4500 SO ₄ ⁻² E SMT 1.145480001
SUBSTANCIA				
Nitrito (NO ₂ ⁻):	< 0,03 mg/L	-----	3,0 mg/L	SMWW 4500 NO ₂ ⁻ B SMT 1.14776.0002
Nitrato (NO ₃ ⁻):	29,93 mg/L	-----	50,0 mg/L	SMWW 4500 NO ₃ ⁻ B

*La muestra fue analizada a temperatura de 24,0 °C

Fuente: (Laboratorio Nacional de Salud, 2019)

Cuadro 14. Análisis fisicoquímico Colonia Ingeniero Aldea Santo Domingo (Sistema No. 2)

CARACTERÍSTICA	RESULTADO	SEGÚN NORMA		METODOLOGÍA
		LMA*	LMP*	
Olor:	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	SMWW 2150 A
pH:	7,2	7,0 – 7,5	6,5 – 8,5	SMWW 4500-H ⁺ B
Conductividad eléctrica:	196,4 µS/cm	750,0 µS/cm	1500,0 µS/cm	SMWW 2520 B
Turbiedad:	5,6 UNT	5,0 UNT***	15,0 UNT***	SMWW2130 B
Hierro total (Fe):	< 0,03 mg/L	0,03 mg/L	-----	SMT 1.14761.0001
Color:	11,1 u	5,0 u***	35,0 u***	SMWW 2120 C
Calcio (Ca):	14,5 mg/L	75,0 mg/L	150,0 mg/L	SMWW 3111 B
Magnesio (Mg):	8,1 mg/L	50,00 mg/L	'100,0 mg/L	SMWW 3111 B
Dureza total (CaCO ₃):	69,3 mg/L	100,0 mg/L	500,0 mg/L	SMWW 2340 B
Cloruro (Cl ⁻):	2,5 mg/L	100 mg/L	250 mg/L	SMWW 4500 Cl ⁻ B
Manganeso total (Mn):	<0,3 mg/L	0,1 mg/L	0,4 mg/L	SMWW 3111 B
Sulfato (SO ₄ ⁻²):	5 mg/L	100 mg/L	250 mg/L	SMWW 4500 SO ₄ ⁻² E SMT 1.145480001
SUBSTANCIA				
Nitrito (NO ₂ ⁻):	< 0,03 mg/L	-----	3,0 mg/L	SMWW 4500 NO ₂ ⁻ B SMT 1.14776.0002
Nitrato (NO ₃ ⁻):	6,63 mg/L	-----	50,0 mg/L	SMWW 4500 NO ₃ ⁻ B

*La muestra fue analizada a temperatura de 24,1 °C

Fuente: (Laboratorio Nacional de Salud, 2019)

De las características y sustancias analizadas, las muestras **CUMPLEN** con la Normativa Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 “Agua para consumo humano (Agua potable). Especificaciones”; esto significa que el agua es apta para el consumo humano.

Cuadro 15. Análisis microbiológico sistema No. 1 y sistema No. 2

LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	COLIFORMES TOTALES	<i>ESCHERICHIA COLI</i>
Muestra No. 1 – Tanque Aldea Santo Domingo (Sistema 1)	< 1.1 NPM/100mL	<1.1 NMP/100mL
Muestra No. 2 – Sistema Colonia Ingeniero Aldea Santo Domingo (Sistema 2)	< 1.1 NPM/100mL	< 1.1 NPM/100mL

Fuente: (Laboratorio Nacional de Salud, 2019)

Los datos reportados indican una presencia menor a 1.1 NMP/mL en las muestras, por tanto, estas **CUMPLEN** con la normativa y es considerada como agua apta para el consumo.

Los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en funcionamiento actualmente, si cumplen con los requisitos mínimos en calidad microbiológica y fisicoquímica del agua porque el sistema de cloración y distribución cumple con el programa de análisis mínimo.

3. Aguas residuales

Las aguas residuales de la Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango, se disponen en el punto de descarga INEBOI, a partir de donde se unen la red de alcantarillado municipal de El Tejar, Chimaltenango.

Los límites permitidos para la descarga de aguas residuales se basan en el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. “Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos”. Estos siguen un plan de reducción progresiva de cargas de los distintos parámetros medidos con metas de fechas establecidas en dicho Acuerdo Gubernativo, divididas en cuatro etapas.

Cuadro 16. Límites máximos permisibles en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de descarga de aguas residuales al alcantarillado público

Parámetro	Dimensional	Valor inicial	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro	Dos de mayo de dos mil veintinueve
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
DBO ₅ :	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500
Sólidos suspendidos totales	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrógeno Total:	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fósforo Total:	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^8$	$< 1 \times 10^7$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$

Fuente: Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. “Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos”, Artículo 24.

Cuadro 17. Análisis fisicoquímico aguas residuales Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango

PARÁMETROS	RESULTADO	METODOLOGÍA
DQO.	578 mg/L	SMWW 5220 D SMT 1.14541.0001
DBO ₅ :	349 mg/L	SMWW 5210 D
Color:	1767,2 u*	SMWW 2120 C
Sólidos suspendidos totales:	240,0 mg/L	SMWW2540 D
Nitrógeno total:	30,5 mg/L	SMT 1.14537.0001
Fósforo total:	5,0 mg/L	SMWW 4500 P E SMT 1.14543.0001

Fuente: (Laboratorio Nacional de Salud, 2019)

Cuadro 18. Análisis microbiológico sistema No. 1 y sistema No. 2

LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	COLIFORMES FECALES
Descarga El INEBOI	5.4 x 10 ⁶ NPM/100mL

Fuente: (Laboratorio Nacional de Salud, 2019)

Los análisis de aguas residuales se llevaron a cabo tomando como referencia la Normativa: Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. “**Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos**” en el Artículo 24.

Según los límites máximos permisibles, se determinó que la mayoría de los parámetros se encuentran superiores a los límites permisibles para la Etapa Dos, siendo los únicos dentro de los límites permisibles el Fósforo Total y Nitrógeno Total. Así mismo los parámetros que son más altos a los establecidos en la Etapa Dos son DBO₅, Color y Sólidos Suspendidos Totales. El Fósforo Total, además, ya cumple con los límites de la Etapa Cuatro del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

En cuanto al análisis microbiológico, se pudo determinar que no cumple con los límites aceptables de la Etapa Dos, sino con los límites de la Etapa Uno.

E. ANÁLISIS DE RIESGOS SANITARIOS Y AMBIENTALES PARA LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN ALDEA SANTO DOMINGO EL ROSARIO, EL TEJAR CHIMALTENANGO

El análisis de riesgos se enfocó en los riesgos para la salud de los habitantes tomando en cuenta los aspectos ambientales que pudieran desencadenar o influir en ellos. Para ello se realizaron visitas acompañadas por el encargado del área de salud municipal en distintos puntos de interés representativos para la investigación.

Los riesgos para la salud humana, según la Organización Mundial de la Salud, corresponden a cualquier rasgo, característica o exposición de un individuo que aumente la probabilidad de sufrir una enfermedad o lesión.

En todo riesgo encontrado es importante identificar tres aspectos importantes: La causa, el receptor del riesgo y los posibles efectos que este pueda tener. En el estudio realizado los receptores del riesgo son los habitantes del sector.

A continuación, se detallan los puntos analizados:

1. La infraestructura del sistema de abastecimiento de agua potable

Cuadro 19. Riesgos identificados

Riesgo	Causa	Posibles efectos
Paredes de tanque de captación quebrado	Falta de acciones correctivas por parte de autoridades municipales	Ingreso de contaminantes al sistema de captación de agua.
Sistemas de cloración con materiales poco resistentes y con registro inexistente del proceso de cloración	Sistemas muy artesanales y rudimentarios y falta de capacitación al personal encargado.	El sistema de cloración del tanque de almacenamiento del sistema No. 2 se encuentra expuesto a la intemperie. No llevar un control riguroso del proceso de cloración no permite mantener un registro adecuado de las condiciones en las que se encuentran los sistemas de distribución de agua.

2. Monitoreo de posibles focos de contaminación

Cuadro 20. Riesgos identificados

Riesgo	Causa	Posibles efectos
Contaminación en fuente de toma de agua para pila pública	Escasa cultura ambiental en la que las personas tiran basura en las calles y riachuelo producido por el agua no aprovechada proveniente de los nacimientos.	Debido a que el agua de esa pila es utilizada por los habitantes de la aldea para lavar ropa, utensilios de cocina o incluso como punto de recolección cuando esta es insuficiente en sus casas; puede causar enfermedades gastrointestinales.
Agua estancada	Sistemas deficientes de drenaje y captación de agua	Son focos que promueven la proliferación de zancudos que pueden producir enfermedades como dengue, chikungunya, entre otras.

Ilustración 7. Pila pública Aldea Santo Domingo, El Rosario, El Tejar, Chimaltenango



Ilustración 8. Puntos de captación de agua para pilas públicas



Ilustración 9. Agua estancada en el área habitada de la aldea



3. Monitoreo de la actividad agropecuaria en el área

Cuadro 21. Riesgos encontrados

Riesgo	Causa	Posibles efectos
Granjas avícolas cercanas a los puntos de captación y almacenamiento de agua	N/A	Posible contaminación del agua por un manejo inadecuado de desechos de origen animal.
Áreas de cultivo cercano a las fuentes de agua	N/A	Contaminación de los mantos freáticos por lixiviación de productos agroquímicos.

Ilustración 10. Granjas avícolas cercanas a nacimientos y puntos de almacenamiento de agua



4. Análisis de la cobertura vegetal

Cuadro 22. Riesgos encontrados

Riesgo	Causa	Posibles efectos
Deforestación	Extracción de leña y madera. Avance de la frontera agrícola	Erosión de los suelos y escasez del recurso hídrico

5. Análisis de potenciales riesgos geológicos del lugar

Cuadro 23. Riesgos encontrados

Riesgo	Causa	Posibles efectos
Deslaves	Altas pendientes sin cobertura vegetal	Contaminación de las fuentes de agua y se pone en riesgo la infraestructura de abastecimiento de agua.

VII. CONCLUSIONES

1. Actualmente, el agua con la que se abastece a la comunidad, sí cumple con la Normativa Técnica Guatemalteca COGUANOR NTG 29001 “Agua para consumo humano (Agua potable). Especificaciones”, según los resultados avalados por el Laboratorio Nacional de Salud (LNS); por lo que se considera apta para el consumo humano por el programa de análisis normal del tipo E2.
2. Se constató la existencia de riesgos sanitarios y ambientales para los sistemas de abastecimiento de agua, siendo los más significativos el avance de la frontera agrícola que merma la cobertura forestal existente la cual sustenta la recarga hídrica de los nacimientos y por tanto, la disponibilidad de agua con la que se abastece a la población. Así también, el riesgo de contaminación por lixiviados debido al uso inapropiado de productos agroquímicos cercanos a las fuentes de agua. Se determinó también la presencia de dos granjas avícolas muy cercanas a los sistemas de almacenamiento y captación de agua, las cuales pueden representar un posible foco de contaminación al recurso hídrico en caso de negligencia en el manejo de los desechos.
3. Los sistemas de desinfección utilizados actualmente pueden ser sujetos a mejoras técnicas y de infraestructura, para garantizar la continuación del cumplimiento de las normativas del país, se presenta una propuesta de manejo para el mejoramiento del recurso hídrico en aldea Santo Domingo el Rosario, El Tejar Chimaltenango.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Tomar en cuenta la información generada en la presente investigación para el mejoramiento de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, la cual se expone en la sección de anexos; para la toma de decisiones.
2. Promover políticas públicas como PROBOSQUE (Decreto 2-2015), para fomentar el establecimiento, recuperación y reforestación y Sistemas Agroforestales que puedan ser aplicados plantando especies nativas en beneficio a los habitantes del sector, principalmente a los propietarios de las zonas deforestadas, por medio del apoyo de personal técnico municipal y del INAB. Esto con el fin de garantizar la sostenibilidad de la zona de recarga hídrica por medio de la cobertura forestal.
3. A las nuevas autoridades, agilizar la urgente puesta en marcha de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de El Tejar, Chimaltenango, para evitar sanciones futuras a la Municipalidad por incumplimiento de los parámetros establecidos para la etapa dos del Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. “Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos” Artículo 24, para la descarga de aguas residuales al alcantarillado público; las cual ya debe estar vigentes para el dos de mayo de 2020 y 2024 respectivamente. Así también gestionar la construcción de dispositivos para muestreo de aguas residuales y medición de caudales los cuales son inexistentes y dificultan las inspecciones adecuadas para el caso.
4. Fomentar la participación y organización comunitaria en el cuidado de los recursos naturales por medio de talleres y capacitaciones con el apoyo de las entidades de salud y municipales correspondientes, brindando un enfoque de gestión integral por parte de todos los sectores involucrados.
5. Los proyectos futuros en el tema del aprovechamiento y cuidado del agua deben poseer un enfoque integral el cual incluya el manejo eficaz y responsable desde la captación, el almacenamiento y la distribución en la comunidad, sin olvidar así mismo el correcto manejo en las disposiciones finales a los cuerpos receptores, esto abarca el mejoramiento de los drenajes municipales y comunitarios como también un tratamiento final adecuado en una planta de tratamiento como lo rige y exige la legislación actual en el país. Cada etapa debe tener concordancia y conectividad una con otra de manera que el sistema completo sea seguro y eficiente.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACNUR, 2018. *El derecho al agua como un derecho humano*. <https://eacnur.org/blog/derecho-al-agua-derecho-humano/> [Consultado el 18 de agosto de 2019]
- Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. “*Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos*”. 2006. Guatemala. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 25 págs.
- Acuerdo Ministerial No. 572-2011. 2011. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala. 2 págs.
- Agua Potable, Especificaciones. *COGUANOR NGO 29 001:99 1ª. Revisión* [Consultado el 10 de Julio de 2017]
- Aguirre, F. 2015. *Abastecimiento de agua para comunidades rurales*. Universidad Técnica de Machala. Ecuador. 150 págs.
- Asociación Científica del Sistema Terrestre (GWSP), 2006. *Proyecto Global de Sistema de Agua*. http://www.gwsp.org/fileadmin/downloads/gwsp_overview_2006_02_v1.1__Spanish__K M.pdf [Consultado el 14 de abril de 2017]
- Calderón, Lucy. *Sistemas agroforestales: un camino hacia la conservación ecológica y la seguridad alimentaria*. <https://www.ecocienciagt.com/articulos/sistemas-agroforestales-un-camino-hacia-la-conservacion-ecologica-y-la-seguridad> [Consultado el 26 de noviembre de 2019]
- CARE Internacional-Avina. 2012. *Módulo 5. Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable*. Ecuador. Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. 126 págs.
- Centro Nacional de Análisis y Documentación Judicial. 2015. *Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala – PROBOSQUE, Decreto Número 2-2015*. Guatemala. 10 págs.
- Comisión Guatemalteca de Normas, s.f. *COGUANOR NGT 29001 Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones*. Guatemala. Ministerio de Economía. 12 págs.

- De León, M. 2019. *Aldea Santo Domingo el Rosario, El Tejar Chimaltenango* [imagen]. Recuperado de Google Earth © 2019.
- De León, M. 2019. *Punto de descarga aguas residuales (INEBOI)* [imagen]. Recuperado de Google Earth © 2019.
- De León, M. 2019. *Tanques de almacenamiento de agua para consumo humano* [imagen]. Recuperado de Google Earth © 2019.
- De León, M. 2019. *Zonas de deforestación observadas cercanas a los nacimientos de agua.* [imagen]. Recuperado de Google Earth © 2019.
- División de Saneamiento del Medio. 1991. *Guía para la Preparación, Construcción y supervisión de Abastecimientos de agua Potable y Saneamiento.* Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala. 159 págs.
- Gabinete Específico del Agua. 2011. *Política nacional del agua de Guatemala y su estrategia.* Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Guatemala. 48 págs.
- GAMA, 2016. *El agua en movimiento (El ciclo hidrológico).* <http://www.floodup.ub.edu/hidro/> [Consultado el 12 de noviembre de 2019]
- Global Water Partnership Centroamérica. 2015. *Situación de los Recursos Hídricos en Centro América, Guatemala.* Tegucigalpa. 47 págs.
- Haro, Jesús; Nubes, G. y Ortiz, J. 2012. *Riesgos Sanitarios en calidad bacteriológica del agua. Una evaluación en diez estados de la república mexicana.* El Colegio de Sonora, México. Número Especial 3.
- Iagua. *El agua es un derecho humano.* <https://www.iagua.es/noticias/onu/13/12/09/el-derecho-humano-al-agua-41658> [Consultado el 18 de agosto de 2019]
- IARNA, 2002. *El agua: situación actual y necesidades de gestión.* <http://biblio3.url.edu.gt/IARNA/SERIETECNINCA/5.pdf> [Consultado el 15 de abril de 2017]
- IARNA. *Portal de Recursos Hídricos de Guatemala: Agua en Guatemala, 2006.* <http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/2.htm> [Consultado el 17 de febrero de 2017]
- INSIVUMEH, s.f. *El Ciclo Hidrológico y Control del Agua.* <http://www.insivumeh.gob.gt/folletos/ciclo.doc> [Consultado el 12 de noviembre de 2019]

- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2019. *¿Qué es una cuenca?* <https://www.gob.mx/imta/es/articulos/que-es-una-cuenca-211369?idiom=es> [Consultado el 12 de noviembre de 2019]
- INTA, 2011. *Protocolo de Muestreo, Transporte y Conservación de Muestras de Agua con Fines Múltiples*. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-protocolo_de_muestreo_de_aguas_inta.pdf. [Consultado el 11 de marzo de 2017]
- José Tola. 1994. «Atlas de Ecología» En *La violación de derechos humanos de segunda generación de la población del municipio de El Tejar, departamento de Chimaltenango, por falta de tratamiento de las aguas residuales*. Guatemala. 56 pág. 15.
- MARN. 2018. *Formulación de la Estrategia Nacional de Fomento al Manejo de Bosques Naturales con Fines de Producción 2019- 2032*. 2018. Guatemala. 96 págs.
- Marrón, C. 1998. *Plantas de tratamiento por filtración lenta: diseño operación y mantenimiento*. Lima, Perú. 43 págs.
- Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. s.f. *Guía para el manual general del reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*. 56 págs.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2013. “*Manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano*”. <http://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/AguaConsumoHumano/ManualCalidadAC69B4-1.PDF> [Consultado el 15 de mayo de 2017]
- MSPAS. 2013. *Política nacional del sector de agua potable y saneamiento*. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Guatemala. 22 págs.
- Municipalidad de El Tejar. 2017. *Diagnóstico de la Comunidad Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango*. Guatemala. 47 págs.
- ONU. AGUA. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html> [Consultado el 19 de agosto de 2019]
- Ordoñez, Juan. 2011. *Cartilla Técnica: ¿Qué es cuenca hidrológica?* 1.^a edición. Lima, Perú: IBEGRAF. 44 págs.
- Ordoñez, Juan. 2011. *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico*. 1.^a edición. Lima, Perú: IBEGRAF. 44 págs.

- Orozco, Patricia. *Acuerdo Gubernativo 236-2006 de disposición de aguas residuales*.
http://www.deguate.com/artman/publish/politica_articulos/acuerdo-gubernativo-236-2006-de-disposicion-de-aguas-residuales.shtml#.WMD33vI97IU [Consultado el 12 de febrero de 2018]
- Pocasangre, Henry. 2015. *No hay ley que regule el uso del agua*.
<https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/sin-ley-de-aguas/> [Consultado el 19 de agosto de 2019]
- Rainforest Alliance, 2015. *Manual para el Establecimiento y Manejo de Sistemas Agroforestales*. Ecuador. 20 págs.
- Universidad Nacional Agraria. 2007. *Sistemas Agroforestales*. Managua, Nicaragua. 115 págs.
- USAID. 2018. *Manual de Gestión de Sistemas de Agua a Nivel Urbano y Comunitario Para el Fortalecimiento de Capacidades en la Gestión de la Calidad de Agua*. Guatemala. 52 págs.

X. ANEXOS

A. PROPUESTA DE MANEJO PARA EL MEJORAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO EN ALDEA SANTO DOMINGO EL ROSARIO, EL TEJAR CHIMALTENANGO

1. Sistema de cloración de agua en tanques de almacenamiento (Sistemas No. 1 y No. 2)

La cloración del agua con la que se abastece una población está normada por ley en Guatemala en distintos Códigos y Acuerdos Ministeriales. Este aspecto es de suma importancia ya que permite mejorar la calidad microbiológica del agua para consumo humano reduciendo o eliminando por completo la contaminación por microorganismos patógenos.

Esta es responsabilidad que compete a las municipalidades de acuerdo con el Artículo 68, inciso a) del Código Municipal Decreto 12-2002.

El Código de Salud indica en el Artículo 87 que: “Las Municipalidades y demás instituciones públicas o privadas encargadas del manejo y abastecimiento de agua potable, tienen la obligación de purificarla, en base a los métodos que sean establecidos por el Ministerio de Salud. El Ministerio deberá brindar asistencia técnica a las Municipalidades de una manera eficiente para su cumplimiento. La transgresión a esta disposición conllevará sanciones que quedarán establecidas en la presente ley, sin detrimento de las sanciones penales en que pudiera incurrirse.”

El Acuerdo Ministerial 523-2013: Otorga la responsabilidad al MSPAS, para efectuar la vigilancia de la calidad de agua en cada uno de los sistemas urbanos y rurales, para cloro residual libre.

La frecuencia para los sistemas urbanos, al menos una vez por día. Para los sistemas rurales, al menos una vez por semana.

El Acuerdo Ministerial 1148-09: Establece en el artículo 17, los procesos de desinfección que son obligatorios para cualquier sistema de abastecimiento de agua para consumo humano. El artículo 18, explica los procesos de desinfección por el método de aplicación de cloro que se debe aplicar sin excepción alguna en todos los sistemas de agua y la cantidad necesaria.

Por tanto y luego de haber observado los sistemas de cloración de los tanques de almacenamiento de los Sistemas No.1 y No. 2 de abastecimiento de agua de la Aldea Santo Domingo El Rosario,

El Tejar Chimaltenango; se presenta una propuesta de mejoramiento de los sistemas de cloración empleados para asegurar la calidad y prevenir enfermedades endémicas y virales.

a. Situación actual

Los tanques de almacenamiento cuentan actualmente con sistemas de cloración rudimentarios y artesanales, a base de una solución de hipoclorito de calcio y agua que es suministrada por goteo al tanque por medio de una llave de paso para grifo.

Ilustración 11. Tanque de cloración sistema No. 1



Ilustración 12. Llave de regulación de solución de cloración sistema No. 1



Ilustración 13. Tanque de cloración artesanal sistema No. 2



Ilustración 14. Llave de regulación de solución de cloración sistema No. 2



Ilustración 15. Medidor utilizado para determinar concentración de Cl^- y pH de la solución de hipoclorito de calcio



Como puede observarse en las ilustraciones anteriores, para la infraestructura del sistema de cloración del sistema No. 1, es adecuada para dicha finalidad; sin embargo, en el caso del sistema de cloración utilizado para el sistema No. 2, no se cuenta con una estructura eficiente. Así mismo el medidor utilizado, si bien es un instrumento práctico y que brinda un resultado inmediato, debido a la opacidad que posee ocasionada por el paso del tiempo, puede afectar la lectura.

b. Acciones para el mejoramiento del proceso de cloración y vigilancia de los sistemas No. 1 y No. 2

- Llevar un registro escrito de los parámetros controlados (pH y concentración de Cl⁻) y de la frecuencia con la que es necesario recargar los tanques de cloración, incluyendo también la cantidad utilizada de hipoclorito de calcio preparar la solución.
- Construcción o adquisición de un tanque hipoclorador con materiales más resistentes en el sistema No. 2; manteniendo la modalidad de alimentación por goteo, tomando en cuenta las normativas vigentes, actualmente Acuerdo Ministerial 1148-09, Artículo 18.
- Implementación de un punto de filtración del agua previo a su ingreso a los tanques de almacenamiento.
- Adquisición de equipo más preciso para la medición de concentración y pH de la solución de hipoclorito de calcio utilizada para la purificación del agua como un potenciómetro de mano.
- Realizar capacitación al comité de agua local del COCODE para un correcto manejo y monitoreo del sistema de agua potable (La Municipalidad de El Tejar debe proporcionar todo el equipo, insumos necesarios, capacitación y actualización técnica constante para dicho control en el manejo del agua, así también, delegar la responsabilidad de la cloración y manejo del agua al comité de agua local). Esta acción permitirá el involucramiento de la comunidad en el manejo de su propio servicio de agua y de esta manera promover la capacidad de autosuficiencia y organización comunitaria en beneficio de todas las partes.

c. Herramientas para la ejecución de las acciones para el mejoramiento del proceso de cloración de los sistemas No. 1 y No. 2

1) Ficha de registro

Se propone el uso de una ficha de registro que debe ser presentada mensualmente al área de Salud del Tejar, Chimaltenango para una trazabilidad más eficaz. Dicha ficha se presenta a continuación, puede estar sujeta a cambios.

Cuadro 24. Ficha de registro de cloración del agua en tanques de captación sistemas No. 1 y No. 2

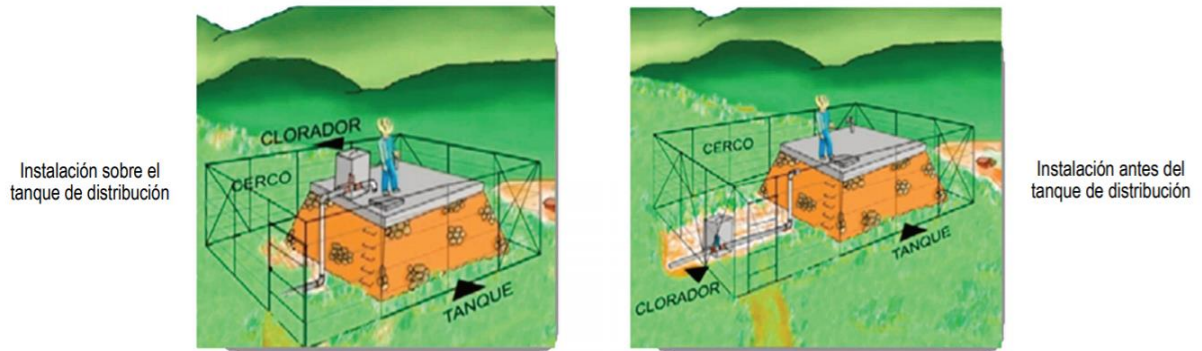
REGISTRO DE CLORACIÓN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA ALDEA SANTO DOMINGO EL ROSARIO, EL TEJAR, CHIMALTENANGO							
Mes:				Año:			
Fecha	Hora	No. Sistema	Encargado	Concentración Cl⁻	pH	Cantidad hipoclorito de calcio	Observaciones

Fuente: Elaboración propia.

2) Tanque de cloración

La instalación de un tanque de cloración puede realizarse tanto sobre el ya existente tanque de almacenamiento de agua (como en el caso del sistema No. 1) o antes del tanque de distribución (siendo este el caso del actual Sistema 2).

Ilustración 16. Ubicaciones recomendadas para hipoclorador



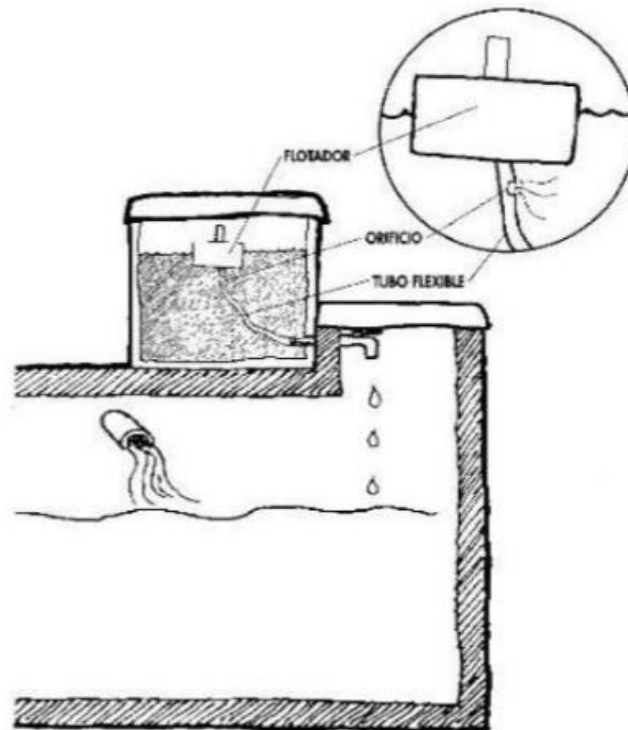
Fuente: USAID, 2018

Así mismo este debe contar con ciertas partes mínimas para un óptimo funcionamiento; siendo estas:

- Tanque
- Flote
- Tubo flexible

La solución para cloración entra por un orificio en la parte superior del tubo flexible unido al flote y así se desplaza desde dicho punto por medio de la manguera hasta la llave de regulación de goteo. También cabe mencionar que el goteo se debe administrar tomando en cuenta factores como la concentración de la solución, el volumen del tanque y uno de los aspectos más importantes es el caudal de alimentación de agua al tanque.

Ilustración 17. Esquema de funcionamiento de un hipoclorador por goteo



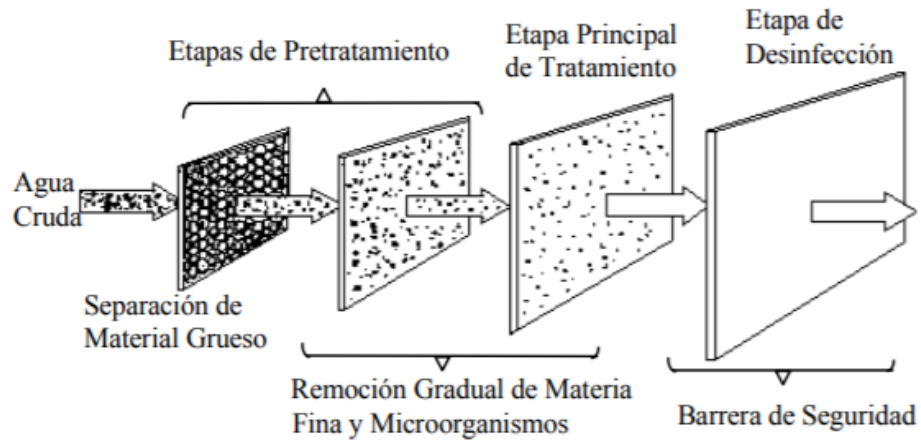
Fuente: Marrón, 1998

3) Implementación de un sistema de filtración

Para que el proceso de cloración del agua sea completamente efectivo, es necesario que esta cumpla con ciertas características principalmente de turbiedad, color, y sólidos suspendidos. El agua con la que se alimentan los tanques de almacenamiento no recibe ningún tratamiento previo, lo que resulta en un potencial riesgo para la calidad del agua, especialmente en invierno, cuando la calidad de esta disminuye. Por ello se propone un sistema de filtración en un punto intermedio entre la captación y el almacenamiento.

Uno de los métodos más eficientes, económicos y de bajo mantenimiento son los sistemas de filtración en múltiples etapas (FiME) en donde se combina filtración gruesa con grava y filtración lenta con arena.

Ilustración 18. Filtración en múltiples etapas (FiME)



Fuente: (Wegeling,1996; citado en Aguirre, 2015)

Este tipo de sistemas de filtración reportan una eficiencia en la eliminación de agentes patógenos que afectan la calidad microbiológica del agua de hasta un 98%; además de disminuir la turbiedad y color de la misma.

Ilustración 19. Diagrama de filtro en múltiples etapas



Fuente: Academia Nacional de Ciencia, 2007

2. Implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) para combatir la deforestación de las zonas aledañas a los nacimientos de agua.

La deforestación es uno de los principales causantes de la escasez o disminución de la disponibilidad de recurso hídrico dado que la cobertura forestal ayuda a que se infiltre con mayor facilidad del agua y con ello recargar los mantos freáticos; con la ausencia de árboles el agua no se infiltra y se pierde una gran parte por escorrentía generando a su vez otros riesgos como erosión y deslaves.

La Agroforestería es frecuentemente señalada como una solución a los problemas de degradación de la tierra y del agua, y como una respuesta a la escasez de alimento, leña, ingreso, forraje animal y materiales de construcción. La amplitud y la variedad de sistemas y prácticas agroforestales implica que la Agroforestería puede ofrecer soluciones parciales para muchos problemas productivos y de uso de la tierra en las zonas rurales.

Es conocida la potencialidad de los árboles fijadores de nitrógeno para mejorar la fertilidad de las tierras cultivadas y de las áreas de pastizal; la resistencia de ciertos árboles a la sequía (muy importante en las zonas áridas); la función de las cortinas rompevientos en la protección de las tierras cultivadas y de las áreas de pastizal; la contribución de los árboles forrajeros ricos en proteína para la producción ganadera, y el potencial comercial de algunos tipos de árboles cultivados. Además, las prácticas agroforestales son apropiadas para una amplia variedad de sitios, tales como tierras con pendiente o tierras planas.(Universidad Nacional Agraria 2007)

Un sistema agroforestal es un sistema que asocia cultivos y árboles buscando la interacción eficaz entre los mismos para generar diversas utilidades en beneficio del propietario del terreno como para el ambiente. En este caso en particular ya existen los cultivos en zonas arriba, pero con alta escasez de cobertura forestal.

Por tal motivo se describe a continuación la importancia de promover la siembra de árboles en las zonas más altas cercanas a los nacimientos de agua que actualmente presentan solo monocultivos con escasa o nula cobertura forestal para así aumentar la misma en la zona, utilizando Sistemas Agroforestales con un enfoque de conservación del recurso hídrico. Se recomienda la siembra de especies forestales nativas (Ver Cuadro 4).

La inclusión de árboles en las tierras cultivadas puede, a largo plazo, dar resultados marcados en el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo en la permeabilidad, capacidad de retención de agua, estabilidad agregada, y regímenes de temperatura del suelo. Aunque este mejoramiento

puede ser lento, sus efectos posteriores hacen del suelo un mejor medio para el crecimiento de las plantas.

La función de los árboles en el control de la conservación y erosión del suelo es una de las razones más ampliamente proclamada y exigida para incluir a los árboles en las tierras cultivadas que tienen tendencia al riesgo de la erosión. Los efectos benéficos de los árboles, no se limitan únicamente a la protección del área cultivada, sino también a estabilizar el ecosistema y reducir la tasa de sedimentación de los ecosistemas acuáticos, presas y reservorios. (Universidad Nacional Agraria 2007)

Las influencias de los árboles en las características hidrológicas pueden extenderse desde un micro-sitio en la finca hasta niveles regionales. Hay evidencia que las características hidrológicas de las áreas receptoras están influenciadas favorablemente por la presencia de los árboles.

Un suelo desnudo y compactado tiene menor capacidad de infiltrar y almacenar agua, lo que a su vez genera escorrentías. La quema de rastrojos deja los suelos expuestos al viento, la lluvia y el sol. Después, cuando llueve, cada gota de agua levanta partículas de suelo que propician la erosión. Todas estas partículas son arrastradas con las escorrentías que sedimentan y contaminan ríos y otras fuentes de agua y hábitats. En cambio, los SAF son sistemas agrícolas sostenibles que se adaptan al clima y se diseñan para que cumplan con los objetivos específicos del productor, los cuales pueden ser obtención de alimentos, de leña o madera, restauración de suelos, conservación de fuentes de agua; brindar refugio a animales silvestres o incrementar la presencia de insectos polinizadores, entre otros.

Cuando los agricultores obtienen leña a través de las podas que realizan a los árboles de rápido crecimiento que siembran en su parcela ya no van al bosque a obtenerla y se evita la deforestación. Estos árboles también capturan carbono, dan sombra en la parcela e incorporan hojarasca al suelo que al descomponerse le aporta nutrientes. Los SAF también contribuyen a mitigar y adaptarse al cambio climático, porque al disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados se aminora la producción de gases de efecto invernadero.(Calderón, 2017).

a. Situación actual

Como se puede observar a continuación, es alarmante cómo la cobertura forestal en el sector ha disminuido principalmente por el avance de la frontera agrícola, de tal forma que los nacimientos que abastecen el suministro de agua de la Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar Chimaltenango, se ven afectados. Esto es fácilmente evidenciado por la escasez reportada por los

habitantes del lugar, quienes manifiestan que no poseen el servicio de forma regular. (Ver Ilustración 20).

Una consideración importante que se puede abordar para esta problemática es la implementación de un vivero forestal municipal en donde considere incluir la propagación de especies frutales perenes que posteriormente puedan ser entregados a los propietarios de los terrenos circundantes a las fuentes de agua. La importancia de esta estrategia radica en un aumento gradual de plantas leñosas en el área, en este caso frutales que aporten un beneficio económico para los agricultores como son los frutos de los árboles, garantizando de esta manera una mayor diversificación y soberanía alimentaria. Es importante recordar que el aumento en la masa arbórea por medio de la agroforestería aporta una mayor protección y continuación del ciclo hidrológico y, por tanto, la conservación de las fuentes de agua que abastecen a la población.

Otro punto clave para la protección de las fuentes de agua es la circulación del perímetro que compete a las fuentes hídricas, esto puede realizarse mediante la implementación de barreras vivas, así también llevar a cabo la canalización de aguas alrededor del perímetro de los nacimientos. Esto por medio del diseño y construcción de canales que dirijan el agua proveniente de los terrenos superiores los cuales se encuentran con poca masa forestal a raíz de la agricultura, ocurriendo así un arrastre de remanentes de productos agroquímicos en la escorrentía que finalmente llega terreno más abajo donde encontramos las fuentes naturales de agua y que puede incurrir en un alto riesgo de contaminación química del recurso hídrico.

Ilustración 20. Zonas deforestadas cercanas a los nacimientos de agua



Fuente: De León, 2019.

Ilustración 21. Ilustración de sistema agroforestal



Fuente: Rainforest Alliance, 2015

3. Textos sugeridos

Para la realización de la presente propuesta y una mejor comprensión, se recomienda la consulta de las siguientes fuentes citadas para ampliación del estudio.

MANUAL DE GESTIÓN DE SISTEMAS DE AGUA A NIVEL URBANO Y COMUNITARIO PARA EL FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES EN LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA. POR USAID. GUATEMALA.

PLANTAS DE TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN LENTA: DISEÑO OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. LIMA, PERÚ.

FORMULACIÓN DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DE FOMENTO AL MANEJO DE BOSQUES NATURALES CON FINES DE PRODUCCIÓN 2019- 2032. 2018. POR EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES MARN. GUATEMALA.

LEY DE FOMENTO AL ESTABLECIMIENTO, RECUPERACIÓN, RESTAURACIÓN, MANEJO, PRODUCCIÓN Y PROTECCIÓN DE BOSQUES EN GUATEMALA – PROBOSQUE, DECRETO NÚMERO 2-2015. POR CENTRO NACIONAL DE ANÁLISIS Y DOCUMENTACIÓN JUDICIAL. GUATEMALA.

ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA COMUNIDADES RURALES. POR UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA. ECUADOR.

SISTEMAS AGROFORESTALES. POR UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. NICARAGUA.

*MANUAL PARA EL ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE SISTEMAS FORESTALES. POR
RAINFOREST ALLIANCE. ECUADOR.*

B. CUESTIONARIO DIRIGIDO A VECINOS DE ALDEA SANTO DOMINGO EL ROSARIO, EL TEJAR, CHIMALTENANGO

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA AGROFORESTAL



MONITOREO DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO COMO ESTRATEGIA PARA LA APLICACIÓN DE LA NORMATIVA TÉCNICA-LEGAL EN ALDEA SANTO DOMINGO EL ROSARIO, EL TEJAR, CHIMALTENANGO

Presentación

Mi nombre es Marco Danilo De León Morales, estudiante de Ingeniería Agroforestal de la Universidad del Valle de Guatemala, campus Altiplano. Estoy realizando una investigación sobre la calidad de agua para consumo humano en la Aldea San Domingo el Rosario, El Tejar, Chimaltenango, como parte de mi trabajo de grado. Considero que usted es una persona idónea para este estudio, por lo que solicito su colaboración para responder una serie de preguntas. La información será confidencial y sólo para fines del estudio.

I. Identificación de la boleta

1. Lugar y fecha de la entrevista: _____

II. Datos generales de la persona entrevistada

1. Nombre: _____

2. Edad: _____

3. Medio de trabajo: _____

4. Lugar de vivienda: _____

5. Número de hijos: _____

III. Preguntas

AGUA PARA CONSUMO HUMANO

1. ¿Tiene servicio de agua en su hogar? SÍ NO
2. ¿Cuántas personas viven en su hogar?
3. ¿Considera suficiente el servicio de agua en su hogar? SÍ NO
Indicar disponibilidad.
 - a. Todo el día.
 - b. Solo algunos momentos del día.
Horarios si en caso solo en algunos momentos se tiene agua:
4. ¿Sabe qué es el agua potable? SÍ NO
Si la respuesta es “sí” explicar brevemente:
5. ¿Normalmente consume agua potable (botellas, filtros, etc.) o agua del chorro?
6. ¿Ha notado si el agua que consume posee algún sabor, olor, color u otra característica que no es propia del agua potable? SÍ NO
7. ¿En temporada de invierno llega la misma calidad del agua? SÍ NO
8. ¿Realiza alguna acción para tratar el agua antes de consumirla? SÍ NO
Indicar qué hace.
9. ¿Considera que se ha enfermado alguna vez por consumo del agua o bien sabe de otra persona? SÍ NO
Si la respuesta es afirmativa indicar que enfermedad ha sido.
10. ¿Personal del área de salud realiza visitas regulares a su casa para tratar el tema del agua?
SÍ NO
11. ¿Sabe quién le da mantenimiento a la red de abastecimiento de agua? SÍ NO
 - a. Indicar quién:
 - b. Periodo de tiempo:
12. ¿Sabe si cloran el agua? SÍ NO
13. ¿Cuáles son los principales usos que usted hace del agua?
14. ¿Qué tipos de actividades o acciones toma para no desperdiciar el agua?
15. ¿Paga usted servicio de agua? SÍ NO

AGUAS RESIDUALES

1. En cuanto a su aseo personal, ¿cuenta con servicio sanitario, pilas, lavamanos, duchas u otros artículos? SÍ NO

2. ¿Cuenta en su casa con drenajes para las aguas servidas? SÍ NO

3. ¿Sabe a dónde se conectan o se descargan las aguas servidas de su casa? SÍ NO
Si la respuesta es “SÍ” indicar si van hacia:

a. Drenaje municipal b. Fosa séptica c. Río d. Otro

4. ¿Sabe si la Municipalidad le da algún tratamiento a las aguas servidas y algún mantenimiento a la red de drenajes? SÍ NO

5. ¿Cómo maneja o que otro uso les da a las aguas pluviales o de lluvia en su casa? Indicar con breve explicación:

6. ¿Sabe qué problemas o datos al medio ambiente genera al descargar las aguas residuales a la naturaleza? Si la repuesta es “SÍ”, indicar: SÍ NO

7. ¿Pagaría por tratar las aguas servidas que genera en su hogar? SÍ NO

8. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar? Indicar una cantidad aproximada.

C. FOTOGRAFÍAS FASE DE CAMPO

Ilustración 22. Visita y reconocimiento de nacimientos de agua en Aldea Santo Domingo El Rosario



Ilustración 23. Manantiales naturales que abastecen los sistemas de agua para consumo humano en las montañas de Aldea Santo Domingo El Rosario



Ilustración 24. Tanque de almacenamiento y distribución de agua para consumo humano en Aldea Santo Domingo El Rosario



Ilustración 25. Acompañamiento por parte del Área de Salud del municipio de El Tejar, Chimaltenango en el área de investigación



Ilustración 26. Contaminación observada en afluente principal de Aldea Santo Domingo El Rosario



Ilustración 27. Sistema de almacenamiento y distribución de agua en tanque principal de almacenamiento



Ilustración 28. Encuestas realizadas a vecinos de Aldea Santo Domingo El Rosario.



Ilustración 29. Procedimiento de desinfección de grifo domiciliario con mechero de metanol para toma de muestras de agua.



Ilustración 30. Proceso de toma de muestras de agua en grifo público llena cántaros para análisis microbiológico en acompañamiento del señor German Martínez, fontanero de los sistemas de agua de la comunidad.



Ilustración 31. Proceso de toma de muestras de agua para análisis fisicoquímico en grifo domiciliar.



Ilustración 32. Rotulación y preparación de muestras de agua para análisis fisicoquímico previo a su envío al laboratorio.



Ilustración 33. Muestras de agua en cadena de frío listas para su envío al laboratorio.



Ilustración 34. Medición con potenciómetro (Hanna Instruments Combo pH & ORP HI 98121) para los parámetros *in situ* (temperatura y pH) del agua en puntos de muestreo.



Ilustración 35. Medición de caudal en tanque de almacenamiento y distribución de agua de Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango.



Ilustración 36. Acompañamiento y apoyo en campo por parte de Brandon Figueroa, inspector de saneamiento ambiental designado en el distrito del área de salud de El Tejar, Chimaltenango.

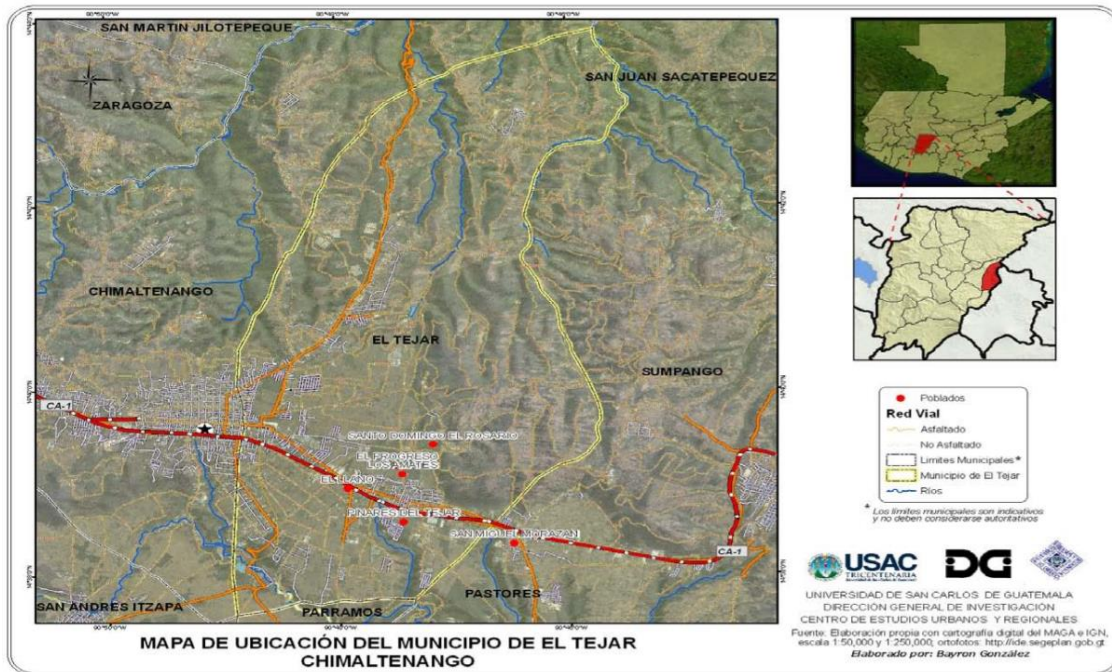


Ilustración 37. Vista de Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango, Guatemala.



D. MAPAS DE GEOPOSICIONAMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Ilustración 38. Mapa del municipio de El Tejar, Chimaltenango



Fuente: Bayron González del CEUR, según capas digitales realizadas en 2006 en el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA).

Ilustración 39. Mapa de Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango



Fuente: De León, 2019.

Ilustración 40. Mapa de tanques de almacenamiento de agua para consumo humano



Fuente: De León, 2019.

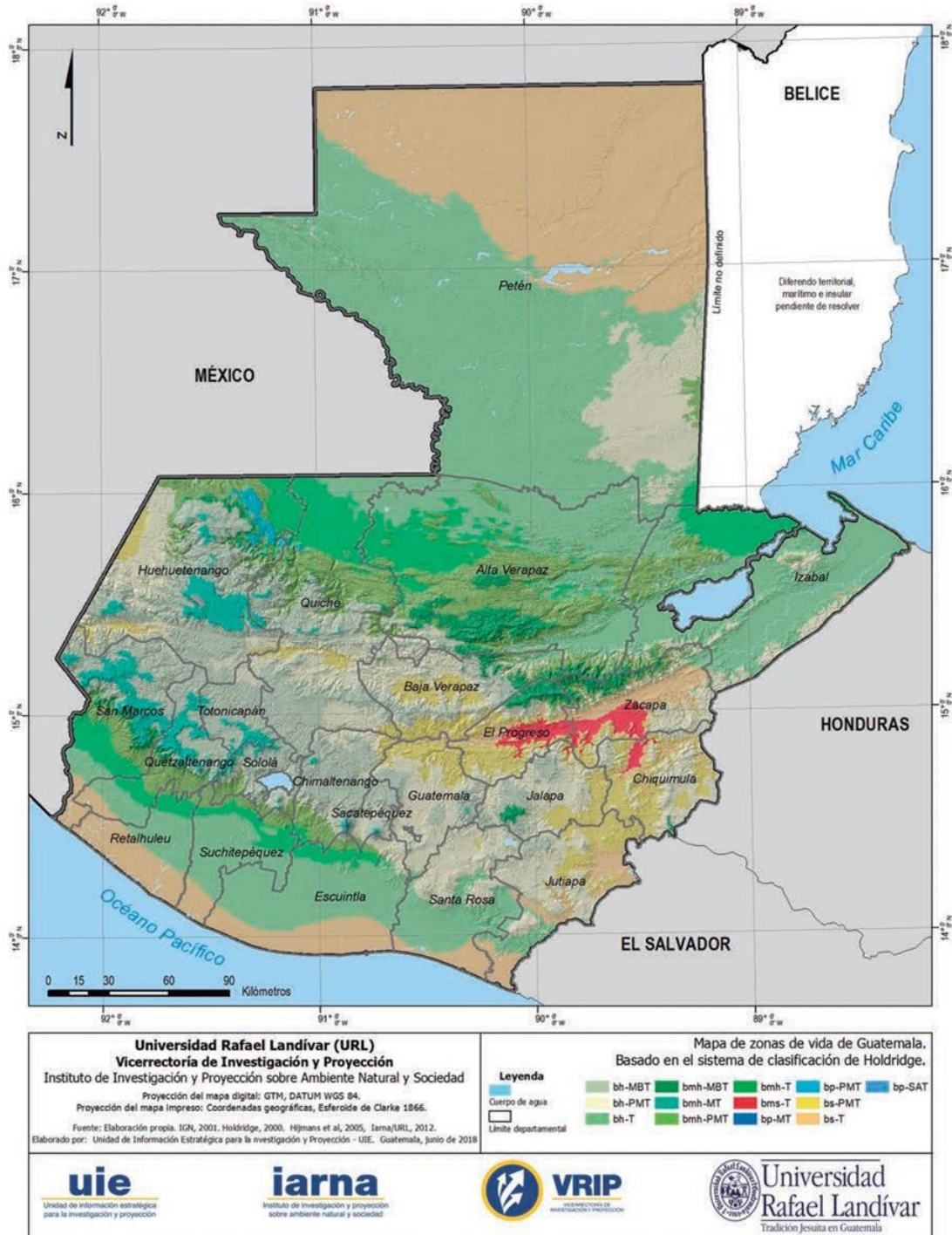
Ilustración 41. Mapa de Punto de descarga de aguas residuales (INEBOI)



Fuente: De León, 2019.

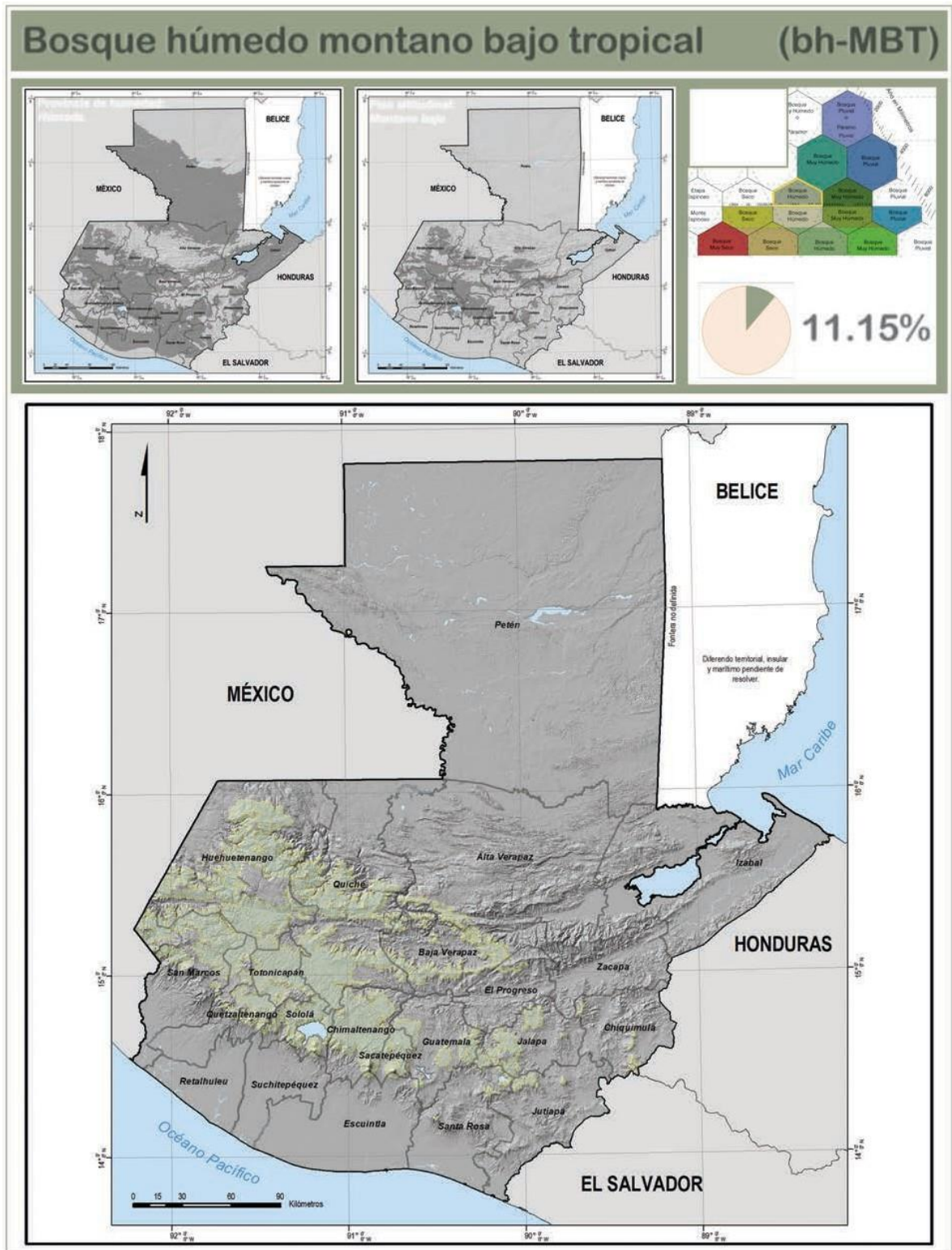
E. MAPAS ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

Ilustración 42. Mapa de zonas de vida de Guatemala basado en el método de clasificación según Holdridge



Fuente: IARNA, 2018.

Ilustración 43. Distribución espacial del bosque húmedo montano bajo tropical (bh-MBT)



Fuente: IARNA, 2018.

F. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO

Ilustración 44. Análisis fisicoquímico Tanque Aldea Santo Domingo (Sistema No. 1)



LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"
DIRECCION GENERAL DE REGULACION, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD
INFORME DE ANALISIS, UNIDAD DE ALIMENTOS



Serie "B"

Nº 003640

**Informe de Ensayo Muestra(s) Control
de la Unidad de Alimentos**

UGCF095
Rev. 3 (1 de 1)
Página 1 de 3

No. del LNS:	APC19-1066	Marca:	-----
Nombre del Producto:	AGUA	Tipo de Recipiente:	GALON PLASTICO
Tipo de Muestra:	AGUA	Lote:	-----
Condición de la Muestra:	APROPIADA	Fecha de Vencimiento:	-----
Remitente:	DR. MANFRED JUAREZ ROLDAN / ISA BRANDON ADAN RAMOS FIGUEROA	Fecha de Ingreso:	05/11/2019
Procedencia:	DAS CHIMALTENANGO C/S EL TEJAR TANQUE ALDEA SANTO DOMINGO MUESTRA NUMERO UNO.	Fecha de Egreso:	19/11/2019

RESULTADO DE ANÁLISIS
LNS DGRVCS MSPAS
GUATEMALA, C.A.

Resultado de Ensayo

CARACTERÍSTICA	RESULTADO	SEGÚN NORMA		METODOLOGÍA
		LMA*	LMP*	
Olor:	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	NO RECHAZABLE	SMWW 2150 A
pH:	7,0	7,0 - 7,5	6,5 - 8,5	SMWW 4500-H B
Conductividad Eléctrica:	256,3 µS/cm	750,0 µS/cm	1500,0 µS/cm	SMWW 2520 B
Turbiedad:	11,0 UNT	5,0 UNT**	15,0 UNT**	SMWW 2130 B
Hierro Total (Fe):	0,1 mg/L	0,3 mg/L	-----	SMT 1.14761.0001
Color:	24,9 u	5,0 u***	35,0 u***	SMWW 2120 C
Calcio (Ca):	21,3 mg/L	75,0 mg/L	150,0 mg/L	SMWW 3111 B
Magnesio (Mg):	10,1 mg/L	50,00 mg/L	100,0 mg/L	SMWW 3111 B
Dureza Total (CaCO ₃):	94,8 mg/L	100,0 mg/L	500,0 mg/L	SMWW 2340 B
Cloruro (Cl ⁻):	4,3 mg/L	100 mg/L	250 mg/L	SMWW 4500 CI B
Manganeso Total (Mn):	< 0,3 mg/L	0,1 mg/L	0,4 mg/L	SMWW 3111 B
Sulfato (SO ₄ ²⁻):	11 mg/L	100 mg/L	250 mg/L	SMWW 4500 SO ₄ ²⁻ E SMT 1.14548.0001
SUBSTANCIA				
Nitrito (NO ₂ ⁻):	< 0,03 mg/L	-----	3,0 mg/L	SMWW 4500 NO ₂ ⁻ B SMT 1.14776.0002
Nitrato (NO ₃ ⁻):	29,93 mg/L	-----	50,0 mg/L	SMWW 4500 NO ₃ ⁻ B

Area Contaminantes Ambiente y Salud

Inga. Gabriela Álvarez
Supervisora

Metodología:

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.
SMT: Spectroquant Merck Test.

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

INTERPRETACIONES:

La muestra fue analizada a temperatura de 24,0°C
Resultados expresados en mg/L= miligramo/litro, ppm= partes por millón.

* LMA: LIMITE MÁXIMO ACEPTABLE. *LMP: LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE.

** UNT: Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

*** u: Unidades de color verdadero en escala de platino-cobalto.

DE LAS CARACTERÍSTICAS Y SUBSTANCIAS ANALIZADAS LA MUESTRA CUMPLE CON LA NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA COGUANOR NTG 29001 "AGUA PARA CONSUMO HUMANO (AGUA POTABLE). ESPECIFICACIONES".

FECHA DE ENSAYO: 07/11/2019

Analista/Supervisor o Coordinador	Código Laboratorio
CCh_IR_ERC/GA	CT121-CAS/097

JMCG

CONTINÚA

"El LNS avala únicamente el contenido del documento original, el manejo de la reproducción es responsabilidad del propietario"

Ilustración 45. Análisis fisicoquímico Colonia Ingeniero Santo Domingo (Sistema No. 2)
 Ilustración 46. Análisis microbiológico sistema No. 1 y sistema No. 2



LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"
 DIRECCION GENERAL DE REGULACION, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD
 INFORME DE ANALISIS, UNIDAD DE ALIMENTOS



Serie "B"

Nº 0036403

**Informe de Ensayo Muestra(s) Control
 de la Unidad de Alimentos**

UGCF095
 Rev. 3 (1 de 1)
 Página 3 de 3

No. del LNS:	APC19-1066-1067	Marca:	-----
Nombre del Producto:	AGUA	Tipo de Recipiente:	BOLSA PLASTICA
Tipo de Muestra:	AGUA	Lote:	-----
Condición de la Muestra:	APROPIADA	Fecha de Vencimiento:	-----
Remitente:	DR. MANFRED JUAREZ ROLDAN / ISA BRANDON ADAN RAMOS FIGUEROA	Fecha de Ingreso:	05/11/2019
Procedencia:	C/S DE EL TEJAR, CHIMALTENANGO	Fecha de Egreso:	19/11/2019

Resultado de Ensayo

LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI
MUESTRA NUMERO UNO - TANQUE ALDEA SANTO DOMINGO	< 1.1 NMP/100mL	< 1.1 NMP/100mL
MUESTRA NUMERO DOS - SISTEMA COLONIA INGENIERO ALDEA SANTO DOMINGO	< 1.1 NMP/100mL	< 1.1 NMP/100mL

**RESULTADO DE ANÁLISIS
 LNS DORVCS MSPAS
 GUATEMALA, C.A.**

Area Microbiología de Alimentos:



Licda. Indira Martoquin
 Coordinadora Unidad de Alimentos

Método:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 Edición. Año 2012. 9221. Técnica de Fermentación de Tubos Múltiples para el Grupo Coliforme.

NMP: Número Más Probable
 mL: mililitro

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

INTERPRETACIONES:

MUESTRA(S) ACEPTABLE(S):

REFERENCIA NORMATIVA: NORMA TÉCNICA GUATEMALTECA COGUANOR NTG 29001 "AGUA PARA CONSUMO HUMANO (AGUA POTABLE). ESPECIFICACIONES".

FECHA DE ENSAYO: 05/11/2019

Analista/Supervisor o Coordinador	Código Laboratorio
AGS,BC/IM	MIALR-MC02-19/102

JMCG

ÚLTIMA LÍNEA

"El LNS avala únicamente el contenido del documento original, el manejo de la reproducción es responsabilidad del propietario"

Ilustración 47. Análisis fisicoquímico aguas residuales Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango



Serie "B"

LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"
 DIRECCION GENERAL DE REGULACION, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD
 INFORME DE ANALISIS, UNIDAD DE ALIMENTOS



Nº 0037005

Informe de Ensayo Muestra(s) Control de la Unidad de Alimentos

UGCF095
 Rev. 3 (1 de 1)
 Página 1 de 2

No. del LNS:	ARC19-0019	Marca:	-----
Nombre del Producto:	AGUA RESIDUAL	Tipo de Recipiente:	GALON PLASTICO
Tipo de Muestra:	AGUA RESIDUAL	Lote:	-----
Condición de la Muestra:	APROPIADA	Fecha de Vencimiento:	-----
Remitente:	DR. MANFRED JUAREZ ROLDAN / ISA BRANDON ADAN RAMOS FIGUEROA.	Fecha de Ingreso:	03/12/2019
Procedencia:	C/S EL TEJAR, CHIMALTENANGO DESCARGA EL INEBOI	Fecha de Egreso:	12/12/2019

Resultado de Ensayo

PARÁMETROS	RESULTADO	METODOLOGÍA
DQO :	578 mg/L	SMWW 5220 D SMT 1.14541.0001
DBO ₅ :	349 mg/L	SMWW 5210 D
Color :	1767,2 u*	SMWW 2120 C
Sólidos Suspendedos Totales :	240,0 mg/L	SMWW 2540 D
Nitrógeno Total :	30,5 mg/L	SMT 1.14537.0001
Fósforo Total :	5,0 mg/L	SMWW 4500 P E SMT 1.14543.0001

RESULTADO DE ANÁLISIS
 LNS DORVCS MSPAS
 GUATEMALA. C.A.

Area Contaminantes de Ambiente y Salud:



Inga. Mónica Méndez de Maldonado
 Unidad de Alimentos

Metodología:

SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22nd Edition 2012.

SMT: Spectroquant Merck Test.

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

INTERPRETACIONES:

* u: Unidades de color aparente en escala de platino-cobalto.

REFERENCIA NORMATIVA: ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006. "REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS".

Analista/Supervisor o Coordinador CCh/MdeM	Código Laboratorio CT101-CAS/77
---	------------------------------------

CONTINÚA

"El LNS avala únicamente el contenido del documento original, el manejo de la reproducción es responsabilidad del propietario"

Ilustración 48. Análisis microbiológico aguas residuales Aldea Santo Domingo El Rosario, El Tejar, Chimaltenango



LABORATORIO NACIONAL DE SALUD "LNS"
 DIRECCION GENERAL DE REGULACION, VIGILANCIA Y CONTROL DE LA SALUD
 INFORME DE ANALISIS, UNIDAD DE ALIMENTOS



Serie "B" -

Nº 0037006

**Informe de Ensayo Muestra(s) Control
 de la Unidad de Alimentos**

UGCF095
 Rev.3 (1 de 1)
 Página 2 de 2

No. del LNS:	ARC19-0019	Marca:	-----
Nombre del Producto:	AGUA RESIDUAL	Tipo de Recipiente:	FRASCO DE VIDRIO
Tipo de Muestra:	AGUA RESIDUAL	Lote:	-----
Condición de la Muestra:	APROPIADA	Fecha de Vencimiento:	-----
Remitente:	DR. MANFRED JUAREZ ROLDAN / SA BRANDON ADAN RAMOS FIGUEROA	Fecha de Ingreso:	03/12/2019
Procedencia:	C/S EL TEJAR, CHIMALTENANGO	Fecha de Egreso:	12/12/2019

Resultado de Ensayo

LUGAR DE TOMA DE MUESTRA	COLIFORMES FECALES
DESCARGA EL INEBOI	5.4 x 10 ⁶ NMP/100mL

RESULTADO DE ANÁLISIS
 LNS DGRVCS MSPAS
 GUATEMALA, C.A.



Area Microbiología de Alimentos:

Licda. Indira Marroquín
 Coordinadora Unidad de Alimentos

Método:

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 Edición. Año 2012. 9221. Técnica Fermentación de Tubos Múltiples para el Grupo Coliforme.

NMP: Número Más Probable
 mL: mililitro

Los resultados encontrados se refieren a la(s) muestra(s) tal como fue(ron) entregada(s) y no necesariamente al lote entero del cual fue(ron) tomada(s).

INTERPRETACIONES:

SEGÚN ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006. "REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS".

Analista/Supervisor o Coordinador	Código Laboratorio
SL,PM/IM	MIALR-MC02-19/131

JMCG

ÚLTIMA LÍNEA

"El LNS avala únicamente el contenido del documento original, el manejo de la reproducción es responsabilidad del propietario"

XI. GLOSARIO

En función de la norma COGUANOR NGO 29 001, Agua potable. Se proceden a explicar los conceptos más importantes extraídos de 1ª. Revisión de esta normativa y que son esenciales para comprender mejor esta investigación. Así también los conceptos que engloba el ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006. “REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REÚSO DE AGUAS RESIDUALES Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS”. Se incluyen de igual manera los principales conceptos de los componentes que abarcan en el funcionamiento de un sistema de agua según (ARE 2012).

Acometida domiciliaria: Es un conjunto de tuberías y accesorios que llevan el agua desde la red de distribución hasta el punto de registro (micromedidor) de un usuario o usuaria o casa de habitación.

Afluente: El agua captada por un ente generador.

Agua potable: Es aquella que, por sus características organolépticas, físicas, químicas y bacteriológicas, no representan un riesgo para la salud del consumidor y cumple con lo establecido en la presente norma.

Aguas residuales de tipo especial: Las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.

Aguas residuales de tipo ordinario: Las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de estas que se conduzcan a través de un alcantarillado.

Aguas residuales: Las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.

Alcantarillado pluvial: Conjunto de tuberías, canalizaciones y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas de lluvia.

Alcantarillado público: Conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario o de tipo especial, o combinación de ambas que deben ser previamente tratadas antes de descargarlas a un cuerpo receptor.

Captación: Es el conjunto de obras o estructuras necesarias para obtener o “captar” el agua de una fuente de abastecimiento de agua. De acuerdo con el tipo de fuente, pueden existir captaciones superficiales o subterráneas, pero también puede captarse el agua de lluvia. De acuerdo con el tipo de fuente, existen captaciones superficiales o subterráneas.

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

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

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

Caracterización de un efluente o un afluente: Determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el presente Reglamento.

Caracterización de un efluente o un afluente: La determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el presente reglamento.

Caudal: Es el volumen de agua por unidad de tiempo.

Cloro residual libre: Parámetro que indica la concentración de cloro disuelto y químicamente disponible después de la cloración.

Cloro: Es el elemento número 17 de la tabla periódica de los elementos. En condiciones normales de temperatura y presión es un gas verde, poderoso oxidante, dos y media veces más pesado que el aire.

Coliformes fecales: el parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.

Conducción: Es el componente mediante el cual se transporta “agua cruda”, ya sea a flujo libre o presión. Dependiendo del caudal de agua y de la topografía del terreno, se utilizan canales o tuberías. El agua cruda es la que proviene directamente de una fuente superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento, desinfección o potabilización. La conducción refiere a las obras o red de tuberías que permiten llevar el agua desde el lugar de tratamiento o potabilización hasta el tanque de almacenamiento o de reserva, pero también directamente hasta la red de distribución.

Cuerpo receptor: Embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.

Demanda bioquímica de oxígeno: Medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte

Demanda química de oxígeno: Medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.

Fuente: Es el depósito de agua superficial o subterráneo, natural o artificial, utilizado en un sistema de suministro de agua potable. Según la zona, puede ser un manantial (afloramiento, naciente, nacimiento), o bien un pozo o la derivación de agua de un curso de agua como un río o lago. grados Celsius.

Grupo coliforme total: Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos.

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

Límite máximo permisible (LMP): Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual el agua no es adecuada para consumo humano.

Modelo de reducción progresiva de cargas de demanda química de oxígeno: Los resultados que se obtengan en los Estudios Técnicos, servirán de base para elaborar, en un plazo no mayor de dieciocho meses a partir de la vigencia del presente Reglamento, el modelo de reducción progresiva de cargas correspondiente a la demanda química de oxígeno.

Monitoreo: Proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada.

Parámetro: Variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reúso o lodos, asignándole un valor numérico.

Programa de análisis mínimo: Los análisis en esta etapa de control son: Análisis microbiológico: coliformes totales y *Escherichia coli*; b. Análisis fisicoquímico: color, turbiedad, potencial de hidrógeno (pH), conductividad, cloro residual libre, cloruros, dureza total, sulfatos, calcio, magnesio, nitratos, nitritos, hierro total y manganeso total.

Punto de descarga: Sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales.

Red de distribución: Conduce el agua a lo largo de caminos, calles y cuadras o manzanas y desde donde se conectan las acometidas domiciliarias. En la red de distribución se debe garantizar la calidad del agua, la cantidad y las presiones adecuadas.

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.

Sistema de agua: Es el conjunto de instalaciones y equipos utilizados para abastecer de agua a una población en forma continua, en cantidad suficiente y con la calidad y la presión necesarias para garantizar un servicio adecuado a los usuarios.

Tanque de almacenamiento: Es una estructura para almacenar agua, que puede ser construida con hormigón o ferrocemento, pero también de acero vitrificado o bien de plástico de alta resistencia. Puede tener forma cuadrada, rectangular o redonda y siempre cubierto. El tanque de almacenamiento o reserva garantiza la cantidad de agua requerida por la población en las horas de mayor consumo. El tanque almacena el agua durante la noche y en las horas de menor consumo, por lo cual su volumen depende del tamaño de la población. Es útil para compensar las variaciones de consumo en el día, mantener y compensar las presiones en la red, así como para almacenar cierta cantidad de agua que permita atender situaciones de emergencia como incendios interrupciones provocadas por daños del acueducto aguas arriba del tanque.

Tratamiento de aguas residuales: Cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.

Tratamiento: Se llama tratamiento al proceso del sistema de agua potable donde se llevan a cabo las diferentes acciones y procesos para mejorar las características físico - químicas y bacteriológicas del agua volviéndola potable, o sea, apta para el consumo humano.

SIGLAS

BID: Banco Interamericano de Desarrollo.

COGUANOR: Comisión Guatemalteca de Normas.

COPECAS: Consejo Permanente de Coordinación de Agua y Saneamiento

DECAP: Departamento de Capacitación, Dirección General de Recursos Humanos,
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

DRPSA: Departamento de Regulación de los Programas de la Salud y Ambiente.

ENCOVI: Encuesta Nacional de Condiciones de Vida.

ENSMI: Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil.

GEA: Gabinete Específico del Agua.

LNS: Laboratorio Nacional de Salud

INE: Instituto Nacional de Estadística.

INFOM: Instituto de Fomento Municipal.

INSIVUMEH: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

MARN: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

MSPAS: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

ODM: Objetivos de Desarrollo del Milenio

OMS: Organización Mundial de la Salud

ONG's: Organizaciones No Gubernamentales.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

PROVIAGUA: Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

RASGUA: Red de Agua Potable y Saneamiento de Guatemala

SCEP: Secretaría de Coordinación Ejecutiva de la Presidencia

SEGEPLAN: Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.

SESAN: Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional.

SIAS: Dirección General del Sistema Integral de Atención en Salud.

SIGSA: Sistema de Información Gerencial en Salud

UAAPS: Unidad Especial de Ejecución Administrativa para el Control de Agua Potable y Saneamiento.