

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS
SUPERFICIALES, EN VERANO E INVIERNO, DEL MUNICIPIO DE SAN GASPAR
CHAJUL, QUICHÉ Y PROPUESTA DE MANEJO.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO ANTE AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA.**

POR:

YESSI ESTEFANY JOCABED PÉREZ ARÁUZ

Previo a conferirse el título de:
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de:
LICENCIADA EN CIENCIAS AMBIENTALES

QUETZALTENANGO, FEBRERO 2024

AUTORIDADES

Rector Magnífico
Secretario General

M. A. Walter Ramiro Mazariegos Bolis
Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

CONSEJO DIRECTIVO:

Director General y Presidente del
Concejo Directivo:

Dr. Cesar Haroldo Milán Requena

Secretario Administrativo y de Concejo
Directivo:

Lic. José Edmundo Maldonado Mazariegos

REPRESENTANTES DE DOCENTES

MSc. Edelman Cándido Monzón López
MSc. Elder Raúl Bethancourt Mérida

REPRESENTANTE DE ESTUDIANTES

Br. Aleyda Trinidad De León Paxtor De Rodas
Br. José Antonio Gramajo Martir

REPRESENTANTE DE EGRESADOS

Lic. Victor Lawrence Díaz Herrera

DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Ing. Agr. Hugo Leonel Rodríguez Loarca

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL

LOCAL

Ing. Agr. Jesús de León Wannam

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN TECNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE:

Ing. Agr. Hugo Leonel Rodríguez Loarca

EXAMINADORES

Ing. Agr. Mirna Montes
Ing. Agr. Dafne Camas
Ing. Civil Carmen Mauricio

SECRETARIO

Ing. Agr. Jesús de León Wannam

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Ing. Agr. Hugo Leonel Rodríguez Loarca

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

LOCAL

Ing. Agr. Jesús de León Wannam

Nota: “Únicamente le autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación”. (Artículo 31 del Reglamento para Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente y artículo 13 de la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, Guatemala 2024



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE -CUNOC



Quetzaltenango, 20 de enero 2024

Ingeniero:

Hugo Rodríguez

Director de la División de Ciencia y Tecnología

Centro Universitario de Occidente

Ingeniero Rodríguez: Por este medio me dirijo a usted con la finalidad de indicarle que la investigación **Determinación de la Situación de la Calidad de las Aguas Superficiales en Verano e Invierno, del Municipio de San Gaspar Chajul, Quiché y Propuesta de Manejo**, presentada como trabajo de graduación por la estudiante Yessi Estefany Jocabed Pérez Aráuz, con carné No. 2978 14486 1401 y No. de registro académico 201630938, ha concluido satisfactoriamente.

Por lo anteriormente expuesto, respetuosamente solicito se tomen las consideraciones necesarias para continuar con el trámite de graduación de la señorita Pérez Aráuz.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Lda. Alicia Noemi Garcia Tovar

Química Bióloga

Colegiada 4,846

ASESORA

Licda. Alicia Noemi García Tovar

QUÍMICA BIÓLOGA
COLEGIADA 4846



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE -CUNOC



Quetzaltenango, 29 de enero 2024.

Ing. Agr. Hugo Rodríguez
Director División de Ciencia y Tecnología Centro
Universitario de Occidente.

Distinguido Director:

Por este medio manifiesto a usted que he finalizado la revisión del trabajo de investigación de la estudiante **Yessi Estefany Jocabed Pérez Arauz**, con número de carné 2978 14486 1401, y registro académico 201630938, titulado:

"DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES, EN VERANO E INVIERNO, DEL MUNICIPIO DE SAN GASPAR CHAJUL, QUICHÉ Y PROPUESTA DE MANEJO."

Por lo cual me permito informarle que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la División de Ciencia y Tecnología y por la carrera de Ingeniero en Gestión Ambiental Local, del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, además de ser un valioso aporte para el desarrollo del sector agrícola de nuestro país, por lo que recomiendo su aprobación y dale trámite al siguiente paso.

Atentamente,

"D Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Dafne Camas
Registro de personal 20141878
Revisora

Quetzaltenango, 30 de enero 2024

Honorable Consejo Directivo
Honorable Autoridades de la División de Ciencia y Tecnología
Honorable Mesa de Acto de Graduación de Juramentación

De conformidad con las normas que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del Reglamento General de Evaluación y Promoción del estudiante del Centro Universitario de Occidente; tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado:

“DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES, EN VERANO E INVIERNO, DEL MUNICIPIO DE SAN GASPAR CHAJUL, QUICHÉ Y PROPUESTA DE MANEJO”.

Como requisito para obtener el título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local en el grado de académico de Licenciatura.

Esperando la aprobación del documento y agradeciendo de antemano la atención a la presente.

Atentamente.



Yessi Estefany Jocabed Pérez Aráuz
Carné: 201630938

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE -CUNOC



El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. **003-GAL-2024** de fecha cinco de febrero del año dos mil veinticuatro del (la) estudiante: **Yessi Estefany Jocabed Pérez Aráuz**

con Carné No. **2978 14486 1401** Registro Académico No. **201630938** emitida por el Coordinador de la Carrera de **GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado:

“DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES, EN VERANO E INVIERNO, DEL MUNICIPIO DE SAN GASPAR CHIAJUL, QUICHIÉ Y PROPUESTA DE MANEJO”

Quetzaltenango, 09 de febrero de 2024.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Hugo Leonel Rodríguez Loarca
Director de División de Ciencia y Tecnología

/VSGdeG.

DEDICATORIA

A DIOS

Quien es el pilar principal de mi vida y es el forjador de mis triunfos.

A MIS PADRES

Quienes se esmeraron en brindarme apoyo moral, económico y espiritual, que la presente investigación sea un homenaje a su esfuerzo y dedicación incondicional.

A MIS HERMANOS

Que me apoyan incondicionalmente ante diferentes adversidades y estuvieron en cada momento animándome a ser mejor persona.

A MI ABUELA

Mirna López por su apoyo y amor en todas las etapas de mi carrera y en mi vida, es la mayor inspiración para ser una persona fuerte y trabajadora.

A MI SOBRINO

Steve quien es la persona que me inspira a contribuir para formar un mejor país de forma que las generaciones futuras tengan mejores oportunidades.

AGRADECIMIENTOS

A MIS AMIGOS

Quienes fueron actores principales en mi vida estudiantil, así como en la fase de investigación.

A MIS ASESORES

Quienes fueron un pilar fundamental en el desarrollo de la investigación y en mi desarrollo personal, por guiarme con paciencia y bondad.

A EXAMINADORES Y REVISOR

Quienes con buenas intenciones y con bondad me brindaron conocimiento, sugerencias, observaciones y comentarios para encaminar la investigación hacia un documento que aporta información importante.

AL PUEBLO DE CHAJUL

Quienes por medio del Concejo Municipal me permitieron que desarrollara la presente investigación y estuvieron anuentes a brindar información, a hacer acompañamientos, visitas técnicas, entre otras actividades.

A MI FAMILIA

Por sus valiosas enseñanzas y por su apoyo incondicional.

A LA UNIVERSIDAD DE CARLOS DE GUATEMALA

Quien ha sido la casa de estudios que me acogió y por medio de la cual me he formado como profesional consiente de la realidad del país. Por sus enseñanzas, apoyo y respaldo

**“DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS
SUPERFICIALES, EN VERANO E INVIERNO, DEL MUNICIPIO DE SAN GASPAR
CHAJUL, QUICHÉ Y PROPUESTA DE MANEJO”.**

RESUMEN

La investigación aborda la situación actual que tiene el municipio de San Gaspar Chajul, en el Departamento de Quiché, en lo referente a la calidad de las aguas de las que la población se abastece y con las que desarrolla sus actividades cotidianas.

Con fines de crear información se realizó la investigación de los cuerpos hídricos que abastecen al casco urbano del municipio de Chajul, se realizaron rondas de muestreos de los mismos para posteriormente analizar los parámetros y analizados en base a la normativa COGUANOR 29001, lo que determinó que de los 7 nacimientos evaluados los parámetros fisicoquímicos se encuentra dentro del Límite Máximo Aceptable y los parámetros microbiológicos no se encuentran bajo las condiciones apropiadas para considerarse como agua segura para uso y consumo humano, esto debido a que durante la época lluviosa la presencia coliformes totales oscilan entre 700 y 3,200 UFC/100 mL de agua; y, en la época seca 3,200 y 44,700 UFC/100mL. Además de coliformes totales se encontró contaminación con E. Coli en uno de los cuerpos hídricos.

Finalmente en base a los datos obtenidos en la investigación se planteó una propuesta de manejo con la finalidad de mejorar la calidad del agua para los consumidores y también integrar actividades que permitan que las generaciones futuras tengan acceso un bien hídrico de calidad.

PALABRAS CLAVE

Bien hídrico

Aguas superficiales Aguas
subterráneas

Unidades Formadoras de

Colonias Coliformes totales

E.coli

Análisis físicos Análisis

fisicoquímicos Análisis químicos

Análisis microbiológicos

Muestreos

Índice de contenido:

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes de problemas.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación de la investigación	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
1.5 Hipótesis descriptiva.....	6
2. MARCO TÉORICO	7
1.1 Calidad del Agua.....	7
2.1.1 Agua.....	7
2.1.2 Agua Dulce	7
2.1.3 Aguas Superficiales.....	8
2.1.4 El agua y los seres vivos	8
2.1.5 Tiempo de residencia del Agua.....	9
2.1.6 Calidad del agua.....	9
2.1.7 Contaminación del agua.....	10
2.1.8 Gestión Integrada del Recurso Hídrico –GIRH-.....	11
2.2 Normas COGUANOR	11
2.2.1 Parámetros que conforman las normas COGUANOR.....	12
2.3 Muestreo	17
2.3.1 Parámetros de estudio	17
2.3.2 Tipo de muestras a recoger	18
2.3.3 Volumen de la muestra	18
2.3.4 Número de muestras a determinar	18
2.4 Usos y aprovechamiento del Agua	19
2.4.1 Criterios que permiten definir la calidad del agua según el uso destinado:	19
3 MARCO METODOLÓGICO	21
3.1 Definición del método de investigación utilizado.....	21
3.1.1 Enfoque de la investigación	21
3.1.2 Método de la investigación	21

3.1.3	Contexto espacial y temporal de la investigación	21
3.2	Pasos del trabajo de campo	24
3.2.1	Caracterización y georreferenciación de las fuentes hídricas superficiales	24
3.2.2	Mapeo	24
3.2.3	Determinación de la población y número de muestras que se analizarán.....	24
3.2.4	Muestreo de agua	25
3.2.5	Procedimiento para toma de muestras	25
3.2.6	Cadena de frío para transportar las muestras tomadas:.....	25
3.2.7	Determinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en laboratorio.....	26
3.3	Recursos utilizados para los análisis.....	26
3.4	Contexto espacial:.....	27
3.4.1	Variable de la investigación:.....	27
3.4.2	Sujetos.....	28
3.4.3	Fuentes de información.....	28
3.4.4	Técnicas e instrumentos utilizados en la recopilación de datos.....	29
3.4.5	Técnicas de análisis de datos	29
4	PRESENTACION, ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	30
4.1	Presentación de Resultados.....	30
4.1.1	Resultados de georreferenciación y mapeo.....	30
4.1.2	Resultados fisicoquímicos.....	35
4.1.3	Resultados físicos	36
4.1.4	Resultados químicos	37
4.1.5	Resultados microbiológicos	38
4.1.6	Resultados de dialogo semiestructurado	40
4.2	Análisis e Interpretación de Resultados	42
4.2.1	Interpretación de análisis fisicoquímicos.....	42
4.2.2	Interpretación de análisis microbiológico	44
4.2.3	Análisis de diálogo semiestructurado con personal técnico y administrativo de la Oficina Municipal de Agua y Saneamiento –OMAS.....	47
5	CONCLUSIONES	49
6	RECOMENDACIONES	51

7	REFERENCIAS	53
8	PROPUESTA DE MANEJO.....	56
	I. Objetivos	58
	II. Introducción.....	59
	III. Marco Legal.....	60
	IV. Marco teórico.....	64
	V. Delimitación en los nacimientos que abastecen al casco urbano de San Gaspar Chajul.....	70
	VI. Pasos para el desarrollo de un plan de seguridad del agua	78
	VII. Implementación de sistemas de desinfección.....	81
	VIII. Plan de monitoreo de la calidad del agua para consumo del municipio de San Gaspar Chajul.....	82
	IX. Referencias.....	85
9	ANEXOS.....	86
	Anexo A: Ejemplo de registros de datos georreferenciados	86
	Anexo B: Resultados de laboratorio	87
	Anexo C: ejemplo de bitácora de muestreo e imágenes recolectadas en campo.....	89
	Anexo D: Ejemplos de guía de diálogo semiestructurado.....	91

Índice de tablas:

Tabla 1: Tiempo de Residencia del Agua.....	9
Tabla 2: Parámetros Microbiológicos.....	12
Tabla 3: Definición conceptual, operativa e instrumental	27
Tabla 4: Resultados fisicoquímicos de época lluviosa	35
Tabla 5: Resultados fisicoquímicos de época seca	35
Tabla 6: Resultados físicos de época lluviosa.....	36
Tabla 7: Resultados físicos de época seca.....	36
Tabla 8: Resultados químicos de época lluviosa	37
Tabla 9: Resultados químicos de época seca.....	37
Tabla 10: Resultados microbiológico de época lluviosa	38
Tabla 11: Resultado microbiológico de época seca.....	38

Tabla 12: ejemplo de conformación de equipo PSA	78
Tabla 13: ejemplo de puntuación de determinados peligros.....	79
Tabla 14: Valoración de riesgos	80
Tabla 15: Cronograma para el muestreo de cloración	82
Tabla 16: Cronograma para muestreo de la calidad del agua	84

Índice de Gráficas:

Gráfica 1: Variación de coniformes totales UFC/100 mL de agua.....	39
Gráfica 2: Variación de E. coli	39
Gráfica 14: Existencia de Fuentes Hídricas con	40
Gráfica 15: Tratamientos de Desinfección con.....	40
Gráfica 16: Talleres o Capacitaciones de Temas Relacionados	40
Gráfica 17: Actividades de Conservación y Protección del Agua con Personal Administrativo	40
Gráfica 18: Existencia de Fuentes Hídricas con Personal Técnico	41
Gráfica 19: Tratamiento de Desinfección con Personal Técnico.....	41
Gráfica 20: Talleres o Capacitaciones de Temas Relacionados a la Calidad del Agua con Personal Técnico	41
Gráfica 21: Actividades de Conservación y Protección del Agua con Personal Técnico.....	41

Índice de Mapas:

Mapa 1: Ubicación del Municipio de San Gaspar Chajul	32
Mapa 2: Ubicación de los Cuerpos Hídricos que Abastecen a San Gaspar Chajul.....	33
Mapa 3: Vías de Acceso A los cuerpos Hídricos.....	34

Índice de Anexos

Anexo A: Ejemplo de registros de datos georreferenciados	86
Anexo B: Resultados de laboratorio	87
Anexo C: ejemplo de bitácora de muestreo e imágenes recolectadas en campo.....	89
Anexo D: Ejemplos de guía de dialogo semiestructurado	91

Con la colaboración de:

Dr. Sebastián Charchalac

Doctor en Gestión Ambiental

Licda. Alicia García Tovar

Químico Biólogo.

Lic. Alberto Rafael García Guillen

Químico Biólogo

Oficina Municipal de Agua y Saneamiento –OMAS-
Municipio de San Gaspar Chajul, departamento de Quiché

Concejo Municipal de San Gaspar Chajul

Administración 2020-2024

1. INTRODUCCIÓN:

1.1 Antecedentes de problemas

Guatemala está ubicada en el centro geográfico del continente americano, entre dos grandes masas continentales: la América del Norte y la América del Sur. Es un país montañoso de posición geográfica intertropical que goza de un clima cálido, en promedio, con variaciones regionales y microclimas locales caracterizados en función del relieve montañoso del lugar y de su distancia al mar. (Fcaa, iarna, y url, 2005).

A pesar de la riqueza hídrica, Guatemala es un país vulnerable y puede verse amenazado por el desarrollo de conflictos por el mismo; además, este es un bien amenazado en su capacidad de sostener los ecosistemas y en un futuro no muy lejano será complicado mantener su calidad en parámetros apropiados para el consumo humano. El agua es uno de los bienes que juega un papel complejo y multifacético, necesario desde el desarrollo de las actividades humanas hasta el desarrollo de los diferentes sistemas naturales.

El país dispone de muchas fuentes de agua, sin embargo, en la actualidad se comienzan a abarcar temas como la escases y falta de este líquido vital, incluso, en parte del territorio nacional se han desarrollado conflictos por la presión sobre la posesión de las fuentes hídricas, así como también por su uso, disponibilidad, tiempo de abastecimiento y costos por el derecho de uso.

La contaminación que afecta a la mayoría de los principales ríos del país disminuye la disponibilidad de agua; lo que revela la doble problemática sobre el vital líquido, como insumo para la población, la producción agrícola y los procesos industriales, así como medio para la evacuación de los desechos de todos estos procesos. De esta forma surge la necesidad de visualizar el agua como fuente y sumidero a la vez. Con el creciente incremento de la población, aunado a la concentración y urbanización, se complica rápidamente el problema de la disponibilidad. Además,

es preciso remarcar que la interacción de las actividades antrópicas y las variaciones climáticas globales agravan la situación de la disponibilidad del agua superficial y subterránea en el país (Ministerio de ambiente y recursos naturales, 2003).

En la actualidad, los principales centros urbanos del país padecen de contaminación del agua, con consecuencias adversas para la salud de sus habitantes, lo cual se ve agravado por la proliferación de asentamientos humanos irregulares, en zonas poco aptas para ese fin, que causan una creciente vulnerabilidad de las urbes y sus habitantes ante fenómenos hidrometeorológicos recurrentes de carácter extremo (Ministerio de ambiente y recursos naturales, 2003).

La contaminación es un problema crítico, ya que sin la calidad apta para el uso y consumo humano puede agravar el problema de la escasez. Las aguas de los cuerpos superficiales y subterráneos generalmente se contaminan por las descargas sin tratamiento previo, de aguas residuales municipales e industriales, así como también por el arrastre de las zonas donde se practican actividades agrícolas y pecuarias.

El municipio de San Gaspar Chajul, en el departamento de Quiché cuenta con sistemas de distribución de agua que proviene de los seis nacimientos, para abastecer de agua a la población. Previo a esta investigación, no se han realizado estudios para establecer la calidad del agua y por ende ninguno de ellos cuenta con un sistema de monitoreo y evaluación de las características físicas, químicas y microbiológicas, en virtud de ello se desarrolla la presente investigación, que genera datos concretos sobre la situación del bien hídrico superficial en el municipio; los resultados evidencian que el agua no es sanitariamente segura, por lo que se requiere de ciertas intervenciones de desinfección, que se plantean en una propuesta de manejo de los sistemas de abastecimiento y la calidad de las aguas que involucran la planificación de sistemas de monitoreo y evaluación con base en la norma COGUANOR NTG 29001.

1.2 Planteamiento del problema

El agua es uno de los elementos más conocidos en el medio en el que nos desarrollamos ya que lo encontramos en la superficie terrestre, en estado líquido en ríos, lagos, embalses, mares y océanos; en estado gaseoso en el vapor de agua en la atmósfera; en estado sólido en la cubierta de las regiones polares y las montañas más altas; el agua también puede encontrarse almacenada en el suelo o debajo de la tierra formando acuíferos. De toda esta agua únicamente el 3% es dulce, de eso, la mayoría (el 79%) está en forma de hielo (por lo que no está disponible para su uso) y el resto se encuentra como líquida: en forma de aguas subterráneas (el 20%) y, únicamente el 1% restante, como aguas superficiales (Wmo y unesco, 1997).

El agua dulce da vida a las poblaciones de las ciudades, irriga a los cultivos y es el hábitat de una multitud de seres vivos. Sin embargo, el agua puede significar también muerte y destrucción: el agua contaminada transmite enfermedades y puede provocar la muerte de los seres que la consumen pues la necesitan para sobrevivir (Wmo y unesco, 1997).

Es por ello que se le da importancia a la calidad de las aguas dulces disponibles, así como de su uso integral por medio de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico.

La contaminación es la acción y efecto por medio del cual se introducen materias que afectan las condiciones en el agua, y que, directa o indirectamente, alteran su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica. Esta contaminación de las aguas es producto del desarrollo de las actividades del hombre, quien agrega al agua sustancias ajenas a su composición, modificando la calidad de la misma. Dentro de los contaminantes del agua existen agentes químicos, como nitratos, metales pesados y pesticidas, entre otros. Las aguas de las cuales se abastece el municipio de Chajul no se encuentran exentas de algún tipo de contaminación, a pesar de ello la población utiliza el agua para diversas actividades.

La contaminación microbiológica puede contener agentes patógenos tales como bacterias, virus, protozoarios y parásitos, que entran al agua por los vertidos de diversa índole que en ella se depositan. Las aguas contaminadas pueden producir diversas enfermedades, especialmente gastrointestinales, así como problemas en la piel. Los indicadores usuales que se utilizan para definir agua contaminada son bacterias coliformes y E. coli., que hacen referencia a la contaminación bacteriológica (Ministerio de ambiente y recursos naturales, 2003).

1.3 Justificación de la investigación

El bien hídrico es de importancia vital para el desarrollo de las actividades del ser humano, así como también para el desarrollo y funcionamiento de los sistemas naturales a través del ciclo hidrológico, regulación del clima, equilibrio ecosistémico, entre otros. El uso y aprovechamiento depende de las condiciones en las que se encuentre su calidad, ya que el uso del agua en condiciones no aptas para el uso y consumo humano, pueden ocasionar alteraciones en el funcionamiento del organismo humano compuesto aproximadamente por 60% de agua.

Por ello el uso de fuentes de agua sin un adecuado tratamiento afecta directamente a la salud de los consumidores; el uso para irrigación de hortalizas y otros cultivos, también puede afectar a la calidad de los suelos y por ende de los productos.

A pesar de las evidencias sobre la contaminación de los bienes hídricos, las sociedades apenas han empezado a tomar conciencia sobre la importancia de preservarlos y aún no se están implementando prácticas para evitar el uso excesivo e indebido, así como la contaminación de los mismos. El aprovechamiento de dicho bien depende de su calidad, es por ello que, el desconocimiento de la misma puede ocasionar problemas en las condiciones fisiológicas de los seres vivos en general, así como también en el ser humano en particular, esto puede afectar al desarrollo y el metabolismo de los mismos, y provocar problemas en la salud. Es por esto que es muy importante el estudio de la determinación de la situación de la calidad de las aguas superficiales en el municipio de San Gaspar Chajul, del departamento de Quiché, ya que permite que los habitantes conozcan las condiciones en las que se encuentran sus bienes hídricos superficiales y de esa forma puedan tomar las decisiones necesarias para su cuidado y conservación.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General:

Determinar la situación actual de la calidad de las aguas superficiales, en época lluviosa y época seca, del municipio de San Gaspar Chajul, Quiché, y elaborar una propuesta manejo.

1.4.2 Objetivos Específicos:

1.4.2.1 Georreferenciar las fuentes de aguas superficiales del municipio de San Gaspar Chajul.

1.4.2.2 Efectuar el análisis físico-químico y bacteriológico de las aguas superficiales del municipio.

1.4.2.3 Realizar una propuesta de manejo de las fuentes de aguas superficiales en el municipio.

1.4.2.4 Evidenciar el grado de sensibilización que posee el personal técnico y administrativo sobre la calidad del agua para uso y consumo humano, así como la conservación y cuidado del bien hídrico.

1.5 Hipótesis descriptiva.

Las fuentes hídricas superficiales de las que se abastece el municipio de San Gaspar Chajul poseen algún tipo de contaminación.

2. MARCO TEÓRICO:

1.1 Calidad del Agua:

2.1.1 Agua:

Es una sustancia compuesta por moléculas integradas por un átomo de oxígeno y dos de hidrogeno. Es un compuesto inodoro, insípido e incoloro. También es la sustancia que más abunda en la tierra y que posee la peculiaridad de encontrarse en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso. La mayor parte del bien hídrico se encuentra almacenado en los océanos y mares que contienen el 97.5 % del agua de la tierra, sin embargo, es agua que no puede ser consumida ya que es agua salada, que solo permite la vida de la flora y fauna marina. El 2.5% restante es agua dulce (Jumapan, s.f.).

Es decir que permite el desarrollo de la vida humana y de flora y fauna terrestre, sin embargo, no toda está disponible ya que gran parte permanece congelada en los glaciares.

El agua es uno de los bienes naturales para la vida del planeta. Los seres humanos dependen de su disponibilidad para el desarrollo de sus actividades como consumo doméstico, funcionamiento y continuidad de actividades agrícolas e industriales. La demanda de este líquido ha aumentado en los últimos años y con la finalidad de producir una mayor cantidad de alimentos y más energía, así también debido a la necesidad de dotar del servicio hídrico a la población que va en constante crecimiento.

2.1.2 Agua Dulce:

Es el agua que por su composición contiene menos cantidad de sales disueltas, es utilizada para el consumo humano por medio del proceso de potabilización (Ecured, 2012). Por lo general se

encuentra distribuida en lagos, estanques, ríos, arroyos, ciénagas, marismas y pantanos. Si los unimos, todos estos ecosistemas contienen toda el agua en el mundo que no está congelada, pero fundamentalmente sin sal, y accesible a los humanos.

2.1.3 Aguas Superficiales:

Son las aguas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Por lo general se produce por escorrentía de las precipitaciones o por el afloramiento de aguas subterráneas. Estas pueden clasificarse como aguas *artificiales* (masas de agua creadas por la actividad del ser humano); *muy modificadas* (masas de agua creadas como consecuencia de alteraciones físicas producto de la actividad humana y que han experimentado un cambio sustancial en su naturaleza); y las *aguas en estado natural* (no se han modificado por las actividades del ser humano) (Ecured, 2014).

La clasificación se realiza con el fin de facilitar la gestión de los cuerpos de agua para su uso.

Para propósitos de regulación, se define al agua superficial como toda agua abierta a la atmósfera y sujeta a escorrentía superficial. Que sigue su curso en forma de una serie de arroyos, riachuelos, corrientes y ríos que llevan el agua desde lugares con pendiente descendente hacia un cuerpo de agua principal. Un área de drenaje suele denominarse como cuenca de drenaje o cuenca hidrográfica.

2.1.4 El agua y los seres vivos:

El agua se considera indispensable para la vida, esto debido a que ningún organismo puede sobrevivir sin ella, este líquido es importante para la obtención de hidrogeno, también regula el funcionamiento de organismos a través de la regulación del clima y de la atmosfera, es el medio en el que se desarrolla importante flora y fauna acuática. Por ello se dice que el agua interviene en todas las funciones vitales de plantas y animales.

2.1.5 Tiempo de residencia del Agua:

Es el tiempo promedio que una molécula de agua pasa en un mismo reservorio. Es una medida de la edad del agua en ese reservorio. Se estima a partir de dividir volumen entre transporte o mediante datación isotópica (Ballabrera, 2009).

Tabla 1: Tiempo de Residencia del Agua.

Reservorio	Tiempo de residencia
Océanos	3.200 años
Glaciares	20 – 100 años
Nieve estacional	2 – 6 meses
Humedad del suelo	1 – 2 meses
Freática superficial	100 – 200 años
Freática profunda	10.000 años
Ríos	2 – 6 meses
Atmósfera	9 días

P :: Calcular el tiempo de residencia del agua en el océano a partir de los datos siguientes:

Volumen : $1370 \times 10^6 \text{ km}^3$.

Flujo: $361 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{year}$.

Fuente: (Ballabrera, 2009).

2.1.6 Calidad del agua:

Se refiere a la condición en la que el líquido se encuentra en lo relacionado a las características físicas, químicas y biológicas, durante su estado natural y después de que se han alterado por la actividad humana. La calidad del agua también depende de la actividad que se planea desarrollar o el uso que se le pretende dar, ya sea doméstico, agrícola, ganadero, hábitat para organismos acuáticos, recreación, entre otros (Ciencia para cambiar el mundo, 2017).

En Guatemala la calidad se define en las normas emitidas por la Comisión Guatemalteca de Normas –COGUANOR-, quien establece los parámetros químicos, físicos y microbiológicos permisibles.

2.1.7 Contaminación del agua:

La contaminación del bien hídrico se produce cuando el agua contiene materia orgánica o sustancias tóxicas no orgánicas en gran cantidad. Lo que altera sus características básicas y aptas para el desarrollo de las actividades humanas y de la vida vegetal y animal.

2.1.7.1 *Contaminación química:* producida por la presencia de una gran variedad de productos químicos como metales, disolventes, pesticidas, herbicidas, productos industriales, detergentes, aceites y combustibles que pueden acumularse en el agua (Flores, 2019).

2.1.7.2 *Contaminación microbiológica:* se da por una gran cantidad de microorganismos patógenos (bacterias, virus y protozoos) que pueden contaminar el agua. (Flores, 2019). Ésta es una forma natural de contaminación del agua causada por microorganismos provenientes de aguas residuales o industriales no tratadas adecuadamente (Proagua, 2020).

2.1.7.3 *Contaminación física:* o contaminación por materia suspendida, es provocada por algunos contaminantes no se disuelven en el agua porque sus moléculas son demasiado grandes para mezclarse entre ellas (Proagua, 2020).

2.1.8 Gestión Integrada del Recurso Hídrico –GIRH-:

Es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y otros recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de la población, donde todos y todas tienen acceso a agua de calidad y en cantidad de forma equitativa sin causar daño a los ecosistemas (Vergara, 2012).

La GIRH se centra en 5 aspectos básicos que son: principios, políticas, control, administración y herramientas. Tomando las herramientas de trabajo como un apoyo para tomar decisiones y ejecutar de una manera más eficaz las acciones en campo.

La Gestión Integral del Recurso Hídrico se centra en los usos del agua, así como también en los problemas que se generan con los diferentes usos, abarca también las medidas de protección y conservación del bien hídrico, para que se realicen coordinadamente.

2.2 Normas COGUANOR

La Comisión Guatemalteca de Normas –COGUANOR- es el organismo nacional de normalización, adscrito al Ministerio de economía, según la ley del sistema nacional de la calidad decreto 78-2005 del Congreso de la República. La principal función de COGUANOR es desarrollar actividades de normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dichas empresas ofertan en el mercado nacional e internacional. Su ámbito de actuación abarca todos los sectores económicos (Comisión guatemalteca de normas ministerio de economía, 1999).

2.2.1 Parámetros que conforman las normas COGUANOR:

COGUANOR en su norma técnica guatemalteca -NTG- 29001 “Agua para consumo humano (agua potable)” establece los parámetros permisibles para los componentes o características del agua, los cuales se dividen en físicas y organolépticas, químicas y microbiológicas, con base en dicha norma a continuación se presentan los parámetros permisibles para las características mencionadas:

2.2.1.1 Parámetros Microbiológicos:

COGUANOR NTG 29001 (2022) indica que: en aguas para consumo directo; agua tratada que entra al sistema de distribución; y en agua tratada en el sistema de distribución las coliformes totales y *E. coli* no deben ser detectables en 100 mL de agua.

Tabla 2: Parámetros Microbiológicos.

Microorganismos	Límite Máximo Permisible
Agua para consumo directo Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada que entra al sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua
Agua tratada en el sistema de distribución Coliformes totales y <i>E. coli</i>	No deben ser detectables en 100mL de agua

Fuente: (Coguanor, 2022).

2.2.1.2 Parámetros Físicos:

- Color:

Es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. Constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas. Los efectos del color en la vida acuática se centran principalmente en aquellos derivados de la disminución de la transparencia, es decir que, además de entorpecer la visión de los

peces, provoca un efecto barrero a la luz solar, traducido en la reducción de los procesos fotosintéticos en el fitoplancton, así como una restricción de la zona de crecimiento de las plantas acuáticas (Cartagena, 2014).

- *Olor:*

Es debido a cloro, fenoles, ácido sulfhídrico, etc. La percepción del olor no constituye una medida, sino una apreciación, y ésta tiene, por lo tanto, un carácter subjetivo. El olor raramente es indicativo de la presencia de sustancias peligrosas en el agua, pero sí puede indicar la existencia de una elevada actividad biológica. Por ello, en el caso de agua potable, no debería apreciarse olor alguno, no sólo en el momento de tomar la muestra sino a posteriori (10 días en recipiente cerrado y a 20°C) (Cartagena, 2014).

- *Turbidez:*

Es una medida de la dispersión de la luz por el agua como consecuencia de la presencia en la misma de materiales suspendidos coloidales y/o partículas. La presencia de materia suspendida en el agua puede indicar un cambio en su calidad (por ejemplo, contaminación por microorganismos) y/o la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas (arena, fango, arcilla) o de materiales orgánicos. La turbidez es un factor ambiental importante en las aguas naturales, y afecta al ecosistema ya que la actividad fotosintética depende en gran medida de la penetración de la luz. Las aguas turbias tienen, por supuesto, una actividad fotosintética más débil, lo que afecta a la producción de fitoplancton y también a la dinámica del sistema. La turbidez del agua interfiere con usos recreativos y el aspecto estético del agua. La turbidez constituye un obstáculo para la eficacia de los tratamientos de desinfección, y las partículas en suspensión pueden ocasionar gustos y olores desagradables por lo que el agua de consumo debe estar exenta de las mismas. Por otra parte, la transparencia del agua es especialmente importante en el caso de aguas

potables y también en el caso de industrias que producen materiales destinados al consumo humano, tales como las de alimentación, fabricación de bebidas (Cartagena, 2014).

- *Sólidos en suspensión:*

La cantidad de sólidos disueltos totales (TDS) es uno de los principales indicadores de la calidad del agua. El TDS es el total de sales disueltas y se puede expresar en mg/l, g/m³ o ppm (mg/l). Las sales más frecuentes en el agua son las de calcio, magnesio y sodio. En aguas no salobres el 90 % del contenido de sales en el agua, son por presencia de calcio y magnesio. Además, dicho calcio y magnesio son molestos en la utilización del agua. La medición de la dureza del agua con conductímetros o medidores de TDS debe realizarse antes de tratamientos de descalcificación de agua. Durante el proceso de descalcificación de agua los carbonatos son sustituidos por sodio, lo que no altera la concentración total de sólidos disueltos, pero disminuye la dureza del agua (De la fuente, 2013).

- *Temperatura:*

La temperatura es un parámetro termodinámico del estado de un sistema que caracteriza el calor, o transferencia de energía. La temperatura del agua influirá en la cantidad de oxígeno presente en el agua ya que a mayor temperatura se acelerará el proceso fotosintético, así como la remoción de materia orgánica (Ecofluidos ingenieros, 2012).

- *Sólidos Disueltos Totales:*

Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos); y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras (Ecofluidos ingenieros, 2012).

- *Conductividad:*

Es la capacidad de que una sustancia pueda conducir corriente eléctrica. Es una variable que depende de la cantidad de sales disueltas en un líquido. La unidad de medición utilizada comúnmente es el siemens/cm (S/cm), microsiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$), o milisiemens/cm (mS/cm). En soluciones acuosas el valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos. Por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración mayor será la conductividad (De la fuente, 2013).

2.2.1.3 *Parámetros Químicos:*

- *pH:*

Se define como el logaritmo de la inversa de la concentración de protones: $\text{pH} = \log 1/[\text{H}^+] = -\log [\text{H}^+]$ La medida del pH tiene amplia aplicación en el campo de las aguas naturales y residuales. Es una propiedad básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas. Valores extremos de pH pueden originar la muerte de peces, drásticas alteraciones en la flora y fauna, reacciones secundarias dañinas (por ejemplo, cambios en la solubilidad de los nutrientes, formación de precipitados, etc.). El pH es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales. El valor del pH compatible con la vida piscícola está comprendido entre 5 y 9. Sin embargo, para la mayoría de las especies acuáticas, la zona de pH favorable se sitúa entre 6.0 y 7.2. Fuera de este rango no es posible la vida como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas. La alcalinidad es la suma total de los componentes en el agua que tienden a elevar el pH por encima de un cierto valor (bases fuertes y sales de bases fuertes y ácidos débiles), y, lógicamente, la acidez corresponde a la suma de componentes que implican un descenso de pH (dióxido de carbono, ácidos minerales,

ácidos poco disociados, sales de ácidos fuertes y bases débiles). Ambos, alcalinidad y acidez, controlan la capacidad de taponamiento del agua, es decir, su capacidad para neutralizar variaciones de pH provocadas por la adición de ácidos o bases. El principal sistema regulador del pH en aguas naturales es el sistema carbonato (dióxido de carbono, ión bicarbonato y ácido carbónico) (Cartagena, 2014).

- *Nitratos:*

La presencia de nitratos proviene de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales y de efluentes industriales. Tampoco puede descartarse la contaminación proveniente del lavado de tierras de labor en donde se utiliza profusamente como componente de abonos y fertilizantes. Por el contrario, la producción de NO_3^- en depuradoras de aguas residuales debe tenerse en cuenta, pues se convierte en factor limitante del crecimiento en sistemas hídricos si existe abundancia de fósforo, promoviendo fenómenos indeseables como la eutrofización. El nitrógeno Kjeldahl (NTK) mide la cantidad de nitrógeno amoniacal y de nitrógeno orgánico. Indica el contenido proteínico del agua (Cartagena, 2014).

- *Nitritos:*

Los nitratos y nitritos son dos compuestos químicos que en algunas ocasiones se encuentran en el agua de pozos privados. son de particular interés en la salud porque convierten la hemoglobina en la sangre a metamoglobina. La metamoglobina reduce la cantidad de oxígeno que se transporta en la sangre. Como resultado, las células no tienen suficiente oxígeno para funcionar adecuadamente en el organismo. A esta condición se le llama metamoglobinemia (Ambiental, 2006).

- *Fosfatos:*

El fósforo elemental no se encuentra habitualmente en el medio natural, pero los ortofosfatos, pirofosfatos, metafosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicamente unidos sí se detectan en aguas naturales y residuales. El fósforo es considerado como un macronutriente esencial, siendo acumulado por una gran variedad de organismos vivos (Cartagena, 2014).

- *Oxígeno disuelto:*

Es necesario para la vida de los peces y otros organismos acuáticos. El oxígeno es moderadamente soluble en agua, dependiendo la solubilidad de la temperatura, la salinidad, la turbulencia del agua y la presión atmosférica: disminuye cuando aumenta la temperatura y la salinidad, y cuando disminuye la presión atmosférica. La solubilidad del oxígeno atmosférico en aguas dulces, a saturación y al nivel del mar, oscila aproximadamente entre 15 mg/L a 0°C y 8 mg/L a 25°C (Cartagena, 2014).

2.3 Muestreo:

La toma de muestras de aguas es una faceta importante a considerar previa al análisis, pues de nada servirá realizar determinaciones analíticas muy precisas si las muestras que llegan al laboratorio no son representativas para los fines que se realiza el análisis (Cartagena, 2014).

2.3.1 Parámetros de estudio:

Son enumerados los parámetros físico-químicos, microbiológicos y toxicológicos objeto de estudio. Por otra parte, se establecen cuáles de ellos se determinan in situ y cuales, en laboratorio, en función de los objetivos del estudio y las posibilidades técnicas en cada caso (Cartagena, 2014).

2.3.2 Tipo de muestras a recoger:

Según los objetivos del estudio de los vertidos o cauces naturales y los recursos con que se cuente se pueden recoger y analizar muestras únicas (sencillas); formadas por diferentes submuestras tomadas en un mismo punto en diferentes momentos, (muestras compuestas); muestras tomadas en diferentes puntos en un mismo momento, (muestras integradas). Estas últimas tienen la ventaja de la reducción del número de análisis para una misma precisión de estudio, pero cuenta con la desventaja de no registrar picos de contaminación y no ser utilizable para la determinación de algunos parámetros (microbiológicos y gases disueltos), (Cartagena, 2014).

2.3.3 Volumen de la muestra:

Es esencial, en esta fase previa, la definición de la cantidad de muestra de aguas a recoger. Esta debe ser suficiente para llevar a cabo todos los análisis y ensayos previstos y realización de repeticiones en caso necesario (control de calidad, contraste frente a disconformidades) (Cartagena, 2014).

2.3.4 Número de muestras a determinar:

Uno de los aspectos principales de la planificación de los trabajos de campo es la elección adecuada del mínimo número de muestras a recoger y analizar para que el muestreo del vertido de aguas resulte estadísticamente representativo. Diversos parámetros varían con el tiempo, por lo que, si no pueden evaluarse in situ, deben preservarse mediante aditivos. Los aditivos varían según el compuesto específico a determinar por lo que puede ser necesario tomar varias muestras. La temperatura, el pH y los gases deben determinarse inmediatamente en el lugar de muestreo (Cartagena, 2014).

2.4 Usos y aprovechamiento del Agua:

2.4.1 Criterios que permiten definir la calidad del agua según el uso destinado:

1.5.1.1 Riego:

Las tierras potencialmente regables en el país alcanzan 2.6 millones de hectáreas de las cuales, en el año 1,999 sólo se irrigaban 129,890 equivalentes a menos del 5% del total regable. La propiedad de los sistemas de riego, en un 85% es privada y en 15% estatal. En relación con el uso del área regada se puede indicar que el 50% corresponde a caña de azúcar y pastos, el 26.9% a granos básicos y hortalizas, el 14.2% a plantaciones de banano. El 8.15% a frutales y el 0.5% a flores y plantas (Ministerio de ambiente y recursos naturales, 2003).

1.5.1.2 Energía:

Durante el año 2000, el 32% de la potencia instalada 529 MW provenía de hidroeléctricas, con una tendencia al incremento de la producción termoeléctrica. Actualmente, con base en la información de generación, se estima que la hidroelectricidad requiere 2,883 millones de metros cúbicos de agua anuales. No existe ningún cobro por la utilización del agua, ni por servicios ambientales de las zonas, aguas arriba, de las presas de almacenamiento. Si se quintuplicara el potencial hidroeléctrico del país, según el plan maestro de electrificación de 1976, se requerirán, en el futuro, 15,000 millones de metros cúbicos de agua.

El agua que se emplea para generación eléctrica no es consumida y vuelve para su uso; sin embargo, es importante considerar su volumen pues aguas arriba del proyecto, el agua no puede ser desviada para otro tipo de usos (Ministerio de ambiente y recursos naturales, 2003).

1.5.1.3 Pesca:

La pesca no consume directamente el agua, pero requiere del empleo de recursos, no sólo en cantidad, sino en calidad. Considerando que de 1997 a 1998 la producción bruta nacional fue de Q13 millones (a precios constantes del año 1,958), este tipo de uso no puede ser ignorado (Ministerio de ambiente y recursos naturales, 2003).

1.5.1.4 Turismo:

El paisaje y la recreación no implican consumo directo del agua, pero requieren condiciones de cantidad y calidad muy altas. Además, los servicios a la población flotante, conformada por los turistas, que requieren un volumen adicional de agua potable. La calidad del agua influye directamente en la decisión del turista de visitar determinado lugar, por lo que el deterioro de la calidad trae efectos económicos negativos, que se reflejan con claridad en la industria (Ministerio de ambiente y recursos naturales, 2003).

1.5.1.5 Industria:

No existen estadísticas confiables respecto del uso del agua por el sector industrial, por lo que, con base en el proceso de destilación, rectificación y mezcla de bebidas espirituosas, productos vinícolas, fabricación de cerveza y la producción de bebidas gaseosas, jugos y otras, se estimó una utilización de 425 millones de metros cúbicos de agua (80% del volumen producido). En este sector, los únicos costos que se consideran son los de operación o extracción del agua. Es importante hacer notar que hay otros usos considerables de agua en la industria alimenticia, así como la limpieza de equipo e instalaciones, la alimentación de calderas y el agua utilizada para refrigeración y enfriamiento (Ministerio de ambiente y recursos naturales, 2003).

3 MARCO METODOLÓGICO:

3.1 Definición del método de investigación utilizado

3.1.1 Enfoque de la investigación:

Esta investigación se desarrolló bajo el enfoque cuantitativo de alcance descriptivo a través del cual se especificaron las propiedades y características de una situación determinada que se sometió a análisis. Este tipo de estudios sirven principalmente para descubrir y mostrar con precisión las dimensiones de la situación actual de los manantiales del -PRMQ¹- (Hernandez S, Fernandez C, Baptista L, 2014).

3.1.2 Método de la investigación:

La investigación aplicada es de tipo no experimental, que consiste en ubicar las variables de una situación específica para posteriormente realizar una descripción.

Con los resultados obtenidos de la investigación no experimental es posible afirmar una relación causal entre las variables, dada la posibilidad de no encontrar otros factores que sí afectan a la variable dependiente.

3.1.3 Contexto espacial y temporal de la investigación:

El trabajo de investigación se desarrolló en el municipio de San Gaspar Chajul, ubicado en el departamento de Quiché, donde se tomaron en cuenta los cuerpos hídricos superficiales ubicados en áreas rurales y en áreas urbanas que abastecen a la cabecera municipal.

En este apartado se describen las generalidades del municipio de San Gaspar Chajul, en el departamento de Quiché, donde se desarrolló la investigación.

¹ Cuestionario de Memoria Prospectiva y Retrospectiva

3.1.3.1 Descripción general del municipio de San Gaspar Chajul:

- *Ubicación geográfica:*

El municipio se encuentra a una latitud de 15°29'27" y una longitud de 91°02'48", con una altura de 1,991 msnm y posee una extensión territorial de 1523 kms². Se encuentra a una distancia de 329 kilómetros por la ruta nacional No. 15 al entronque con la ruta Interamericana CA-1, en la aldea Los Encuentros, departamento de Sololá. De la cabecera departamental de Quiché a Chajul a una distancia de 112 kilómetros, por la vía RN-15 que transita hasta Sacapulas, y la Vía RD-3 de Sacapulas a Santa María Nebaj, y de Santa María Nebaj a Chajul. Colinda al Norte con el municipio de Ixcán; Al Sur con el municipio de Cotzal; Al Oriente con el municipio de Uspantán; Al Occidente con los municipios de Nebaj; Santa Eulalia y Barillas, Huehuetenango (EPSUM, 2020).

- *Demografía:*

Según el censo poblacional realizado por el Área de Salud Ixil, en especial del Distrito Municipal de Salud Chajul, publicado en enero de 2020; el municipio de San Gaspar Chajul tiene una población total de 15,339 habitantes que se divide en 7,418 hombres (48.36%) y 7,921 mujeres (51.64%).

- Recursos naturales:

✓ *Gestión integrada del recurso hídrico –GIRH-:*

La GIRH se define como “un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado de los recursos hídricos, la tierra y los recursos naturales relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. El grupo de trabajo ha trazado como objetivo general la incorporación del concepto de GIRH en la gestión ambiental del ministerio de

ambiente y desarrollo sostenible, para lo cual focaliza las acciones necesarias a partir de una perspectiva de cuenca hidrográfica (Minambiente, 2020).

✓ *Bosques:*

La flora se encuentra principalmente en los bosques lluviosos, siendo el hábitat para musgos y helechos, así como una alta diversidad de coníferas, con varias especies de pinos y pinabete. La fauna, se encuentra en las montañas vírgenes y está en toda el área especialmente en la reserva de área protegida de Visis Cabá, que tiene el hábitat adecuado para su conservación (Llamo Castillo, 2015).

3.1.3.2 Contexto temporal de la investigación:

La investigación se realizó desde mediados del mes de septiembre del año 2020, iniciando con la planificación de las actividades, determinación de fechas de muestreo, reconocimiento del área de trabajo, mapeo y georreferenciación, toma de muestras, análisis de laboratorio; y finalizó a mediados del mes de agosto del año 2022 con la tabulación, análisis y comparación de resultados; dado que la época lluviosa del municipio de San Gaspar Chajul da inicio a mediados del mes de mayo y finaliza en el mes de febrero; la muestra que corresponde a la época lluviosa (invierno) se tomó la primera semana del mes de noviembre del año 2021. Por otro lado, la época seca (verano) da inicio a finales del mes de febrero y finaliza a mediados del mes de mayo, por ello la segunda muestra se tomó la última semana del mes de marzo del año 2022.

3.2 Pasos del trabajo de campo:

3.2.1 Caracterización y georreferenciación de las fuentes hídricas superficiales:

Se consultó al personal de la Oficina Municipal de Aguas –OMAS- y la Unidad de Gestión Ambiental y Desarrollo Económico Local Municipal –UGADELM-, sobre la existencia de los datos sobre las fuentes hídricas superficiales del municipio, con la finalidad de crear una base de datos actualizada con aspectos importantes y relevantes (ubicación geográfica, nombre de la fuente, etc.). Para este proceso se visitaron las fuentes y se utilizó un aparato para Geo Posicionamiento Satelital –GPS-, registrando los datos en coordenadas UTM. Los datos e información obtenidos se registraron detalladamente en una boleta de campo.

3.2.2 Mapeo:

Las fuentes hídricas superficiales se geo posicionaron en una fotografía satelital del área que corresponde a las coordenadas obtenidas, para lo que se utilizaron los programas para elaboración de mapas ArcGis, el banco de archivos o shaps del territorio nacional en la web SINIT-SEGEPLAN.

3.2.3 Determinación de la población y número de muestras que se analizarán:

Para la determinación y distribución de número de muestras se consideraron los aspectos técnicos siguientes:

- Costos de laboratorio para el análisis de las muestras.
- Disponibilidad de recursos (físicos y económicos).
- Acceso a las fuentes hídricas.

Por medio de estas consideraciones el investigador definió un número de muestras que se analizaron según los criterios técnicos de laboratorio.

3.2.4 Muestreo de agua:

Para los fines de esta investigación se realizó un muestreo simple, que consiste en la toma de una sola muestra de agua, en un sitio específico, la muestra se utilizó para determinar los parámetros de calidad del agua. El muestreo se realizó durante dos épocas climáticas que son, lluviosa y seca.

3.2.5 Procedimiento para toma de muestras:

3.2.5.1 Rotulación de los frascos para recolección de muestras: cada uno de los frascos, se identificó y rotuló con datos como, hora, fecha y nombre del recolector, numero de muestra, lugar muestreado.

3.2.5.2 Preparación del equipo de campo: el equipo de laboratorio fue revisado previo a su uso, para prevenir inconvenientes en campo.

3.2.5.3 Obtención de las muestras: las muestras fueron tomadas en el centro de la fuente, a una profundidad media dependiendo de las características de cada una, con el objetivo de evitar la alteración de los resultados debido a concentración de contaminantes en las orillas o muy cercanas a fuentes de descargas de elementos contaminantes, tomando datos en una boleta de campo.

3.2.6 Cadena de frío para transportar las muestras tomadas:

Las muestras recolectadas se transportaron en una cadena de frío para mantenerlas a una temperatura promedio de 4 °C, hasta llegar al laboratorio para ser analizado posteriormente.

Los análisis se realizaron en un laboratorio de aguas donde se determinarán los parámetros químicos, físicos y bacteriológicos que se requieren para esta investigación.

3.2.7 Determinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en laboratorio:

Los métodos que se utilizaron para la determinación de los parámetros evaluados fueron:

3.2.7.1 *Parámetros Físicos:* se aplicó el método de observación visual, así como también el uso de sondas específicas para los parámetros definidos.

3.2.7.2 *Parámetros Químicos:* para los fines de la presente investigación, se hizo uso de los aparatos de laboratorio.

3.2.7.3 *Parámetros microbiológicos:* se determinó la carga de Coliformes Totales, el método utilizado fue la Filtración por membrana y el cultivo por medio de agar monocult.

3.3 Recursos utilizados para los análisis:

- ❖ Muestras
- ❖ Pipeta (TenSette) de 0.1-1.0 mililitros.
- ❖ Beakers de 50 y 500 mililitros.
- ❖ Agua tridestilada.
- ❖ Agitador eléctrico.
- ❖ Limpiador.
- ❖ Espectrofotómetro.
- ❖ Cronometro.
- ❖ Reactivos.
- ❖ Membranas filtrantes de 0,45 μm de tamaño de poro.
- ❖ Medios de cultivo.
- ❖ Soporte del filtro con embudo.
- ❖ Pipetas estériles de 10 y 1 mL.
- ❖ Incubadora.
- ❖ Asa de siembra.
- ❖ Cajas Petri.
- ❖ Pinzas estériles.
- ❖ Mechero.
- ❖ Agua desmineralizada.
- ❖ Cinta adhesiva.
- ❖ Marcadores.
- ❖ Libreta.
- ❖ Tijeras.
- ❖ Botellas de incubación para la DBO, de 250 a 300 ml Incubadora de aire.
- ❖ Baño de agua, controlada termostáticamente a 20°C

3.4 Contexto espacial:

En este apartado se describen las generalidades del municipio de San Gaspar Chajul, en el departamento de Quiché.

3.4.1 Variable de la investigación:

3.4.1.1 Variable independiente:

Calidad de las aguas superficiales.

3.4.1.2 Variable dependiente:

Parámetros de contaminación.

Definición conceptual, operativa e instrumental:

Tabla 3: Definición conceptual, operativa e instrumental.

Variable:	Indicador (Parámetros):	Normativa:	Técnica:	Instrumentos:	Nivel:
Calidad de las aguas superficiales.	pH, conductividad, oxígeno disuelto, fosfatos, nitratos, solidos disueltos totales, coliformes totales (UFC/100 mL de agua) y presencia o ausencia de E. coli.	COGUANOR NTG 29001 para agua para consumo humano (Agua potable).	Análisis químico, físico y microbiológico del agua recolectada en el muestreo.	Material de campo y equipo de laboratorio de aguas.	Local.

Fuente: (Elaborado por el investigador, con base a la normativa aplicada.)

3.4.2 Sujetos:

3.4.2.1 Población:

Se utilizaron algunas herramientas para recolectar datos del municipio así determinar el número de fuentes hídricas superficiales y se requirió de actores clave para recabar información relevante y representativa, que se tomará en cuenta la investigación.

3.4.2.2 Muestra:

Se realizó en base a la técnica de muestreo aleatorio condicionado, ya que el número de muestras de que se tomaron en cuenta en este proyecto fueron definidas en base a los criterios de: Costos de laboratorio, disponibilidad de recursos (financieros y humanos) y el acceso a las fuentes hídricas superficiales del municipio de San Gaspar Chajul.

3.4.3 Fuentes de información:

3.4.3.1 Primaria:

- *Visitas técnicas:* se planificaron y realizaron visitas técnicas a las fuentes hídricas superficiales, con la finalidad de conocer e identificar características generales contextuales de cada fuente.
- *Muestras de agua superficial:* se tomaron dos muestras en cada uno de los cuerpos de agua que abastecen al municipio, uno se realizará durante la época lluviosa (noviembre) y el segundo durante la época seca (marzo). Estos muestreos fueron la herramienta para determinar las condiciones físicas, químicas, fisicoquímicas y bacteriológicas de los sistemas superficiales de agua.

- *Diálogo semiestructurado*: se realizó y dirigió a los actores clave, quienes son los encargados técnicos y administrativos de las fuentes hídricas. De esa forma se identificaron los usos actuales de las fuentes.

3.4.3.2 *Secundaria*

- Consultas bibliográficas:

Realizando un trabajo basado en la legislación existente en el país se hicieron consultas bibliográficas en especial a la norma emitida por COGUANOR NTG 29001 “Agua para el consumo humano (agua potable)”; Reglamento para la certificación de la calidad del agua para consumo humano en proyectos de abastecimiento; y el manual de especificaciones para la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo humano. También se consultaron otras fuentes bibliográficas para obtener información o conceptos de determinados temas.

3.4.4 Técnicas e instrumentos utilizados en la recopilación de datos:

Se elaboró una guía de preguntas para el desarrollo del diálogo semiestructurado dirigido a los encargados del bien hídrico, del sector administrativo como el sector técnico.

3.4.5 Técnicas de análisis de datos:

Cada uno se evaluó según los criterios establecidos y descritos en la norma COGUANOR NTG 29001 “Agua para el consumo humano (agua potable)”.

En el vaciado de datos se utilizó el porcentaje representativo para cada una de las preguntas guía establecidas en la guía para dialogo semiestructurado.

4 PRESENTACION, ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS:

4.1 Presentación de Resultados.

En base a la norma COGUANOR NTG 29001 se definieron los parámetros indicadores de la calidad de agua, los cuales se utilizaron para el análisis de los datos. Dicha caracterización se realizó a los nacimientos de agua que abastecen al casco urbano del municipio de Chajul, perteneciente al departamento de Quiché.

Para el caso de la presente investigación el índice fue determinado a partir de información recolectada en 7 puntos de muestreo, que toman en cuenta la totalidad de las fuentes hídricas superficiales que abastecen al casco urbano del municipio mencionado anteriormente, lugares en los que de ser requerido se puede desarrollar un programa de monitoreo con la finalidad de determinar la calidad actual de los nacimientos de agua y en conjunto, las posibles causas de contaminación y la implementación de la GIRH.

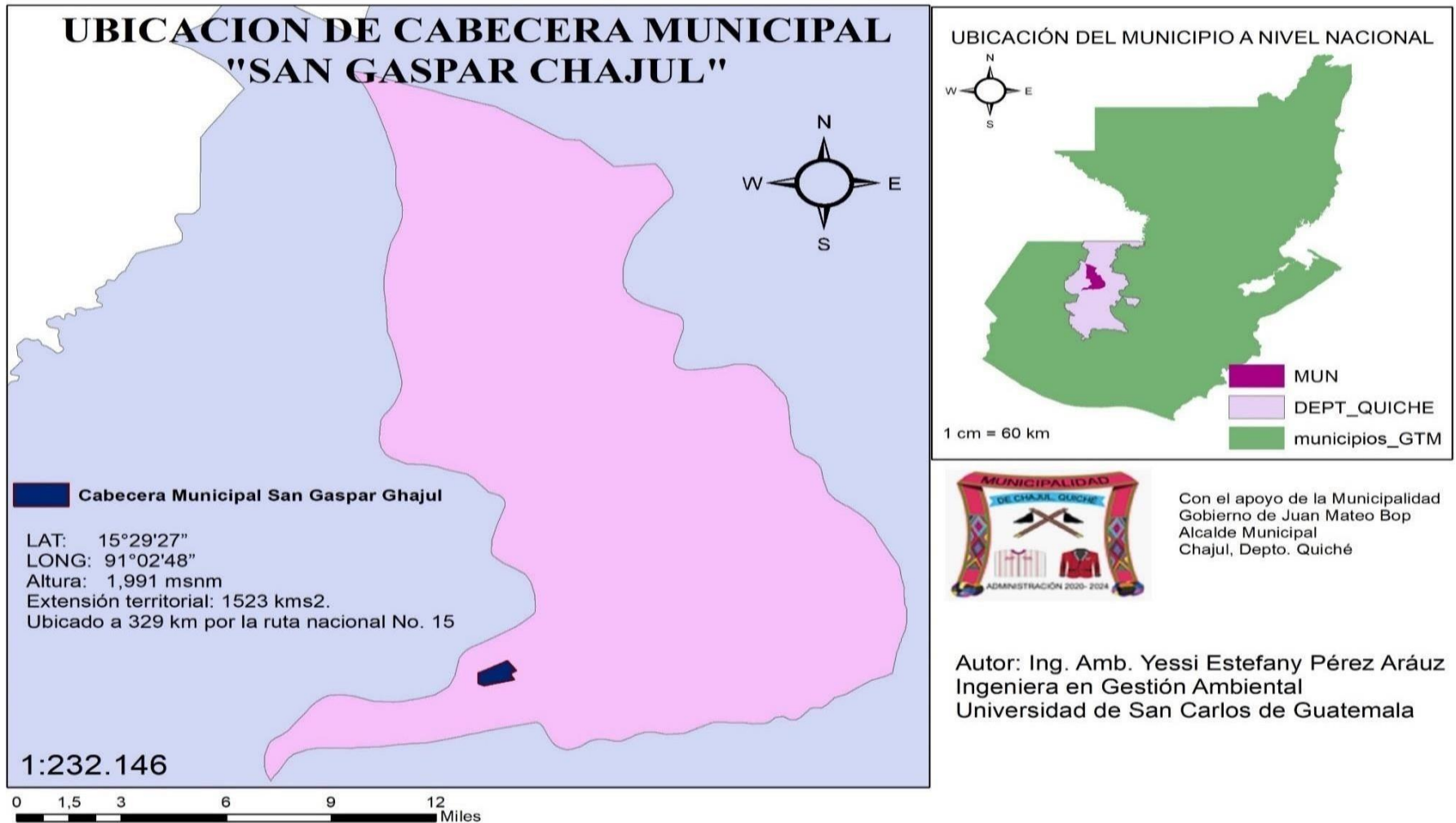
4.1.1 Resultados de georreferenciación y mapeo:

La identificación de cada una de las fuentes hídricas superficiales que abastecen casco urbano del municipio de San Gaspar Chajul fue a través de una exploración guiada por el personal técnico y administrativo de OMAS, previo a ello se tuvo una charla informativa para definir la cantidad de cuerpos hídricos que abastecen al casco urbano del municipio de San Gaspar Chajul, departamento de Quiché y ubicación de cada uno de ellos. Durante esta actividad se utilizó un aparato de Geo Posicionamiento Satelital –GPS- para obtener la ubicación en coordenadas Guatemala Transversa de Mercator –GTM- y fueron registradas en la boleta de campo, dichos datos posteriormente fueron trasladadas a un programa donde se pudo visualizar

los puntos referenciados en una imagen satelital del municipio de Chajul en el departamento de Quiché.

Los cuerpos hídricos superficiales analizados dentro de la investigación se ubicaron mediante georreferenciación y el uso de ortofotos, por medio del programa de información geográfica ArcGIS, dicho programa permite visualizar, editar, crear y procesar datos para obtener información específica por medio de líneas, puntos y/o polígonos de forma individual o en conjunto. De esta forma se obtuvieron mapas donde se refleja información importante como las coordenadas y el área específica donde la fuente hídrica se encuentra, a continuación, se encuentra cada uno de los mapas elaborados para el área de la investigación.

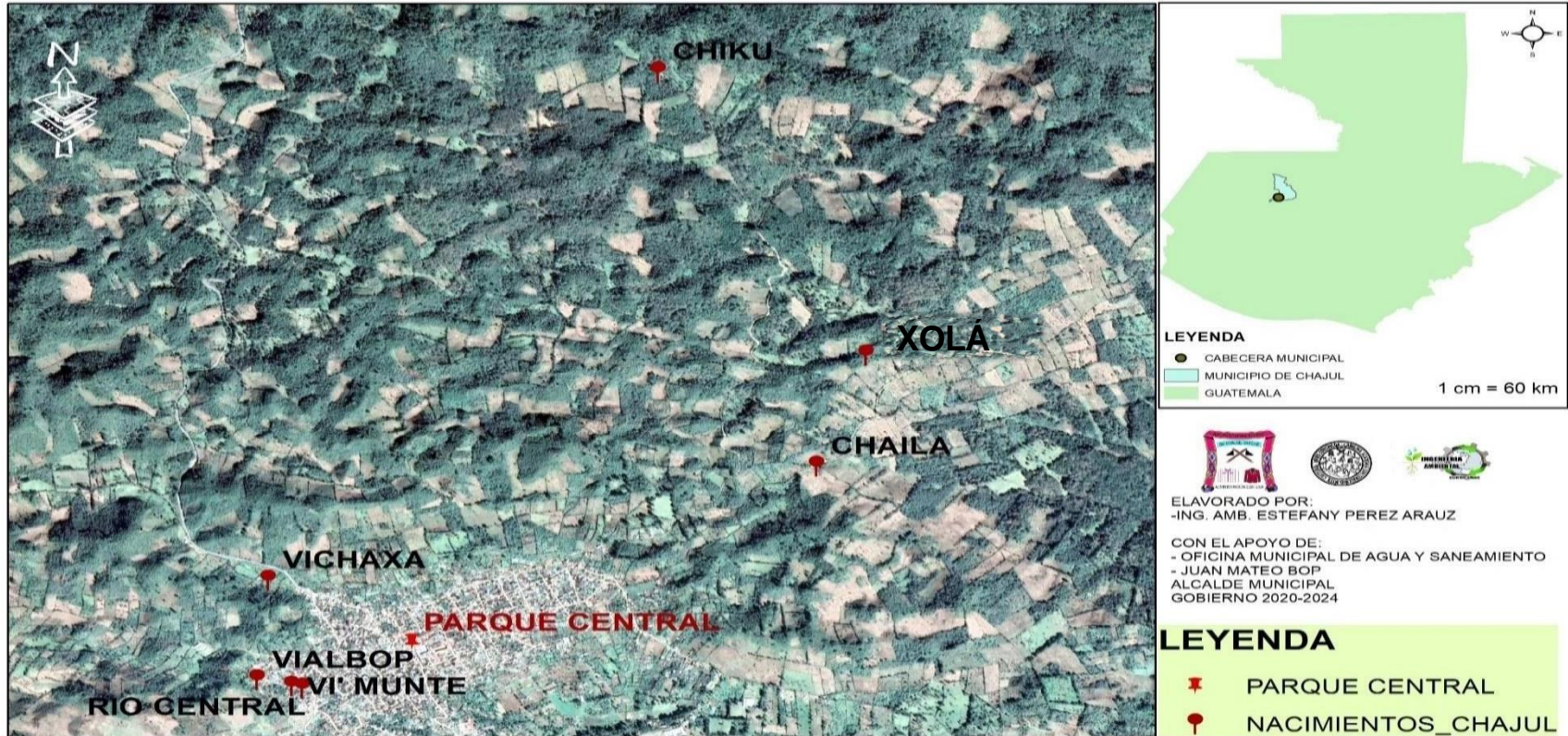
Mapa 1: Ubicación del Municipio de San Gaspar Chajul.



Fuente: (Elaborado por el investigador con datos obtenidos en campo con GPS GARMIN Etrex 20 y proporcionados por el portal SINIT-SEGEPLAN)

Mapa 2: Ubicación de los Cuerpos Hídricos que Abastecen a San Gaspar Chajul.

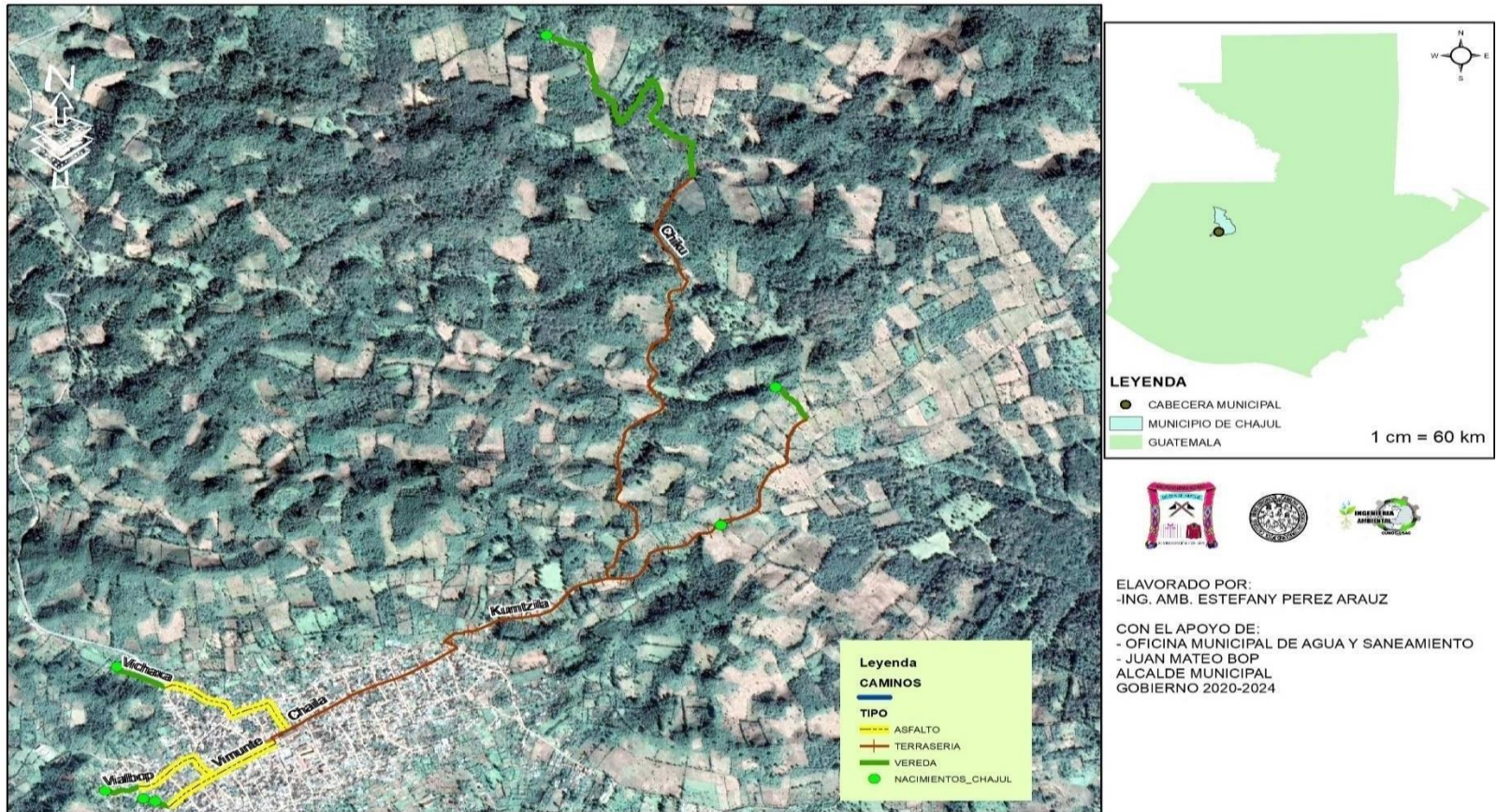
UBICACION DE LOS CUERPOS HIDRICOS QUE ABASTECEN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHAJUL, DEPARTAMENTO DE QUICHE



Fuente: (Elaborado por el investigador con datos obtenidos en campo con GPS GARMIN Etrex 20 y proporcionados por el portal SINIT-SEGEPLAN)

Mapa 3: Vías de Acceso A los cuerpos Hídricos.

VIAS DE ACCESO A LOS CUERPOS HIDRICOS QUE ABASTECEN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHAJUL, DEPARTAMENTO DE QUICHE



Fuente:

(Elaborado por el investigador con datos obtenidos en campo con GPS GARMIN Etrex 20 y proporcionados por el portal SINIT-SEGEPLA

4.1.2 Resultados fisicoquímicos:

En la Tabla 4 y 5 se presentan los resultados de los parámetros evaluados durante las dos épocas climáticas consideradas dentro de la investigación.

Tabla 4: Resultados fisicoquímicos de época lluviosa

RESULTADOS FISICO-QUIMICOS CORRESPONDIENTES A EPOCA LLUVIOSA							
<i>Fecha de muestreo: 03 de noviembre 2021</i>							
No.	Lugar muestreado.	Hora	Potencial	ODS	Presión	Conductividad	TSD
			Hidrogeno	mg/L		µS/cm	mg/L
			pH				
1	Xolá	09:36	6.90	1.9	11.100	209	Ausente
2	Chailá	09:55	7.11	1.9	11.179	232	Ausente
3	Chikú´	10:42	7.31	0.16	11.180	233	Ausente
4	Vichaxá	11:40	7.07	2	11.181	160	Ausente
5	Vialbop	11:52	7.05	2	11.181	160	Ausente
6	Vatzmunte	12:02	7.11	2.2	11.179	247	Ausente
7	Rio Central	12:06	7.07	2.3	11.181	218	Ausente
Parámetros de referencia:			6.5-8.5	6.0-8.0		750	

Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en los análisis de laboratorio)

Tabla 5: Resultados fisicoquímicos de época seca.

RESULTADOS FISICO-QUIMICOS CORRESPONDIENTES A EPOCA SECA								
<i>Fecha de muestreo: 26 de marzo 2022</i>								
No.	Lugar muestreado.	Hora	Potencial	ODS	Presión	Conductividad	TSD	
			Hidrogeno	mg/L		µS/cm	mg/L	
			pH					
1	Xolá	09:36	6.98	2.5	776.8	449	Ausente	
2	Chailá	09:55	7.14	2.8	796.8	255	Ausente	
3	Chikú´	10:42	7.15	2.4	790.0	268	Ausente	
4	Vichaxá	11:40	Seco durante esta época climática					
5	Vialbop	11:52	7.31	2.79	10.084	268	Ausente	
6	Vatzmunte	12:02	7.13	2.52	10.419	255	Ausente	
7	Rio Central	12:06	7.15	1.81	10.191	232	Ausente	
Parámetros de referencia:			6.5-8.5	6.0-8.0		750		

Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en los análisis de laboratorio)

4.1.3 Resultados físicos:

En las tablas 6 y 7 se presentan los resultados de los parámetros físicos evaluados en las dos épocas climáticas establecidas.

Tabla 6: Resultados físicos de época lluviosa.

RESULTADOS FISICOS CORRESPONDIENTES A EPOCA LLUVIOSA				
<i>Fecha de muestreo: 03 de noviembre 2021</i>				
No.	Lugar muestreado.	Hora	Turbidez	Color
			UNT	PtCo
1	Xolá	09:36	0.74	1
2	Chailá	09:55	0.51	1
3	Chikú´	10:42	1.01	2
4	Vichaxá	11:40	0.29	2
5	Vialbop	11:52	0.36	2
6	Vatzmunte	12:02	0.19	1
7	Rio Central	12:06	0.20	1
Parámetros de referencia:			5,0	5,0

Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en los análisis de laboratorio)

Tabla 7: Resultados físicos de época seca.

RESULTADOS FISICOS CORRESPONDIENTES A EPOCA SECA				
<i>Fecha de muestreo: 26 de marzo 2022</i>				
No.	Lugar muestreado.	Hora	Turbidez	Color
			UNT	PtCo
1	Xolá	09:36	0.74	1.3
2	Chailá	09:55	0.79	1.3
3	Chikú´	10:42	1.33	2.1
4	Vichaxá	11:40	Seco durante esta época climática	
5	Vialbop	11:52	0.36	2.5
6	Vatzmunte	12:02	0.33	1.5
7	Rio Central	12:06	0.39	1.88
Parámetros de referencia:			5,0	5,0

Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en los análisis de laboratorio)

4.1.4 Resultados químicos.

En la tabla 8 y 9 se presentan los resultados de los parámetros químicos evaluados en la época lluviosa y la época seca.

Tabla 8: Resultados químicos de época lluviosa.

RESULTADOS QUIMICOS CORRESPONDIENTES A EPOCA LLUVIOSA						
<i>Fecha de muestreo: 03 de noviembre 2021</i>						
No.	Lugar muestreado.	Hora	Nitratos	Nitritos	Amonio	Fosfato
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Xolá	09:36	1.10	0.017	0.06	0.20
2	Chailá	09:55	1.11	0.011	0.05	0.149
3	Chikú´	10:42	2.74	0.014	0.04	0.025
4	Vichaxá	11:40	1.68	0.020	0.04	0.092
5	Vialbop	11:52	1.01	0.010	0.06	0.186
6	Vatzmunte	12:02	1.17	0.011	0.07	0.292
7	Rio Central	12:06	0.939	0.013	0.15	0.214
Parámetros de referencia:			50.0	3.0	0.05-0.5	0.4-1.5

Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en los análisis de laboratorio)

Tabla 9: Resultados químicos de época seca.

RESULTADOS QUIMICOS CORRESPONDIENTES A EPOCA SECA						
<i>Fecha de muestreo: 26 de marzo 2022</i>						
No.	Lugar muestreado.	Hora	Nitratos	Nitritos	Amonio	Fosfato
			mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1	Xolá	09:36	1.27	0.021	0.07	0.23
2	Chailá	09:55	1.17	0.014	0.06	0.152
3	Chikú´	10:42	2.85	0.016	0.041	0.033
4	Vichaxá	11:40	Seco durante esta época climática			
5	Vialbop	11:52	1.37	0.018	0.073	0.191
6	Vatzmunte	12:02	1.22	0.019	0.081	0.301
7	Rio Central	12:06	1.034	0.0293	0.755	0.437
Parámetros de referencia:			50.0	3.0	0.05-0.5	0.4-1.5

Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en los análisis de laboratorio)

4.1.5 Resultados microbiológicos.

En la Tabla 10 y 11 se presentan los resultados de los parámetros evaluados en cada punto de muestreo en las dos épocas climáticas evaluadas y en las gráficas 1 y 2 se comparan las variables

Tabla 10: Resultados microbiológico de época lluviosa

ANÁLISIS CORRESPONDIENTE A EPOCA LLUVIOSA				
Análisis Microbiológico o Bacteriológico				
Fecha de análisis: 09 noviembre 2021				
No.	Lugar muestreado	Hora	Coliformes totales, (UFC/100 mL de agua)	E. Coli
1	Xolá	09:36	1,200	Ausente
2	Chailá	09:55	1,600	Ausente
3	Chikú´	10:42	2,400	Ausente
4	Vichaxá	11:40	700	Ausente
5	Vialbop	11:52	1,500	Ausente
6	Vatzmunte	12:02	900	Ausente
7	Rio Central	12:06	3,200	Presente
Parámetros de referencia según la norma COGUANOR NTG 29001:		Coliformes totales, (UFC) y Escherichia coli no detectables en 100 ml de agua		

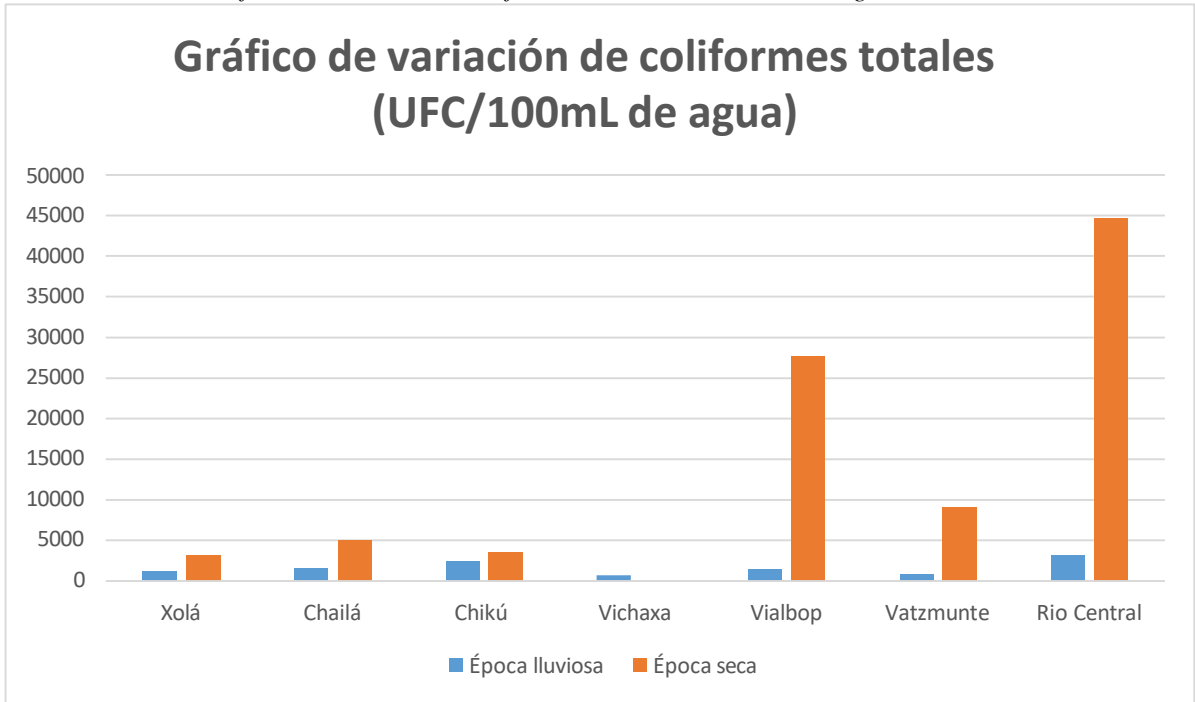
Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en los análisis de laboratorio)

Tabla 11: Resultado microbiológico de época seca
ANÁLISIS CORRESPONDIENTE A EPOCA SECA

Análisis Microbiológico o Bacteriológico				
Fecha de análisis: 25 de marzo de 2022				
No.	Lugar muestreado	Hora	Coliformes totales, (UFC/100 mL de agua)	E. Coli
1	Xolá	09:36	3,200	Ausente
2	Chailá	09:55	5,100	Ausente
3	Chikú´	10:42	3,600	Ausente
4	Vichaxá	Seco en verano (temporada seca)		
5	Vialbop	11:52	27,700	Ausente
6	Vatzmunte	12:02	9,100	Ausente
7	Rio Central	12:06	44,700	Presente
Parámetros de referencia según la norma COGUANOR NTG 29001:		Coliformes totales, (UFC) y Escherichia coli no detectables en 100 ml de agua		

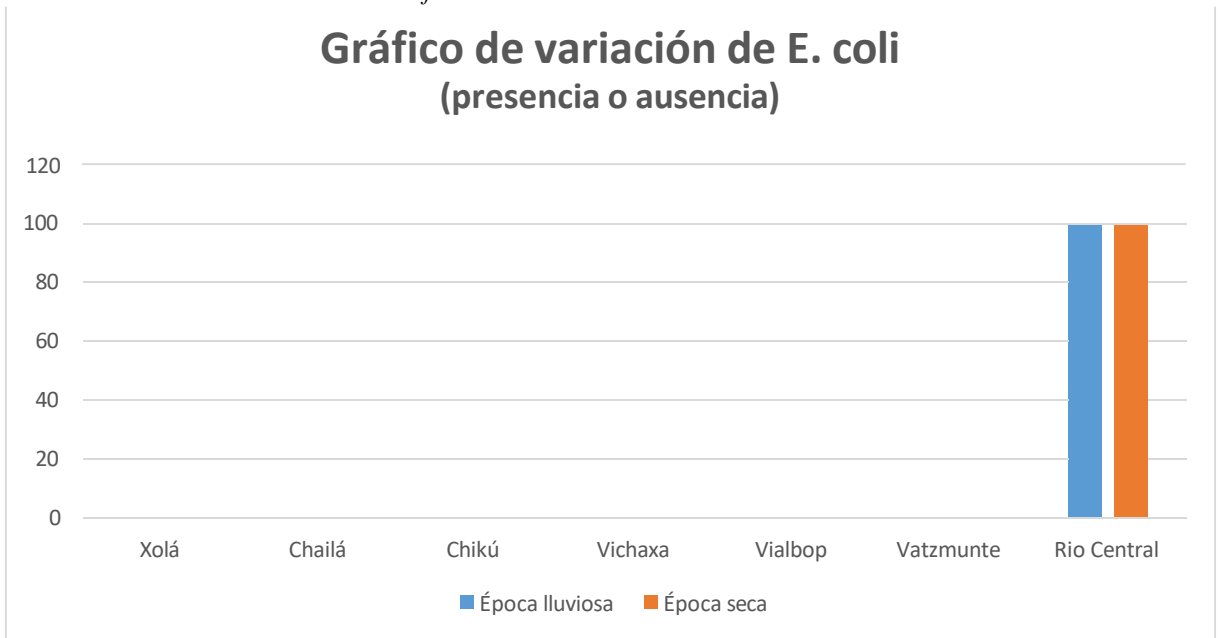
Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en los análisis de laboratorio)

Gráfica 1: Variación de coniformes totales UFC/100 mL de agua



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en los análisis de laboratorio)

Gráfica 2: Variación de E. coli



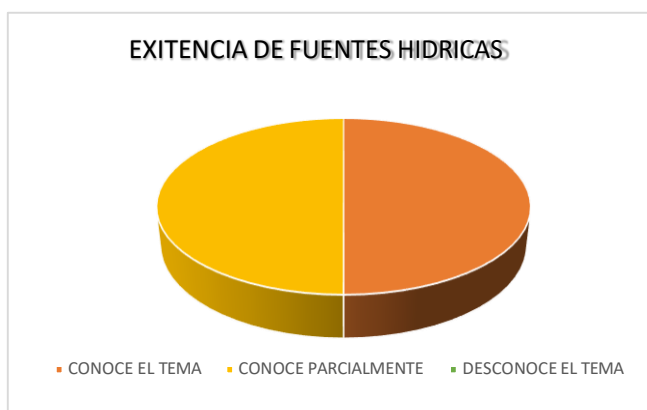
Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en los análisis de laboratorio)

4.1.6 Resultados de dialogo semiestructurado

A continuación, se presentan gráficas para detallar los resultados que se evidenciaron en el desarrollo del dialogo semiestructurado dirigido a personal técnico y administrativo de OMAS.

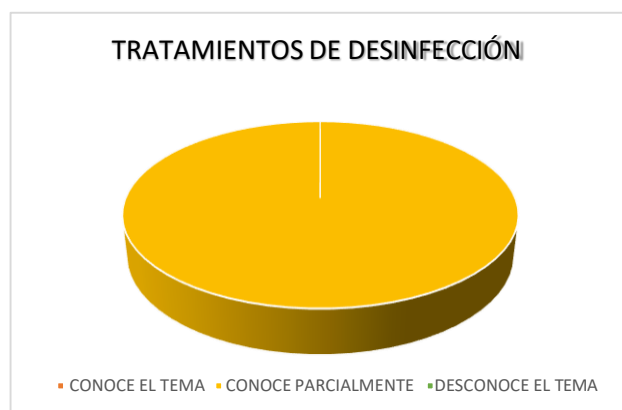
4.1.6.1 Personal administrativo:

Gráfica 3: Existencia de Fuentes Hídricas con Personal Administrativo.



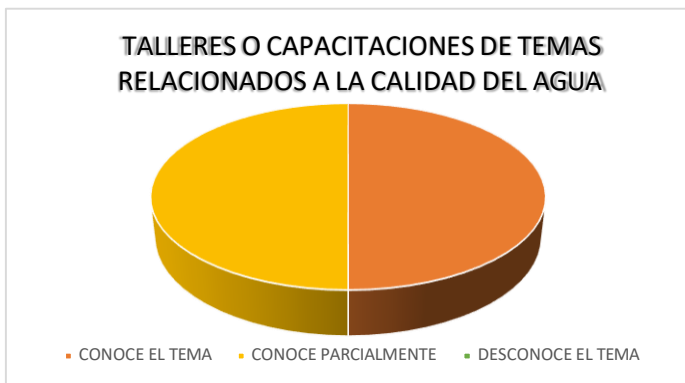
Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos durante el trabajo de campo)

Gráfica 4: Tratamientos de Desinfección con Personal Administrativo.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos durante el trabajo de campo)

Gráfica 5: Talleres o Capacitaciones de Temas Relacionados a la Calidad del Agua con Personal Administrativo.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos durante el trabajo de campo)

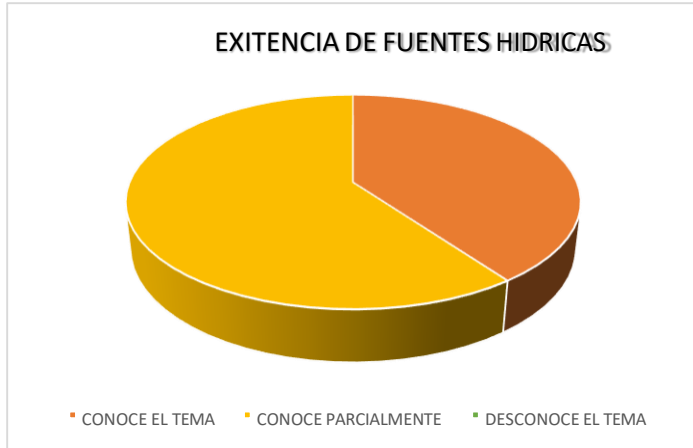
Gráfica 6: Actividades de Conservación y Protección del Agua con Personal Administrativo.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos durante el trabajo de campo)

2.1.1.1 Personal técnico:

Gráfica 7: Existencia de Fuentes Hídricas con Personal Técnico.



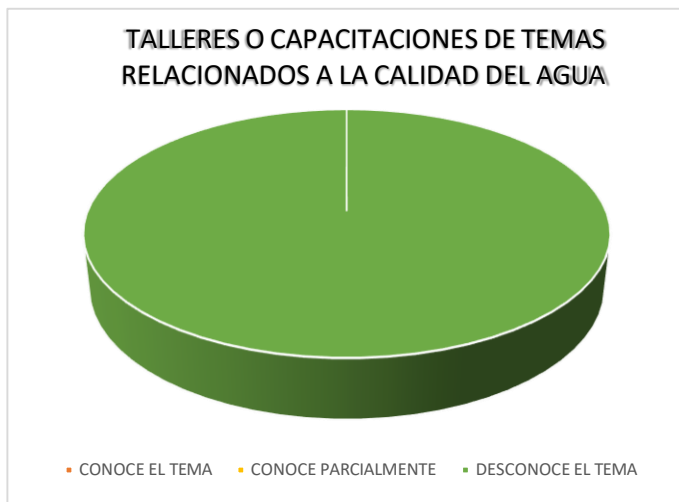
Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos durante el trabajo de campo)

Gráfica 8: Tratamiento de Desinfección con Personal Técnico.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos durante el trabajo de campo)

Gráfica 9: Talleres o Capacitaciones de Temas Relacionados a la Calidad del Agua con Personal Técnico.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos durante el trabajo de campo)

Gráfica 10: Actividades de Conservación y Protección del Agua con Personal Técnico.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos durante el trabajo de campo)

4.2 Análisis e Interpretación de Resultados.

4.2.1 Interpretación de análisis fisicoquímicos.

Con base en la comparación de los resultados de los análisis físicos y químicos con la norma regulatoria de la calidad del agua COGUANOR NTG 29001, se establece que la calidad del agua en estos parámetros se encuentra dentro del Límite Máximo Aceptable (LMA), lo que indica que el agua aun es adecuada para el consumo humano sin presentar riesgos a corto plazo. Esto se debe a que no hay actividad industrial y que la actividad agrícola cercana no afecta las fuentes de aguas superficiales, sin embargo, se requieren actividades para establecer perímetros de seguridad para que los cuerpos no se vean afectados por el cambio de uso de la tierra ya que esto afectaría el ciclo del agua y alteraría la calidad del agua en las características fisicoquímicas ya que en algunos de los nacimientos se encontraron desechos.

A pesar de que los resultados de estos parámetros están dentro de lo permisible se pueden ver variaciones importantes de una época a otra lo que hace notar aún más la urgencia de la implementación de mecanismos y prácticas de protección de los bienes naturales, en especial el hídrico, con la finalidad de mantener las condiciones aptas para uso y consumo humano, bajo los estándares de la norma COGUANOR NTG 29001.

Durante el reconocimiento del área se observaron pequeñas cantidades de espuma, especialmente en el nacimiento Chailá. (Barajas F.) en su tesis indica que “El principio básico para formar una espuma es introducir de alguna manera una fase gaseosa, la cual usualmente suele ser aire, dentro de una fase continua de líquido, el cual puede secarse o permanecer en ese estado”. Esto puede ser ocasionado de forma natural por la descomposición de plantas o algas; o puede ser provocada por la agitación natural del agua. En virtud del color blanco de la espuma

a la que se hace referencia, se estima que esta proviene del ecosistema y la dinámica de los cuerpos de agua. Como lo dijo el Departamento de salud y servicios humanos de Michigan, (2019) La espuma natural es de color blanquecino y/o marrón.

Otro de los factores en los que se marcó el aumento drástico durante la época seca fue la turbidez, esto en los nacimientos Chailá, Chikú, Vialbop, Vatzmunté, Rio central, lo que puede ocasionarse por la alta concentración de organismos microbiológicos que causen contaminación ya que alteran los parámetros aptos para uso y consumo del bien hídrico según la norma COGUNOR NTG 29001. Estos aumentos de concentración de contaminantes en la época lluviosa pueden atribuirse a la escorrentía, ya que como lo describió Abellan (2013) Los efectos de una elevada concentración de sólidos en suspensión el agua de escorrentía sobre el medio receptor son: Un incremento de la turbidez reduciendo el paso de la luz y alterando el desarrollo de la vegetación (algas), La acumulación de fangos en zonas de fondo, lo que altera la morfología de los cauces y Afectaciones a la fauna y alteraciones estéticas del medio.

Sin embargo, el aumento de la turbidez se dio en la época seca debido a la concentración de nutrientes, la disminución del caudal y el aumento de la temperatura ambiental, así como también se puede atribuir a la erosión de las áreas deforestadas

Como lo describe Baños A, (2018) donde dice que “La turbidez del agua es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua de consumo humano. Un agua turbia no solamente tiene un impacto estético negativo para el consumidor, la turbidez es también un indicativo de una mayor probabilidad de contaminación microbiológica y por compuestos tóxicos, que se adhieren a la materia dispersa en el agua.”

De acuerdo con las visitas de campo se evidenció que no se han alterado las características organolépticas de los manantiales y que la mayoría de los cuerpos hídricos incluidos en este

estudio, aún se encuentran dentro de las condiciones naturales, rodeados de vegetación que permite la infiltración en las áreas de recarga hídrica lo que mantiene el ciclo hidrológico en normalidad. Sin embargo, también se considera que, entre la turbidez y la contaminación el agua existe una relación directamente proporcional, por lo que podemos afirmar que durante la época seca el agua presenta mayor carga de contaminantes.

4.2.2 Interpretación de análisis microbiológico.

Partiendo de los resultados del análisis microbiológico de las muestras del agua de los nacimientos estudiados, puede afirmarse que, de acuerdo a lo establecido en la norma COGUANOR NTG 29001, el agua de la que se abastece la población del casco urbano del municipio de San Gaspar Chajul, departamento de Quiché, no se encuentra bajo las condiciones apropiadas para considerarse como agua segura para uso y consumo humano, ya que la presencia de coliformes totales, expresada en Unidades Formadoras de Colonias en 100 mL de agua, (UFC/100 mL de agua) no satisfacen la norma de calidad, la cual en este punto establece que estas bacterias no debe ser detectable en 100 mL de agua. En la totalidad de los puntos muestreados se encontraron bacterias del tipo de los coliformes totales, en recuentos que oscilan entre 700 y 3,200 UFC/100 mL de agua en la época lluviosa y 3,200 y 44,700 UFC/100mL en la época seca y en el Rio central, además de coliformes totales se encontró la presencia de *E. Coli*, lo que confirma la hipótesis planteada en el inicio del presente documento, la cual dice “Las fuentes hídricas superficiales de las que se abastece el municipio de San Gaspar Chajul poseen algún tipo de contaminación”.

Cabe aclarar que tanto los coliformes totales, como *E. Coli* son indicadores de contaminación con microorganismos vivos en un líquido, en este caso en aguas superficiales; y representa el número total de microorganismos presentes en agua, estas pueden indicar la presencia de

hongos o bacterias que viven y se reproducen en el agua lo que puede poner en peligro la Salud Pública. En el caso específico de *E Coli*, este se utiliza como indicador de contaminación fecal en el agua ya que es una bacteria que habita en el intestino de animales y seres humanos. La probabilidad de que en las aguas contaminadas con coliformes totales y *Escherichia coli* también pueda haber microorganismos patógenos es alta y se presenta cuando los residuos de heces fecales provienen de individuos enfermos.

La contaminación microbiológica puede provenir de diferentes fuentes. Durante las visitas de campo se observó tanto la descarga de aguas residuales, como la presencia de animales domésticos como cerdos, en la orilla del Río Central. El hecho de que la presencia de *E. Coli* solo haya sido detectada en el agua del Río Central, evidencia que estos dos factores, que no se observan en los otros cuerpos de agua, están contaminando fuertemente el agua. La contaminación puede ocasionarse por el arrastre de materia fecal, esto en la época lluviosa, sin embargo, se presenta una mayor carga microbiológica en la época seca, lo que puede deberse principalmente a la concentración de los contaminantes, ya que durante el invierno o época lluviosa el aumento en la precipitación diluye los contaminantes y durante la época seca.

Los cuerpos hídricos nombrados Chikú, Xolá y Chailá están ubicados en el área rural, es decir que no se encuentran rodeados de casas, la lejanía de las actividades humanas favorece que el agua permanezca en niveles muy bajos de contaminación microbiana.

Por otro lado los cuerpos hídricos que se encuentran rodeados de casas o dentro del área urbana son Vichaxá, Vialbop, Vatzmunté y el Río central; estos son los cuerpos en los que se detectó mayor contaminación microbiológica, dicha contaminación puede ser provocada por el vertido directo de aguas servidas y el vertido de residuos y/o desechos sólidos; o indirectamente por el mal manejo de residuos humanos así como la falta de saneamiento y alcantarillado para las

aguas grises y negras, lo que permite que las personas fabriquen fosas sin saneamiento seguro; aumenta la concentración de microorganismos en el suelo y; que, al momento de que el agua se infiltra o se forme escorrentía el material contaminante se arrastre a los cuerpos hídricos superficiales.

Chan M. y Peña W. (2015) describen en su investigación que “Aunque los niveles obtenidos de contaminantes químicos no comprometen la calidad del agua para su consumo, los aportes de microbios si lo hacen” por lo que “la contaminación por microbios fecales es la principal amenaza para estos recursos hídricos”, y enmarcan que “Los resultados evidencian la necesidad de intervenir con acciones preventivas y correctivas contra la contaminación química y microbiológica, como la protección de la ribera del río, control y manejo de la contaminación originaria de poblaciones y ganadería.”

Finalmente, por medio de este análisis se define que la hipótesis descriptiva planteada en este documento se cumple ya que los cuerpos de agua de los que se abastece el casco urbano del municipio de San Gaspar Chajul, sí poseen contaminación, ya que los parámetros microbiológicos se encuentran fuera de lo que se establece en la norma COGUANOR NTG 29001.

En presencia de los cuadros de contaminación, que en la época seca pueden llegar a comprometer seriamente la calidad del agua, y poner en riesgo la Salud Pública, deben implementarse medidas urgentes que mejoren la calidad del agua.

Lo más adecuado en esta situación es la implementación de un clorinador como lo menciona Prodetects (2017) dijo que “Los clorinadores mantienen el nivel de cloro dentro de los valores y depende de la renovación de agua que halla en el mismo.” Y también indica que “Las instalaciones que funcionan con gas de cloro son muy fiables, aunque para conservar su

efectividad requieren de un mantenimiento continuo, un filtrado previo del agua y un constante caudal”. Bajo esta situación se evidencia que se requiere de un mecanismo de desinfección adaptado a los tanques de recolección en específico un clorinador, este debe ser aplicado bajo monitoreo de evaluación que permitan mantener la cantidad de cloro en cantidades óptimas para el uso y consumo humano según la norma COGUANOR NTG 29001.

4.2.3 Análisis de dialogo semiestructurado con personal técnico y administrativo de la Oficina Municipal de Agua y Saneamiento –OMAS-.

Durante el dialogo semiestructurado se abordaron temas relacionados al bien hídrico, haciendo énfasis en su conservación y en la implementación del manejo integrado del mismo, siempre desde el punto de vista de la calidad del agua, aquí se evidencio el conocimiento o desconocimiento de dichos temas; en cuanto al personal administrativo el 50% de los involucrados conocen e identifican las fuentes de agua que hay en su localidad y cuales abastecen a la población del casco urbano el otro 50% conoce algunas pero no todas las fuentes. Refiriéndonos a los tratamientos de desinfección el 100% conoce de forma parcial el tema y la aplicación de cloro como medio de desinfección ya que aplican cloro, pero no constantemente; en cuanto a capacitaciones, 50% ha recibido capacitaciones y conocen parcialmente el tema de la conservación y protección de las fuentes hídricas, sin embargo, se desconoce el tema de la GIRH.

Ahora bien, las condiciones del sector técnico se encuentran de la siguiente forma: el 40% del personal conoce e identifica las fuentes hídricas y los tanques de distribución de aguas superficiales que abastecen a la población del casco urbano del municipio de Chajul, departamento de Quiché el 60% restante del personal técnico solo identifica los cuatro tanques de distribución. El tema de los tratamientos de desinfección lo conocen parcialmente ya que no

conocen los métodos adecuados para la desinfección de las aguas, ya que el cloro es aplicado de forma irregular; en el caso de las actividades o capacitaciones relacionadas a la calidad del agua el 100% del personal no ha participado en ninguna de estas actividades, lo que evidencia la falta de información y aunado a ello la sensibilización sobre la calidad del agua y la GIRH; en cuanto a las actividades de protección y conservación de las aguas todo el personal tiene conocimiento del tema, pero es muy escaso, lo que evidencia la necesidad de crear un programa de capacitación continua, dirigido al personal relacionado al cuidado del agua para que en su calidad de líderes mejoren el conocimiento en la materia así poder aplicar de manera interinstitucional las actividades que requiere la aplicación de la GIRH. Así como por medio de la implementación de proyectos de sensibilización con la finalidad de fortalecer el conocimiento del personal técnico y administrativo municipal, quienes presentan un rol fundamental en el manejo del bien hídrico y por ende en la mejora de la calidad del agua.

5 CONCLUSIONES:

- 5.1 A través del inventario de los cuerpos hídricos superficiales que abastecen al área de estudio, tomando en cuenta su ubicación geográfica, mediante el sistema de coordenadas GTM (Guatemala Transverse Mercatory), se estableció que de los cuerpos estudiados 6 corresponden a nacimientos y 1 a río. Este inventario permitió la planificación de intervenciones de monitoreo ambiental con la finalidad de garantizar la calidad del agua a la población consumidora.
- 5.2 Los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos, indican que el agua de las fuentes de las que se abastece al casco urbano necesitan intervenciones urgentes de saneamiento. Aunque los parámetros fisicoquímicos indican que el agua es apta para el consumo humano, los parámetros microbiológicos superan lo establecido en la norma NTG 29001 Agua para consumo humano.
- 5.3 En virtud de la alta carga microbiológica, es urgente la implementación de medidas de saneamiento enfocadas en la recuperación de la calidad microbiológica del agua, que permitan que la salud pública no sea afectada.
- 5.4 Se conoció la ubicación, situación actual y calidad de los cuerpos hídricos evaluándolos en dos épocas climáticas siendo estas, época seca y época lluviosa, lo que favorece a la gestión integrada del recurso hídrico superficial de las poblaciones y contribuye a la determinación de la calidad del agua disponible para los diferentes ecosistemas naturales y el desarrollo de las actividades humanas.
- 5.5 La variación en cuanto a la contaminación microbiológica en la época seca asciende al doble de las coliformes totales UFC/100 mL de agua, además que durante esta época uno de los cuerpos de aguas superficiales se seca, lo que provoca estrés hídrico en la población,

es por ello que se enfatiza que en este momento la calidad del agua no es la adecuada, sin embargo, puede mejorarse con algunas intervenciones como reforestaciones en zonas de recarga hídrica aplicación de un sistema de desinfección de agua.

- 5.6 La mala calidad del agua se atribuye a actividades de origen antrópico principalmente, por ello es necesario abordar la situación de la sensibilización en relación a la calidad del agua y las formas de desinfección aptas del bien hídrico, garantizando la calidad del agua para consumo humano según la normativa vigente

6 RECOMENDACIONES:

- 6.1 En base a los resultados de los análisis de laboratorio se recomienda a las entidades vinculadas a la calidad del agua, en especial al Concejo Municipal de Chajul y a las dependencias relacionadas como Oficina Municipal de Agua y Saneamiento -OMAS- y a la Unidad de Gestión Ambiental y Desarrollo Económico Municipal, la implementación de herramientas para la protección, mitigación y compensación de los impactos negativos en los cuerpos hídricos, desde el punto de vista de la GIRH, de esta forma abarcar la calidad del agua desde la infiltración por medio de áreas boscosas o con cobertura vegetal hasta que emergen del subsuelo para ser aprovechadas por los seres vivos y los ecosistemas.
- 6.2 Implementar un programa de intervenciones dirigidas a la desinfección eficiente y controlada por medio de la planificación de acciones de monitoreo y evaluación para poder evaluar la calidad del agua después de la desinfección con el objetivo de evitar la hipercloración y proporcionar agua apta para el consumo según las normativas del agua para consumo humano.
- 6.3 Establecer áreas de protección por medio de anillos de seguridad donde la distancia adecuada sería 1,500 o 2,000 alrededor del ojo del nacimiento donde se deberá mantener la vegetación boscosa nativa en múltiples estratos lo que facilitará la infiltración y conservará las áreas de recarga hídrica. La mejor forma de proteger el área es por medio de la implementación de barreras vivas con especies arbóreas como por ejemplo el Ciprés (Cipreses lusitánica), esto con la finalidad de evitar el pastoreo de animales y que con sus excretas contaminen las fuentes hídricas con materia fecal lo que altera la calidad de las aguas.

6.4 Sensibilizar a la población con temas que aborden la calidad del agua, conservación y protección de los bienes naturales, así como la interrelación entre cada uno de ellos en el equilibrio ecosistémico y de especies, así implementar la GIRH a nivel local y desarrollar actividades en conjunto con la población desde la importancia del agua, uso, cuidado y manejo para garantizar la calidad del agua. En los talleres abordar temas como la importancia del agua, uso, cuidado y manejo; también impartir talleres a agricultores sobre la ventaja de utilizar productos de origen biológico, manejo integrado de plagas, agricultura sostenible, manejo adecuado de envases de fungicidas, herbicidas, pesticidas, acaricidas, entre otros.

7 REFERENCIAS

- Abellan, A. (18 de 11 de 2013). *SuD Sostenible*. Recuperado el 09 de 2022, de SuD Sostenible: [http://sudsostenible.com/contaminantes-en-las-aguas-de-esorrentia-urbana/#:~:text=Los%20efectos%20de%20una%20elevada,desarrollo%20de%20la%20vegetaci%C3%B3n%20\(algas\)](http://sudsostenible.com/contaminantes-en-las-aguas-de-esorrentia-urbana/#:~:text=Los%20efectos%20de%20una%20elevada,desarrollo%20de%20la%20vegetaci%C3%B3n%20(algas))
- Ambiental, R. d. (2006). *Posibles efectos en la salud relacionados con nitratos y nitritos en agua de pozos privados*. California.
- Ballabrera, J. (2009). *Circulación oceánica y clima*. Barcelona.
- Baños, A. (24 de 12 de 2018). *Higiene ambiental*. (A. Baños, Productor) Recuperado el 08 de 2022, de higiene ambiental: <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>
- Bojaca, R. D. (2007). *Sulfatos en agua por el metodo nefelométrico*. Colombia.
- Cartagena, U. P. (2014). *Análisis de aguas*. Colombia: Universidad Politecnica de Cartagena. Obtenido de https://www.upct.es/~minaeees/analisis_aguas.pdf
- Comision guatemalteca de normas. (2022). *uv.fausac.gt*. Obtenido de uv.fausac.gt.
- Comisión guatemalteca de normas ministerio de economía. (1999). *Norma técnica guatemalteca*. Guatemala: Ministerio de economía.
- De la fuente, C. G. (2013). *Parámetros fisicoquímicos del agua*. España.
- Departamento de salud y servicios humanos de Michigan. (06 de 2019). *MDHHS*. Recuperado el 08 de 2022, de MDHHS: <https://www.michigan.gov/-/media/Project/Websites/PFAS-Response/Health/Fact-Sheet-PFAS-Foam-Spanish.pdf?rev=e9ae0b14e15c4aa5976ae7bccbc14f24#:~:text=La%20espuma%20puede%20ocurrir%20naturalmente,en%20los%20lagos%20y%20r%C3%ADos>.

- Ecofluidos ingenieros. (2012). *Estudio de la calidad de las fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. Lima. Recuperado el 27 de 09 de 2020, de <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>
- Ecured. (2012). *Ecured*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Agua_dulce
- Ecured. (2014). *Ecured*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Aguas_superficiales
- Epsum, E. (2020). *Diagnóstico del municipio de Chajul*. Chajul, Guatemala.
- Fcaai, Iarna, & URL. (2005). *Situación del recurso hídrico en Guatemala*. (H. Tuy, Ed.) Guatemala: URL/FCAAI/IARNA & IIA.
- Flores, C. (2019). *Contaminación del agua*. Recuperado el 27 de 09 de 2020, de https://www.ugr.es/~fgarciac/pdf_color/tema4%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf
- Francisco, B. (s.f.). *Biblioteca digital de la Universidad de Sonora USON*. Recuperado el 08 de 2022, de Biblioteca digital de la Universidad de Sonora USON: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/18847/Capitulo1.pdf>
- Hernández S, Fernández C, Baptista L. (2014). *Metodología de la investigación*. México DF: McGrawHill education.
- Jumapam. (s.f.). *jumapam.gob.mx*. Recuperado el 24 de 09 de 2020, de jumapam.gob.mx: <http://jumapam.gob.mx/cultura-del-agua/distribucion-de-agua-en-el-planeta/#:~:text=El%20agua%20existe%20en%20forma,en%20frecuentes%20cambios%20de%20estado.&text=El%2097.5%25%20del%20agua%20en,restante%202.5%25%20es%20agua%20dulce%20>.

- Llamo Castillo, C. (1 de 04 de 2015). *Ecured*. Obtenido de Ecured:
<https://www.ecured.cu/Chajul>
- Minambiente. (2020). *Minambiente*. Obtenido de
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico>
- Ministerio de ambiente y recursos naturales. (2003). *Informe nacional del estado del ambiente Guatemala*. Guatemala.
- Proagua. (2020). *Proagua*. Obtenido de <https://www.proagua.org.pe/tipos-de-contaminacion-del-agua/>
- Prodetects*. (2017). Recuperado el 08 de 2022, de Prodetects: <https://prodetects.com/funciones-del-clorador-en-los-sistemas-de-agua-potable/>
- Ciencia para cambiar el planeta. (29 de 08 de 2017). Ciencia para cambiar el planeta. Obtenido de <http://water.usgs.gov/gotita/waterquality.html>
- Vergara, G. V. (2012). *Gestión integrada de los recurso hidricos (GIRH)*.
- W, C. M. (01 de 2015). *Scielo*. Recuperado el 15 de 08 de 2022, de Scielo:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-42662015000100019&script=sci_arttext&tlng=en
- Wmo, y unesco. (1997). *¿Hay suficiente agua en el mundo?*

8 PROPUESTA DE MANEJO:

TITULO:

PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUAS SUPERFICIALES QUE ABASTECEN AL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN GASPAR CHAJUL, DEPARTAMENTO DE QUICHE, GUATEMALA.

INDICE DE PROPUESTA:

PROPUESTA DE MANEJO	56
I. Objetivos	58
II. Introducción	59
III. Marco Legal.....	60
IV. Marco teórico.....	64
V. Delimitación en los nacimientos que abastecen al casco urbano de San Gaspar Chajul:	70
VI. Pasos para el desarrollo de un plan de seguridad del agua	78
VII. Implementación de sistemas de desinfección	81
VIII. Plan de monitoreo de la calidad del agua para consumo del municipio de San Gaspar Chajul.	82

I. Objetivos.

General

Garantizar la calidad del agua por medio de protección y conservación de los cuerpos hídricos que abastecen al casco urbano de San Gaspar Chajul, departamento de Quiché. Con la finalidad de hacer un uso y consumo apropiado y confiable del agua de la que se abastece a la población.

Específicos.

- i. Establecer anillos perimetrales de protección en los cuerpos hídricos que abastecen a la población del casco urbano, para que en base a los niveles de protección puedan realizarse actividades.
- ii. Implementar actividades de desinfección, monitoreo y control de la calidad del agua, para garantizar que la misma cumple con los parámetros establecidos en la Norma Técnica Guatemalteca 29001 de COGUANOR, acciones a cargo de la municipalidad.
- iii. Involucrar a las organizaciones públicas o privadas que tengan presencia en el municipio para que participen en el desarrollo de las actividades y que también tengan responsabilidad sobre la calidad del agua y el equilibrio eco sistémico local.

II. Introducción.

El establecimiento de perímetros o anillos de protección es una de las herramientas aplicadas con la finalidad de prever los daños a futuro y así poder brindar protección a los cuerpos hídricos, dichos límites se marcan a través de estudios previos por medio de los cuales se puede conocer la vulnerabilidad del acuífero dependiendo del área, así poder establecer las actividades que pueden desarrollarse en cada una de las áreas delimitadas.

La contaminación del bien hídrico es cada día mayor, este factor se ve reflejado en la salud pública a nivel nacional, así como en la alteración de ecosistemas, es por esto que acá se presenta una propuesta de manejo que se fundamenta en la delimitación de perímetros de protección para los nacimientos que abastecen al casco urbano del municipio de San Gaspar Chajul, en el departamento de Quiché.

Los cuales constan en áreas nombradas I (zona de restricciones absolutas), II (zona de restricciones máximas) y III (zona de restricciones moderadas). Dentro de esta propuesta de manejo también se recomienda la implementación de sistemas de desinfección y el monitoreo de la calidad del agua para consumo humano, por medio de un plan de muestreo

III. Marco Legal.

- Constitución Política de la república de Guatemala:

Artículo 94.- Obligación del Estado, sobre salud y asistencia social. El Estado velará por la salud y la asistencia social de todos los habitantes. Desarrollará, a través de sus instituciones, acciones de prevención, promoción, recuperación, rehabilitación, coordinación y las complementarias pertinentes a fin de procurarles el más completo bienestar físico, mental y social.

Artículo 95.- La salud, bien público. La salud de los habitantes de la Nación es un bien público. Todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento

Artículo 97.- Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación

Artículo 119.- Obligaciones del Estado. Son obligaciones fundamentales del Estado:

c) Adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente.

- Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, decreto 65-87:

Artículo 4.- El Estado velará porque la planificación del desarrollo nacional sea compatible con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente.

Artículo 13.- Para los efectos de la presente ley el medio ambiente comprende: los sistemas atmosféricos (aire); hídrico (agua); lítico (roca y minerales); edáfico (suelos); biótico (animales y plantas); elementos audiovisuales y recursos naturales y culturales.

Artículo 15.- El Gobierno velará por el mantenimiento de la cantidad del agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable, por lo que emitirá las disposiciones que sean necesarias y los reglamentos correspondientes para:

- a) Evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento, mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas.
- b) Revisar permanentemente los sistemas de disposiciones de agua servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental y fijar los requisitos
- c) Promover el uso integral y el manejo racional de cuencas hídricas, manantiales y fuentes de abastecimiento de aguas.
- d) Investigar y controlar cualquier causa o fuente de contaminación hídrica para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.
- e) Propiciar en el ámbito nacional e internacional las acciones necesarias para mantener la capacidad reguladora del clima en función de cantidad y calidad del agua.
- f) Prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares de Guatemala.

- g) Investigar, prevenir y controlar cualesquiera otras causas o fuentes de contaminación hídrica.

- Código municipal. Decreto 22-2010:

Artículo 58.- Atribuciones del alcalde comunitario o alcalde auxiliar. Son atribuciones del alcalde comunitario o alcalde auxiliar, en su respectiva circunscripción, las siguientes:

- a) Promover la organización y la participación sistemática y efectiva de la comunidad en la identificación y solución de los problemas locales.
- b) Ser vínculo de comunicación entre las autoridades del municipio y los habitantes.
- c) k) Velar por el cumplimiento de las ordenanzas, reglamentos y disposiciones de carácter general, emitidos por el Concejo Municipal o el alcalde, a quien dará cuenta de las infracciones y faltas que se cometan.
- d) l) Velar por la conservación, protección y desarrollo de los recursos naturales de su circunscripción territorial.

Artículo 67.- Gestión de intereses del municipio. El municipio, para la gestión de sus intereses y en el ámbito de sus competencias puede promover toda clase de actividades económicas, sociales, culturales, ambientales, y prestar cuantos servicios contribuyan a mejorar la calidad de vida, a satisfacer las necesidades y aspiraciones de la población del municipio

- **Código de salud, decreto No. 90-97:**

Artículo 3.- Responsabilidad de los ciudadanos. Todos los habitantes de la República están obligados a velar, mejorar y conservar su salud personal, familiar y comunitaria, así como las condiciones de salubridad del medio en que viven y desarrollan sus actividades.

Artículo 68.- Ambientes saludables. El Ministerio de Salud, en colaboración con la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, promoverán un ambiente saludable que favorezca el desarrollo pleno de los individuos, familias y comunidades

Artículo 70.- Vigilancia de la calidad ambiental. El Ministerio de Salud, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, las Municipalidades y la comunidad organizada, establecerán un sistema de vigilancia de la calidad ambiental sustentado en los límites permisibles de exposición

Derecho a la información. El Ministerio de Salud, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y las Municipalidades, deberán recolectar y divulgar información pertinente a la población, sobre los riesgos a la salud asociados con la exposición directa o indirecta de los agentes contaminantes, que excedan los límites de exposición y de calidad ambiental establecidos

Artículo 90.- Agua contaminada. Queda prohibido utilizar agua contaminada, para el cultivo de vegetales alimentarios para el consumo humano. En el reglamento respectivo, quedarán establecidos los mecanismos de control.

IV. Marco teórico.

- **Protección y conservación de las fuentes hídricas**

La calidad del agua esta interrelacionada al saneamiento ambiental Gonzales J, (2005) explica que “La conservación y la mejora de la calidad del agua destinada a la población constituye una importante preocupación para los entes encargados de velar por esto, en el caso de Guatemala las primeras responsables son las corporaciones municipales.”

Esto está fundamentado en la Constitución Política de la República de Guatemala, en el artículo 97, así como también en la Ley de Protección del Medio Ambiente, Decreto No 68-89 Congreso de la República de Guatemala en su artículo 1.

(Roldan P, 2023) Define la contaminación como; “una alteración o degradación del ambiente sus componentes, tiene un efecto negativo sobre la salud y la biodiversidad.” Al hablar específicamente de agua la cual es un solvente optimo, no la encontramos en su forma natural o pura ya que siempre esta adquiere elementos o compuestos que alteran su composición original (H₂O). (Gonzales J, 2005) afirma que “el agua posee una serie de impurezas, que le dan sus características físicas, químicas y biológicas y que su calidad depende de esas características.” Es por ello que se han establecido parámetros de calidad del agua en base a la cantidad o presencia de los diferentes elementos o compuestos que alteren o no al ser humano y a la biodiversidad.

Los contaminantes pueden clasificarse por origen:

- *De origen natural*: cuando tienen su origen en un fenómeno natural
- *Artificial o antrópico*: originado principalmente por las actividades del ser humano en especial la industrialización y el consumismo.

Las causas de la contaminación pueden ser:

- *Contaminantes químicos*: son los compuestos químicos, orgánicos e inorgánicos, que llegan al agua provenientes de las actividades, industriales y agropecuarias (Gonzales J, 2005).
- *Contaminantes físicos*. son los materiales sólidos e inertes que afectan la transparencia de las aguas, como basuras, polvo y arcillas. También son contaminantes físicos, por una parte, los vertidos de líquidos calientes, que modifican la temperatura del agua de los ríos y de los lagos, y ponen en peligro la vida de la flora y fauna acuáticas, y por otra, las sustancias radioactivas que provienen de hospitales, laboratorios y centrales nucleares. (Gonzales J, 2005)
- *Contaminantes biológicos*: el término contaminantes orgánicos es aplicable a un número de constituyentes de origen animal o vegetal, que pueden indicar una polución reciente o remota. La presencia del nitrógeno en cualquiera de sus formas es muy importante por cuanto puede ser indicio de presencia de contaminación bacterial. (Gonzales J, 2005)

La OMS advierte que el consumo de agua contaminada se cobra, cada año, más de 50,000 muertes globales y transmite enfermedades como el cólera, la disentería o fiebre tifoidea.

Las consecuencias de la contaminación son bastante impactantes, y provocan efectos en la salud y en nuestro medio natural.

- **Delimitación de zonas de seguridad por medio de las áreas de riesgo de contaminación.**

La OMS se enfoca principalmente en la protección de la captación de agua para consumo humano, con la finalidad de proteger la salud de los consumidores actuales y futuros, así también, promover el desarrollo sostenible de las sociedades.

La delimitación de perímetros o zonas de seguridad tiene como objetivo:

- Impedir la degradación de las zonas de muestreo.
- Evitar la contaminación con sustancias tóxicas que alteren la calidad del agua.
- Reducir las actividades antrópicas que impacten negativamente el ecosistema.
- Reforzar los sistemas de control en las zonas de captación y prevenir alteraciones.

La instauración de perímetros de protección alrededor de las captaciones de agua subterránea y superficial, debido a su papel de escudo pasivo contra las contaminaciones, constituye la mejor garantía para obtener, de forma permanente, un agua de calidad satisfactoria (Gonzales J, 2005).

- **Criterios de delimitación.**

a. Distancia:

Consiste en delimitar un área definida por un círculo con centro en la captación. Sus dimensiones se definen frecuentemente como una media de las obtenidas al aplicar en diferentes casos otros criterios más complejos. Es el más elemental de los existentes, pudiendo valorarse como poco eficaz, puesto que no incorpora ninguna consideración sobre las condiciones de flujo del agua subterránea, ni respecto a los procesos implicados en el transporte de los contaminantes en cada caso particular (Instituto geológico y minero de España, 2003).

b. Descenso:

Se basa en considerar que el área en la cual desciende el nivel del agua subterránea, debido al efecto del bombeo, se producen cambios en la dirección del flujo subterráneo y un aumento de la velocidad con la que el agua llega a la captación, debido al incremento del gradiente hidráulico, produciendo o acelerando la migración del contaminante hacia ella (Instituto geológico y minero de España, 2003)

c. Tiempo de tránsito:

Mediante este criterio se evalúa el tiempo que un contaminante tardaría en llegar a la captación que se pretende proteger. Los cálculos para la determinación del tiempo de tránsito se realizan considerando principalmente el proceso de advección, que es el más conocido y el que tiene mayor importancia en acuíferos con alta velocidad de flujo, si bien también tiene en cuenta la dispersión hidrodinámica y la interacción sólido soluto que adquieren mayor relevancia en aquellos acuíferos en que la velocidad de flujo es menor. Es uno de los criterios más exactos que existen puesto que considera diversos factores que afectan a la evaluación del proceso. En definitiva, el objetivo que se pretende con su aplicación es definir zonas alrededor de las captaciones con la suficiente amplitud para que el resultado de una actividad contaminante tarde en llegar a la misma un tiempo determinado que permita su degradación, o proporcione una capacidad de reacción que haga posible un cambio temporal en la fuente de suministro a la población, hasta que la degradación de la calidad de las aguas extraídas disminuya a límites aceptables (Instituto geológico y minero de España, 2003).

d. Criterios hidrogeológicos:

Se trata por tanto de identificar los límites hidrogeológicos que delimitan el área en la cual el agua procedente de la precipitación después de infiltrarse llegar a alcanzar la captación. Éstos son de diversos tipos, pudiendo actuar como tales ríos, canales, lagos divisorios piezométricas y materiales impermeables entre otros. La aplicación de este criterio va a implicar en muchas ocasiones la protección de un área mayor de la necesaria. Su empleo es también muy usual en acuíferos pequeños, en los que el tiempo de tránsito hasta los límites es muy reducido, por lo que disminuye notablemente al área sobreprotegida que su aplicación implicará (Instituto geológico y minero de España, 2003)

e. Poder autodepurador del terreno:

Consiste en utilizar la capacidad que poseen los diferentes terrenos para atenuar la concentración de los contaminantes que los atraviesan como criterio para definir la extensión de éstos que deben recorrer un agua contaminada hasta alcanzar una calidad admisible para el consumo humano. En esta capacidad depuradora del terreno intervienen procesos físicos, químicos y biológicos que actúan de modo diferente para cada contaminante, por lo cual deben realizarse experiencias previas que permitan evaluarlos convenientemente (Instituto geológico y minero de España, 2003).

- **Criterios de zonificación.**

Son las condiciones que se toman en cuenta para delimitar el perímetro, el cual puede ser irregular ya que en algunas zonas puede tener las distancia que en otro lugar.

Según el Instituto geológico y minero de España, (2003) “La zonificación empleada con mayor frecuencia para la protección de la calidad en las propuestas de perímetros de protección, son las siguientes:

- a. **Zona I Área de restricciones absolutas:** el criterio de delimitación suele ser un tiempo de tránsito de 1 día o un área fijada de forma arbitraria de pequeña extensión (100 a 400 m²). Estará vallada para impedir el acceso de personal no autorizado a las captaciones (Instituto geológico y minero de España, 2003). La mejor forma de garantizar las restricciones será por medio de la adquisición de los terrenos y brindar mantenimiento y vigilancia por la municipalidad o por los usuarios.
- b. **Zona II Área de restricciones máximas:** se dimensiona generalmente en función de un tiempo de tránsito de 50 días, que permite proteger contra la contaminación microbiológica, utilizando también criterios hidrogeológicos. En algunos estudios no obstante se ha delimitado también empleando un criterio de descenso o de poder auto depurador del terreno (Instituto geológico y minero de España, 2003)
- c. **Zona III Área de restricciones moderadas:** el criterio más utilizado para su dimensionado es un tiempo de tránsito de varios años, criterios de tipo hidrogeológico o una combinación de ambos. Su objetivo es proteger la captación frente a contaminantes de larga persistencia. El tiempo de tránsito empleado en esta zona de restricciones moderadas se ha definido frecuentemente en función de los focos potenciales de contaminación existentes en el entorno de la captación, y de las características hidrogeológicas del acuífero captado, empleándose valores muy dispares en el estudio (Instituto geológico y minero de España, 2003).

V. Delimitación en los nacimientos que abastecen al casco urbano de San Gaspar Chajul:

Cada uno de los sistemas hídricos cuenta con características diferentes, es por eso que a continuación se describen individualmente y posteriormente se propone como zonificar la delimitación por medio del método de delimitación del perímetro llamado “radios fijados arbitrariamente” el cual consiste en que “el tamaño que debe tener dicho radio es una decisión arbitraria” (Instituto geológico y minero de España). Antes de implantar esta propuesta es primordial que se evalúe la vulnerabilidad de los acuíferos, así como los perímetros establecidos.

Actividades prohibidas según la zonificación de protección son:

- **Zona I Área de restricciones Absolutas:** como su nombre lo indica todo tipo de actividades quedan prohibidas a excepción de monitoreo y control o actividades de captación, esté limite debe circularse con una barrera viva.
- **Zona II Área de restricciones moderadas:** las actividades que quedan prohibidas por el nivel de riesgo de contaminación que presentan son: vertido de lodos y aguas residuales, almacenamiento y uso de pesticidas y fertilizantes químicos, cementerios, excavaciones, vertederos, almacenamiento de productos o sustancias químicas peligrosas y sustancias radiactivas, fábricas de vehículos, talleres y desguaces, pasto y estabulación de ganado que produzca más de 170 kg/ha día de nitrógeno, construcciones residenciales y urbanización, la práctica agrícola, infraestructuras aeronáuticas, estaciones de servicio, depósitos de materiales radioactivos, hidrocarburos y de residuos peligrosos, fosas sépticas, lixiviados y cualquier otra actividad que presente riesgo en la calidad del agua y en la alteración del ecosistema.

- **Zona III Área de restricciones moderadas:** las actividades que pueden realizarse en esta área correspondiente al área de recarga hídrica son instalaciones ecoturísticas, agroforestales y de protección de especies animales o vegetales.

1- Nacimiento Xolá:

Este sistema hídrico subterráneo está ubicado aproximadamente a 6 Km del parque central; a una latitud 15 P 0711613; Longitud 17155558; y, a 2072 msnm, el caudal evaluado durante las dos épocas climáticas equivale a 15.52 L/s. lo que equivale a 1,340,928 L/día, permitiendo que 1035 viviendas tengan el servicio de agua.

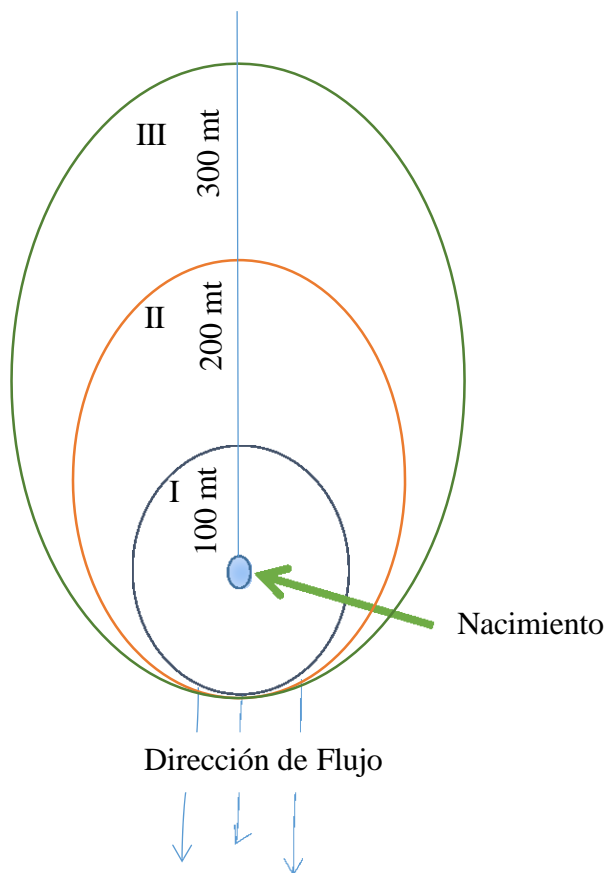
El territorio donde se encuentra este sistema posee una riqueza forestal vareada con principales especies de hoja ancha llamadas latifoliadas.

Modelo de Delimitación:

Zona I: de restricciones absolutas, que constará de 100 mt de radio en todas las direcciones del nacimiento Xolá.

Zona II: de restricciones máximas constará de 300 mt. en línea recta al contrario de la dirección del flujo hídrico y partiendo del inicio del nacimiento y 200 metros del final de la zonificación I.

Zona III: de restricciones moderadas, con una distancia de 800 metros utilizando como punto de partida el nacimiento, 300 metros del final de la zonificación II.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en investigación previa)

2- Nacimiento Chailá.

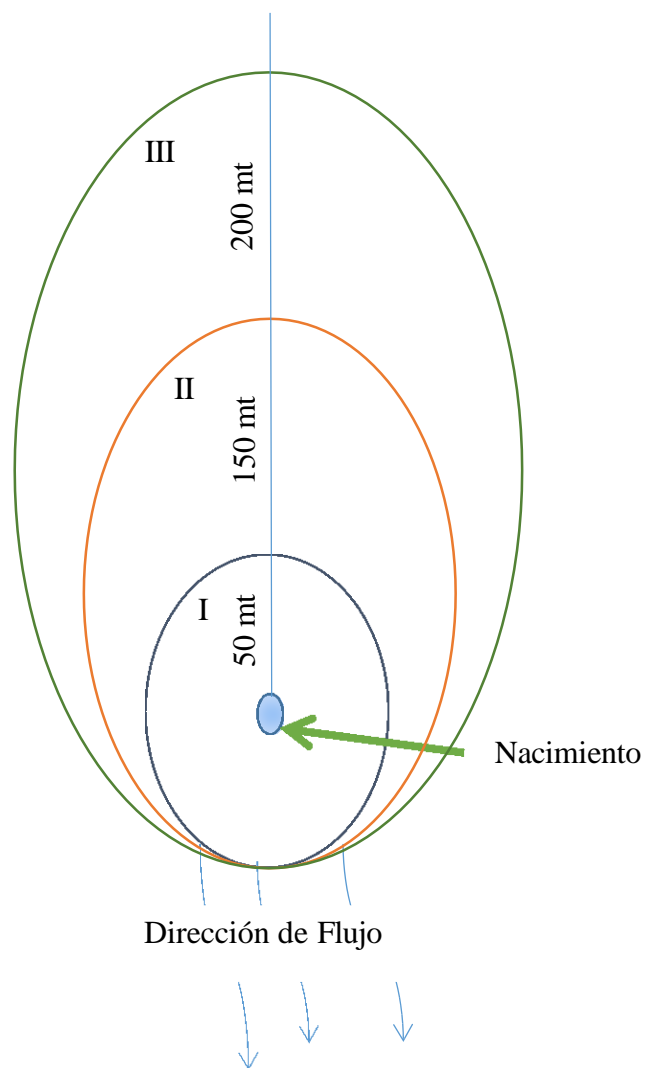
Ubicado a una distancia aproximada de 4 Km del parque central; Latitud 15 P 0712098; Longitud 17131703; y a, 2034 msnm. Este sistema se encuentra a orillas de la carretera, por lo que es más susceptible a la contaminación por residuos y desechos sólidos o líquidos, no cuenta con cobertura forestal cercana lo que no contribuye con la recarga hídrica por infiltración. Este sistema hídrico proporciona 15.52 L/s de agua equivalente a 1,340,928 L/día, lo que abastece a 1035 viviendas.

Modelo de Delimitación:

Zona I: de restricciones absolutas, que constará de 50 mt de radio en todas las direcciones del nacimiento Chailá.

Zona II: de restricciones máximas constará de 200 mt. en línea recta al contrario de la dirección del flujo hídrico y partiendo del inicio del nacimiento y 150 metros del final de la zonificación I.

Zona III: de restricciones moderadas, con una distancia de 400 metros utilizando como punto de partida el nacimiento, 200 metros del final de la zonificación II.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en investigación previa)

3- Nacimiento Chikú.

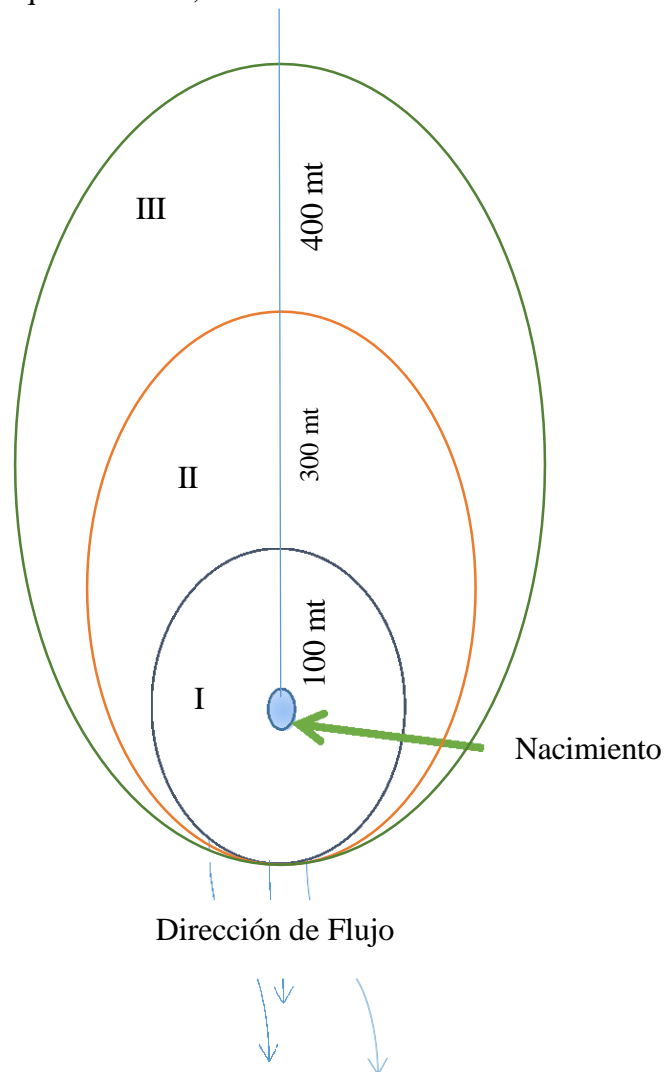
Es el sistema de abastecimiento que se encuentra más alejado por lo que sus características naturales aún no se han visto afectadas, sin embargo, es importante tomar medidas de prevención y garantizar la disponibilidad de agua de calidad. Sus coordenadas geográficas son, Latitud 15 P 0710139; Longitud 1712743; y, 2090 msnm. El aprovechamiento de este bien hídrico beneficia a 688 viviendas ya que aporta 5.80 Litros/segundo. lo que equivale a 501,120 Litros/día.

Modelo de Delimitación:

Zona I: de restricciones absolutas, que constará de 100 mt de radio en todas las direcciones del nacimiento Chikú.

Zona II: de restricciones máximas constará de 400 mt. en línea recta al contrario de la dirección del flujo hídrico y partiendo del inicio del nacimiento y 300 metros del final de la zonificación I.

Zona III: de restricciones moderadas, con una distancia de 800 metros utilizando como punto de partida el nacimiento, 400 metros del final de la zonificación II.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en investigación previa)

4- Nacimiento Vichaxá.

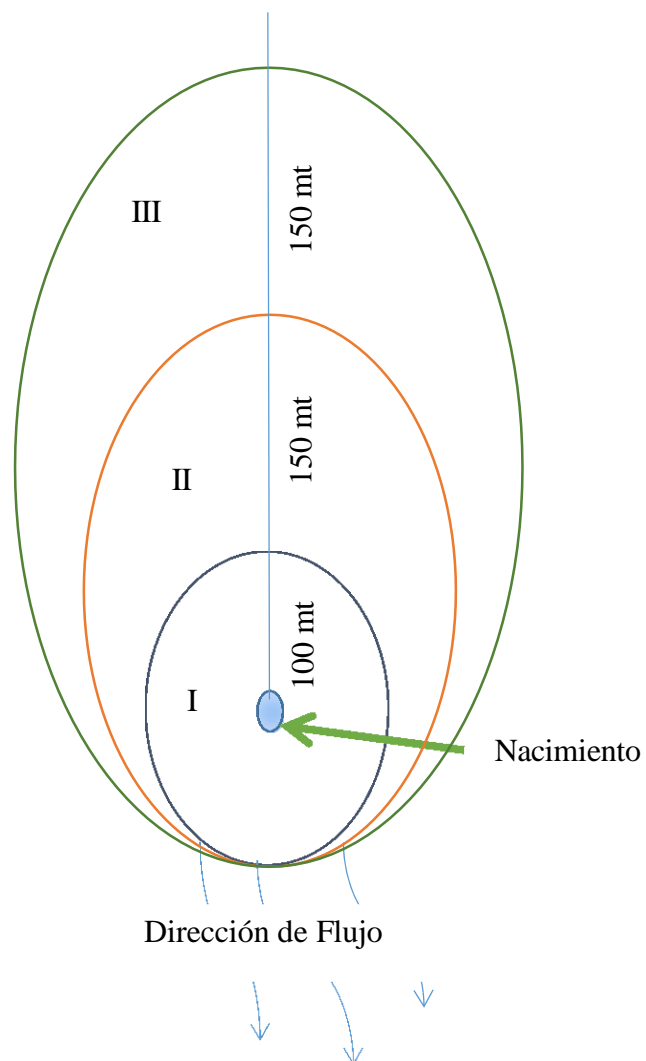
Ubicado geográficamente a una Latitud 15 P 0710201, Longitud 1713206, y, a 2051 msnm. Está ubicado en el interior del área urbana municipal a aproximadamente 2 km del parque central y está rodeado por actividad agrícola. Su cobertura vegetal es escasa, pero en su mayoría está cubierto por especies latifoliadas. Este manantial aporta 1.10 L/s en la época lluviosa, durante la época seca es un sistema que se seca. A pesar de ser poco equivale a 95,040 L/día.

Modelo de Delimitación:

Zona I: de restricciones absolutas, que constará de 100 mt de radio en todas las direcciones del nacimiento Vichaxa.

Zona II: de restricciones máximas constará de 250 mt. en línea recta al contrario de la dirección del flujo hídrico y partiendo del inicio del nacimiento y 150 metros del final de la zonificación I.

Zona III: de restricciones moderadas, con una distancia de 400 metros utilizando como punto de partida el nacimiento, 150 metros del final de la zonificación II.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en investigación previa)

5- Nacimiento Vialbop.

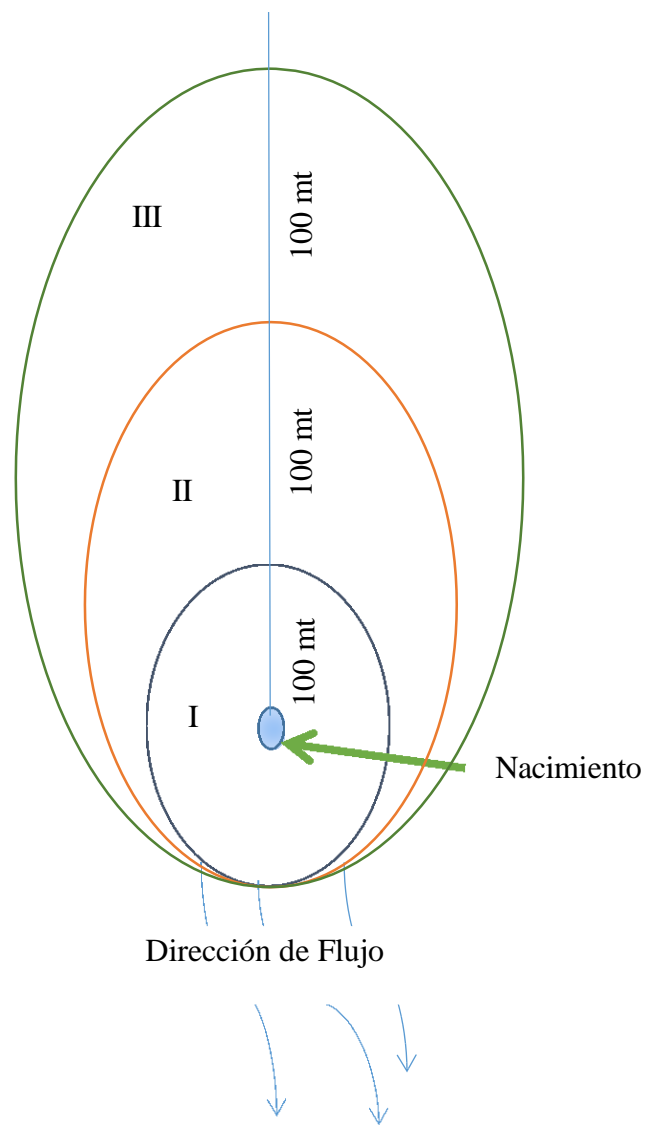
Ubicado a 1km del parque central del municipio de Chajul, sus coordenadas geográficas son Latitud 15 P 0710962; Longitud 1713134; y, a 1944 msnm. Es el sistema más accesible, sin embargo, posee un área cercana con cobertura forestal, aunque la cobertura con mayor presencia es de origen agrícola. Este nacimiento beneficia a 877 viviendas con los 6.50 L/s que aporta, que en un día equivalen a 561,600 Litros de agua.

Modelo de Delimitación:

Zona I: de restricciones absolutas, que constará de 100 mt de radio en todas las direcciones del nacimiento Vialbop.

Zona II: de restricciones máximas constará de 200 mt. en línea recta al contrario de la dirección del flujo hídrico y partiendo del inicio del nacimiento y 100 metros del final de la zonificación I.

Zona III: de restricciones moderadas, con una distancia de 300 metros utilizando como punto de partida el nacimiento, 100 metros del final de la zonificación II.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en investigación previa)

6- Nacimiento Vatzmunte.

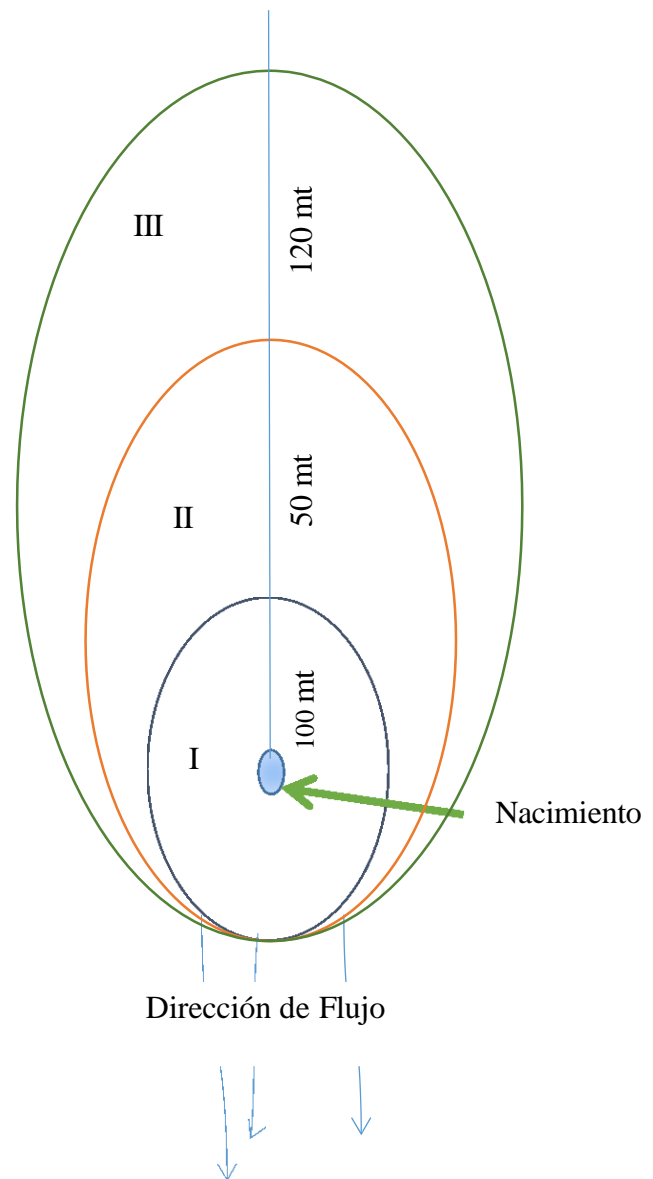
Las coordenadas de este sistema corresponden a una Latitud 15 P 0710203; Longitud 1713198; y a, 2005 msnm. Se encuentra a 1.5 km del parque municipal, cuenta con un poco de área con cobertura vegetal, aunque en su mayoría corresponden a especies arbustivas. Con sus 0.90 L/s beneficia 15 viviendas. Proporcionando lo que equivale a 77,760 Litros en un día.

Modelo de Delimitación:

Zona I: de restricciones absolutas, que constará de 100 mt de radio en todas las direcciones del nacimiento Vichaxa.

Zona II: de restricciones máximas constará de 150 mt. en línea recta al contrario de la dirección del flujo hídrico y partiendo del inicio del nacimiento y 50 metros del final de la zonificación I.

Zona III: de restricciones moderadas, con una distancia de 270 metros utilizando como punto de partida el nacimiento, 120 metros del final de la zonificación II.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en investigación previa)

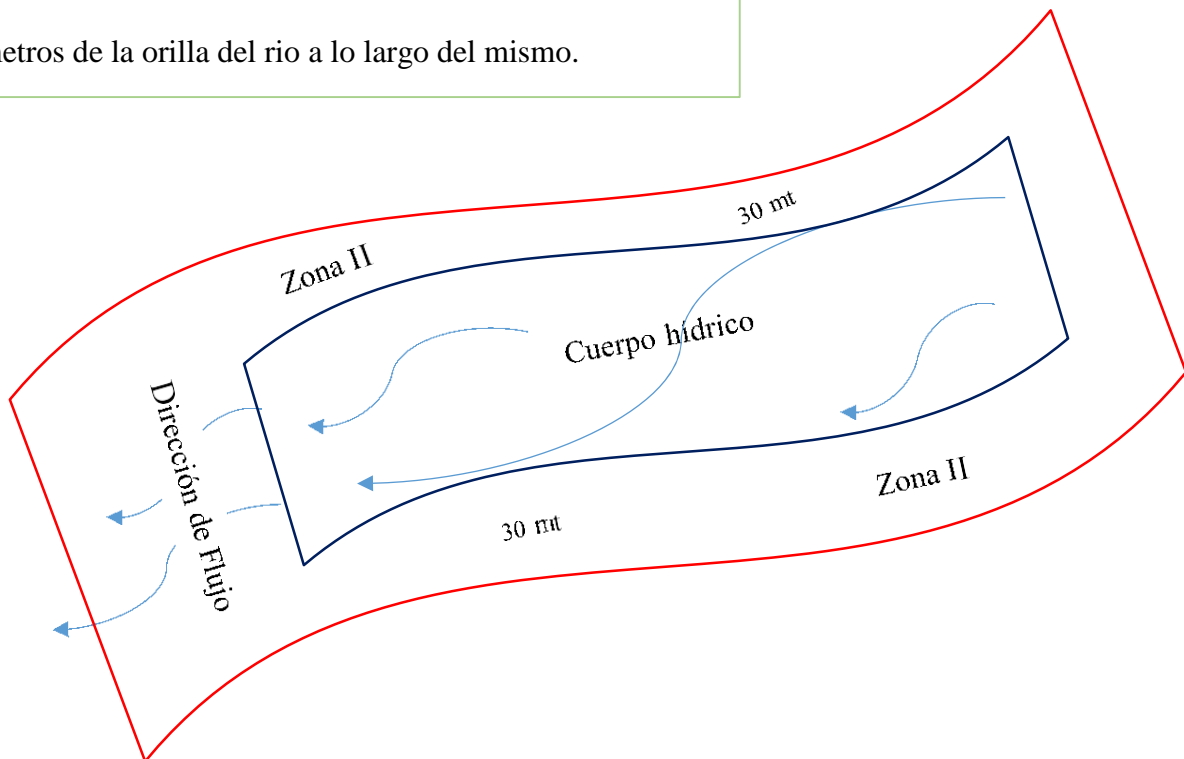
7- Río Central.

Este cuerpo hídrico tiene un caudal de 6.80 L/s, que equivale a 587,520 Litros en un día, sus coordenadas son Latitud 15 P 0710494; Longitud 1712822 y 1993 msnm. Su rivera esta urbanizada lo que facilita su contaminación con desfogues de aguas grises y negras, agroquímicos, vertido de sustancias toxicas, entre otras.

Por el origen del cuerpo hídrico para este se propone la protección y delimitación de una franja con una distancia de 30 metros en todo lo largo del rio central, perteneciente a la cuenca del rio Xacbal, la clasificación de esta delimitación corresponderá a la **Zonificación II** planteada en los modelos anteriores y con fines de reforestación.

Modelo de Delimitación:

Zona II Área de restricciones máximas, compuesta por 30 metros de la orilla del rio a lo largo del mismo.



Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en investigación previa)

VI. Pasos para el desarrollo de un plan de seguridad del agua.

Se conforma por 7 pasos nombrados y descritos a continuación.

- 1. Conformar un Equipo PSA (Plan de Seguridad del Agua).** Convocar a la población para conformar dicho equipo que deberá tener la presencia incondicional del personal municipal relacionado a la calidad del agua y el medio ambiente. Este equipo deberá organizarse y asignar los puestos en base al nivel de experiencia de cada persona. A continuación, se presenta una tabla para la distribución de cargos.

Tabla 12: ejemplo de conformación de equipo PSA.

Equipo PSA Chajul, Quiché.		
Nombre	Cargo	Descripción de responsabilidades
Coordinador de OMAS	Presidente	Encargado de liderar el equipo, proponer soluciones e intervenir en lo que sea requerido. Promover acciones en la microcuenca para minimizar la contaminación del agua a nivel de la fuente u obra de toma (bocatoma)
Coordinador de UGADELM	Vicepresidente	Supervisar, coordinar, ejecutar e investigar.
Comunitario 1	Vocal No. 1	Promover acciones de saneamiento básico orientadas a evitar la contaminación del agua a nivel casero.
Comunitario 2	Vocal No. 2	Coordinar con la Maestra de la Escuela actividades para reforestación y formación de hábitos amigables con el ambiente.
Comunitario 3	Guardia de Co. Salud Comunitaria	Comunicar los casos de enfermedades diarreicas a la Junta de Agua, indicando procedencia o zonas de mayor incidencia.
Instituciones de apoyo		Dirección de Protección de Riesgos Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social MARN INAB ONG's

Fuente: (Elaborado por el Investigador)

- 2. Describir los sistemas de abastecimiento.** Revisar la documentación existente y hacer un recorrido en cada sistema. Después hacer un diagrama de flujo o croquis de los sistemas identificados, resaltando los componentes de sistema de abastecimiento, Cada miembro del Equipo PSA aporta información sobre su área de trabajo.

3. Identificar los riesgos existentes y valoración de riesgos.

El equipo del PSA deberá determinar qué peligros o eventos peligrosos podrían producirse. La determinación de los peligros se realiza en el momento del recorrido. La inspección visual de aspectos como la zona alrededor al sitio de captación y los componentes del tratamiento puede revelar peligros que no se habrían detectado únicamente mediante análisis de la documentación. Este paso también exige la evaluación de acontecimientos e información del pasado, así como de pronósticos basados en la información y conocimientos del servicio de abastecimiento de agua sobre aspectos particulares de los sistemas de tratamiento y suministro.

Los peligros serían:

- Agentes físicos, biológicos, químicos o radiológicos presentes en el agua que pueden dañar la salud pública.
- Situaciones que pueden dañar la infraestructura.
- Situaciones que puedan afectar el suministro de agua o el servicio que brinda el prestador

Los eventos peligrosos serían los eventos que introducen peligros o impiden la eliminación de los mismos en el sistema de abastecimiento de agua.

En base a eso el equipo decide para cada peligro identificado que riesgo representa en su sistema, multiplicando el puntaje que le asignaron a la probabilidad de ocurrencia y a la gravedad como se muestra en el ejemplo siguiente:

Tabla 13: ejemplo de puntuación de determinados peligros

Etapas del proceso.	Evento peligroso	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación
Captación	Defecación del ganado en los alrededores de una boca de pozo no cercada	Microbiológico	3	5	15
Tratamiento	La tarifa no es suficiente para comprar cloro	Microbiológico	4	5	20

Fuente: (OPS AIDIS & Sanaa, Manual simplificado para el desarrollo de planes de seguridad del agua (PSA), 2012)

Tabla 14: Valoración de riesgos

Caracterización o valoración del riesgo	Puntaje
Riesgo Grave	Mayor a 15
Riesgo moderado	De 6 a 15
Riesgo Leve	Menor de 6

Fuente: (OPS AIDIS & Sanaa, Manual simplificado para el desarrollo de planes de seguridad del agua (PSA), 2012)

4. Determinar medidas que minimicen o eliminen los peligros identificados.

Cada riesgo que se ha clasificado como grave y moderado en el paso anterior amerita tener un punto crítico de control (PCC) y cada PCC necesita una medida de control.

En este paso es necesario identificar durante la inspección del sistema si se cuenta con una medida de control existente o potencial y verificar si estas medidas de control son eficaces. En el caso contrario y siempre y cuando represente un riesgo para la salud, ese punto donde se controla la calidad del agua se convierte en un Punto Crítico de Control, el cual es un área que falla y que representa un peligro a la salud pública.

5. Elaborar un plan de acción.

Se desarrolla un Plan para manejarlos inicia con los requerimientos de atención urgente ya que son los sucesos de mayor preocupación porque repetidamente o pueden causar enfermedades significativas. Se elabora un cronograma de actividades para eliminar o reducir el peligro, definiendo claramente los responsables de ejecutar cada actividad, el tiempo de su realización y los recursos requeridos (Qué, Quién, Cuándo, Costos de las Mejoras)

6. Dar seguimiento a actividades propuestas.

El equipo PSA deberá agendar sus citas a cada 1 o 2 meses para darle seguimiento a actividades operativas y para evaluar la eficacia del PSA.

7. Realizar exámenes periódicos al PSA.

Para evaluar peligros y riesgos, así mantener actualizado y vigente el Plan de Seguridad del Agua –PSA-.

VII. Implementación de sistemas de desinfección.

Se propone la implementación de un sistema mecanizado de aplicación de cloro en los tanques de almacenamiento y distribución, la función del mismo es desactivar, destruir, remover o reducir microorganismos patógenos, elimina las bacterias y virus al romper sus uniones químicas moleculares, además es el método de desinfección más económico y de fácil uso.

El uso efectivo del cloro se determina mediante la medición del pH del agua, cuando este está en la escala de 5.5 a 7.5 significa que el cloro está desinfectando. Si el valor del pH es más alto quiere decir que el nivel de cloro es menor. Para evitar estas situaciones es necesario que OMAS cuente con un medidor de cloro, el más eficiente es el kit analizador de cloro y pH, el cual permite realizar una pequeña evaluación de pH del agua así conocer la concentración del cloro.

En cuanto a la cloración, la mejor opción es la implementación de un tanque de cloro que libere la cantidad necesaria en relación a la cantidad de agua que ingresa, lo que hace que la desinfección sea más precisa y el trabajo de vigilancia se enfoque en las condiciones del dosificador, así como realizar análisis frecuentes para estar al tanto de las condiciones de la calidad del agua y que se encuentren dentro de lo que establece la norma COGUANOR NTG 29001.

Plan de monitoreo para clorinador o aplicación de cloro.

Tabla 15: Cronograma para el muestreo de cloración.

Cuerpo de agua evaluado	Coordenadas	Lugar de muestreo	Frecuencia de muestreo para análisis	Responsable
Nacimiento Xolá	Lat. 0711613 Long. 17155558 2072 msnm	Tanque de captación	1 vez al mes	Personal técnico o administrativo de OMAS Chajul
Nacimiento Chailá	Lat. 0712098 Long. 17121703 2034 msnm	Tanque de captación	1 vez al mes	
Nacimiento Chikú	Lat. 0710139 Long. 1712743 2090 msnm	Tanque de captación	1 vez al mes	
Nacimiento Vichaxá	Lat. 0710201 Long. 1713206 2051 msnm	Tanque de captación	1 vez al mes	
Nacimiento Vialbop	Lat. 0710962 Long. 1713134 1944 msnm	Tanque de captación	1 vez al mes	
Nacimiento Vatzmunte	Lat. 0710203 Long. 1713198 2005 msnm	Tanque de captación	1 vez al mes	

Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en investigación previa)

VIII. Plan de monitoreo de la calidad del agua para consumo del municipio de San Gaspar Chajul.

El monitoreo de algunos parámetros debe ser en un lapso de tiempo corto para garantizar la desinfección del agua, este es el caso específico del cloro ya que en cantidades muy bajas no garantiza la desinfección y en cantidades muy altas presenta riesgos en la salud pública.

Parámetros de monitoreo.

- Oxígeno disuelto:

Este parámetro proporciona una medida de la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto en el agua es importante para la supervivencia de los peces y otros organismos de vida acuática. (Facultad de ciencias del ambiente de la universidad nacional Santiago Antúnes de Mayolo, 2010)

- *Conductividad:*

La conductividad de una muestra de agua es una medida de la capacidad que tiene la solución para transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia, movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua. (Facultad de ciencias del ambiente de la universidad nacional Santiago Antúnes de Mayolo, 2010)

- *pH*

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Aguas fuera del rango normal de 6 a 9 pueden ser dañinas para la vida acuática. Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática. (Facultad de ciencias del ambiente de la universidad nacional Santiago Antúnes de Mayolo, 2010)

- *Turbidez*

Es provocada por la materia insoluble, en suspensión o dispersión coloidal. (Facultad de ciencias del ambiente de la universidad nacional Santiago)

- *Cloro libre*

Es la parte de cloro potencialmente desinfectante que está presente en el agua. Este se divide en 2 partes, determinadas por el pH de su agua. Cuanto más alto sea el valor del pH de su piscina, más bajo será el contenido de cloro activo. Entonces es importante mantener un pH situado entre 7,2 y 7,4 para garantizar una eficacia óptima del cloro. (iopool, 2023).

- *Cloro combinado*

Este es el cloro que se ha agotado por el proceso de saneamiento del agua. Mientras aún está en el agua, su capacidad de desinfección se reduce en comparación con el cloro libre. (Piscinas Lara, 2022).

- *Cloro total*

Es la suma de cloro libre y cloro combinado. (Piscinas Lara, 2022)

- *Coliformes totales o UFC*

Este es un parámetro que demuestra la contaminación del agua con microorganismos.

- *Escherichia Coli*

La presencia de esta indica contaminación fecal en el agua, puede ser originaria del tracto digestivo de animales de sangre caliente o de humanos.

Plan de muestreo.

Tabla 16: Cronograma para muestreo de la calidad del agua.

Cuerpo de agua evaluado	Coordenadas	Lugar de muestreo	Tamaño de muestra	Frecuencia de muestreo para análisis	Responsable
Nacimiento Xolá	Lat. 0711613 Long. 17155558 2072 msnm	Centro del nacimiento	2 litros	A cada 6 meses	Personal técnico o administrativo de OMAS Chajul
Nacimiento Chailá	Lat. 0712098 Long. 17121703 2034 msnm	Centro del nacimiento	2 litros	A cada 6 meses	
Nacimiento Chikú	Lat. 0710139 Long. 1712743 2090 msnm	Centro del nacimiento	2 litros	A cada 6 meses	
Nacimiento Vichaxá	Lat. 0710201 Long. 1713206 2051 msnm	Centro del nacimiento	2 litros	A cada 6 meses	
Nacimiento Vialbop	Lat. 0710962 Long. 1713134 1944 msnm	Centro del nacimiento	2 litros	A cada 6 meses	
Nacimiento Vatzmunte	Lat. 0710203 Long. 1713198 2005 msnm	Centro del nacimiento	2 litros	A cada 6 meses	
Rio central	Lat. 0710494 Long. 1712822 1993msnm	Puente central, cerca al cementerio municipal	2 litros	A cada 6 meses	

Fuente: (Elaborado por el Investigador con datos obtenidos en investigación previa)

IX. Referencias.

- Facultad de ciencias del ambiente de la universidad nacional Santiago Antúnes de Mayolo. (02 de 2010). *Biorem*. Obtenido de Biorem: https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/Protocolo_Agua.pdf
- Iopool. (01 de 2023). *iopool*. Obtenido de iopool: <https://help.iopool.com/es/articles/4135221-cloro-libre-cloro-activo-cloro-total-orp-entender-las-diferencias#:~:text=El%20cloro%20libre%20es%20la,el%20contenido%20de%20cloro%20activo.>
- OPS, Sanaa, AIDIS. (2012) Manual Simplificado para el Desarrollo de Planes de Seguridad del Agua (PSA).
- Piscinas Lara. (12 de 11 de 2022). Grupo Lara. Obtenido de Grupo Lara: <https://piscinas-lara.com/la-diferencia-entre-el-cloro-libre-y-el-cloro-total/>

9 ANEXOS:

Anexo A: Ejemplo de registros de datos georreferenciados.

Ilustración 1: Formato de información geográfica del nacimiento Xolá.

Guía para registro de datos durante visitas técnicas a fuentes hídricas superficiales.

Tabla 12: Formato de Visitas Técnicas.


Lugar: Xolá				
Fecha: 07 - octubre - 2020				
COORDENAS GEOGRÁFICAS				
LATITUD		LONGITUD		ALTITUD
15 P - 0711613		1715555 8		2072 MSNM
TIPO DE FUENTE (AGUA)				
NACIMIENTO		RIO		OTROS
X				
ESTADO ACTUAL DEL ENTORNO:				
FUENTES CONTAMINATES.				
Aguas Residuales	Pastoreo	Presencia de Desechos Sólidos	Agroquímicos	Otros. (Detergentes, Industria, Matadero de Animales.)
—	—	—	—	—


Fuente: (Elaborado por el investigador).

Anexo B: Resultados de laboratorio.

A. Época seca:

Ilustración 2: Resultados de laboratorio época seca nacimiento Chailá (pág. 1/2)


 CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE.
 DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
 INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
 LABORATORIO DE GESTIÓN AMBIENTAL


 COGUANOR - USAG

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA POTABLE

Datos Generales.

Proyecto: Trabajo de graduación Yessi Estefany Jocabed Pérez Arauz. Determinación de la calidad de las aguas superficiales, en verano e invierno, del municipio de San Gaspar, Chanjul, Quiché y propuesta de manejo.

Muestra: Agua Potable
Ubicación: Municipio de Chajul, Departamento de El Quiché
Geo-referenciación: 15P 0712098 lat. 1713703 long 2034 MSNE
Descripción del punto de muestreo: Nacimiento de agua
Áreas e instalaciones cercanas: --
Nombre del técnico recolector: Yessi Estefany Jocabed Pérez Arauz
Persona o institución que solicita el análisis: Municipalidad de Chajul, El Quiché.

Muestreo:

Fecha: 26 de marzo de 2022
Hora: 9:55 horas
Tipo de muestra: Simple
Tipo de envase: Plástico
Volumen: 1000 ml
Método de conservación: Refrigeración a 4° C (cadena de frío)
No de muestra: 2. Nacimiento Chailá, Municipio de Chajul, Departamento de El Quiché

Determinaciones efectuadas en el Laboratorio:

Características Físicas:


Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable
Sabor	No Rechazable	No Rechazable*
Olor	No Rechazable	No Rechazable*
Color	1.3	<5.0 UPT/Co
Turbiedad	0.79	<5.0 UNT


Características Físico-químicas:

Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable
pH (Potencial de Hidrógeno)	7.14	6.5-8.5*
Oxígeno Disuelto (ODS)	2.8	6.0-8.0 (1)
Presión	796.8	
Temperatura	12.35	10.0-25.0 °C
Conductividad Eléctrica	255	100-750uS/cm*
Material Flotante	Ausente	

*COGUANOR NGO 29 001-99
(1) No registrada en COGUANOR, Norma Internacional

Ilustración 3: Resultados de laboratorio época seca nacimiento Chailá (pág. 2/2)


 CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE.
 DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
 INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
 LABORATORIO DE GESTIÓN AMBIENTAL


 COGUANOR - USAG

Características Químicas:

Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable
Nitratos	1.17	< 10.0 mg/L*
Nitritos	0.014	< 1.0 mg/L*
Amonio	0.06	0.05-0.5 mg/L(1)
Fosfatos	0.152	0.4-1.5 mg/L(1)

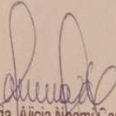
*COGUANOR NGO 29 001-99
(1) No registrada en COGUANOR, Norma Internacional

Análisis Microbiológico:

Análisis	Resultado	Referencia
Recuento de Coliformes Totales	5,100 UFC/100 mL de agua	No detectables en 100 mL de agua*
Escherichia coli	Ausente	Ausente*


*NORMA COGUANOR 29 001-99

Dictamen: En base a los resultados obtenidos se concluye que el agua analizada se encuentra en niveles muy altos de contaminación microbiológica. Se recomienda realizar actividades de sanitización de la misma y análisis de control.


 Lda. Alicia Ivemí García Tovar
 Química Bióloga
 Colegiada 4846

B. Época lluviosa:

Ilustración 5: Resultados de laboratorio época lluviosa del nacimiento Xolá (pág. 1/2)


CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE.
 DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
 INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
 LABORATORIO DE GESTION AMBIENTAL

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUA POTABLE

DATOS GENERALES:

Proyecto: Trabajo de graduación Yessi Estefany Jacobed Pérez Aráuz: Determinación de la situación de la calidad de las aguas Superficiales, en verano e invierno, del municipio de San Gaspar, Chajul, Quiché y propuesta de manejo.
 Muestra: Agua Potable
 Ubicación: Municipio de Chajul, Departamento del Quiché
 Geo-referenciación: 15P 0711613 lat. 1715558 long 2072 MSNE
 Descripción del punto de muestreo: Nacimiento de agua
 Áreas e instalaciones cercanas: ---
 Nombre del técnico recolector: Yessi Estefany Jacobed Pérez Aráuz:
 Persona o institución que solicita el análisis: Municipalidad de Chajul, El Quiché

MUESTREO:

Fecha: 3 de noviembre de 2021
 Hora: 9:36 horas
 Tipo de Muestra: Simple
 Tipo de envase: Plástico
 Volumen: 1000 ml
 Método de conservación: Refrigeración a 4° C (cadena de frío)
 No de muestra: 1. Nacimiento Xolá, Municipio de Chajul, Departamento de El Quiché

DETERMINACIONES EFECTUADAS EN EL LABORATORIO:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:


PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE
Sabor	No Rechazable	No Rechazable*
Olor	No Rechazable	No Rechazable*
Color	1	
Turbidez	0.74	

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS:

PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE
pH (Potencial de Hidrógeno)	6.90	6.5-8.5*
Oxígeno Disuelto (ODS)	1.9	6.0-8.0 (1)
Presión	11.100	
Temperatura	12.3	10.0-25.0 °C
Conductividad Eléctrica	209	100-750µS/cm*
Material Flotante	Ausente	

*COGIANOR NGO 29 004/99
 (1) NO REGISTRADA EN COGIANOR, NORMA INTERNACIONAL

Ilustración 4: Resultados de laboratorio época lluviosa del nacimiento Xolá (pág. 2/2)


CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE.
 DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
 INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL
 LABORATORIO DE GESTION AMBIENTAL

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

PARÁMETRO	RESULTADO	LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE
Nitratos	1.10	< 10.0 mg/l*
Nitritos	0.017	< 1.0 mg/l*
Amonio	0.06	0.05-0.5 mg/l(1)
Fosfatos	0.20	0.4-1.5 mg/l(1)

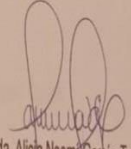
*COGIANOR NGO 29 004/99
 (1) NO REGISTRADA EN COGIANOR, NORMA INTERNACIONAL

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

ANÁLISIS	RESULTADO	REFERENCIA
RECUESTO DE COLIFORMES TOTALES	1,200 UFC/ 100 mL de agua	No detectables en 100 mL de agua
Escherichia coli	Ausente	No detectable en 100 mL de agua

*NORMA COGIANOR NTG 29001

DICTAMEN: En base a los resultados obtenidos, se certifica que el agua analizada se encuentra en parámetros de calidad **NO ACEPTABLE**, por la alta contaminación microbiológica. Se recomienda realizar intervenciones de saneamiento de la misma y análisis de control.


 Lda. Alicia Noemí García Tovar
 Química Bióloga
 Colegiada 4846

Lda. Alicia Noemí García Tovar
 QUÍMICA BIÓLOGA
 COLEGIADA 4846

Anexo C: ejemplo de bitácora de muestreo e imágenes recolectadas en campo.

Ilustración 7: Registro de muestreo época lluviosa, nacimiento Xolá.

Registro de muestreo.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL

Nombre del Cuerpo de Agua: Xolá		
No. Muestra: 1	Localización política: Municipio de San Gaspar Chajul	Nombre del sitio de muestreo:
Fecha de recolección: 03-11-21	Tipo de muestra: Simple: <input checked="" type="checkbox"/> Compuesta: <input type="checkbox"/> Integrada: <input type="checkbox"/>	
Hora de recolección: 9:36	Estado de la contaminación: Caracterización visual: Ninguna: <input checked="" type="checkbox"/> Mediana: <input type="checkbox"/> Moderada: <input type="checkbox"/>	
Responsable del muestreo: Yessi Estefany Jocabed Perez Arauz	Contaminada: <input type="checkbox"/> Muy contaminada: <input type="checkbox"/>	
Presencia de desechos: Orgánicos: <input type="checkbox"/> Espumas: <input type="checkbox"/> Aceites: <input type="checkbox"/>		
Organismos muertos: <input type="checkbox"/> DRS: <input type="checkbox"/>		
Fuentes de contaminación: Doméstica: <input type="checkbox"/> Industrial: <input type="checkbox"/> Agrícola: <input checked="" type="checkbox"/> otras: <input type="checkbox"/>		
Presencia de peces. Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>		
Color del Agua: Incolora		
Olor: Inodora		
Volumen de la muestra: 100 ml. 4 onz.	Observaciones de campo: Todo organico	
Dimensiones del cuerpo hídrico: Ancho: _____ Profundidad: _____		

[Signature]
4-11-2021
15:00

Ilustración 6: Registro de muestreo época seca, nacimiento Xolá.

Registro de muestreo.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL

Nombre del Cuerpo de Agua: Xolá		
No. Muestra: 1	Localización política: Municipio de San Gaspar Chajul	Nombre del sitio de muestreo: MSNM 2072
Fecha de recolección: 20-03-2022	Tipo de muestra: Simple: <input checked="" type="checkbox"/> Compuesta: <input type="checkbox"/> Integrada: <input type="checkbox"/>	
Hora de recolección: 9:36	Estado de la contaminación: Caracterización visual: Ninguna: <input type="checkbox"/> Mediana: <input checked="" type="checkbox"/> Moderada: <input checked="" type="checkbox"/>	
Responsable del muestreo: Yessi Estefany Jocabed Perez Arauz	Contaminada: <input type="checkbox"/> Muy contaminada: <input type="checkbox"/>	
Presencia de desechos: Orgánicos: <input checked="" type="checkbox"/> Espumas: <input type="checkbox"/> Aceites: <input type="checkbox"/>		
Organismos muertos: <input type="checkbox"/> DRS: <input type="checkbox"/>		
Fuentes de contaminación: Doméstica: <input type="checkbox"/> Industrial: <input type="checkbox"/> Agrícola: <input type="checkbox"/> otras: <input type="checkbox"/>		
Presencia de peces. Si: <input type="checkbox"/> No: <input checked="" type="checkbox"/>		
Color del Agua: Incolora		
Olor: Inodora		
Volumen de la muestra: 100 ml. 4 onz.	Observaciones de campo: - Desechos orgánicos	
Dimensiones del cuerpo hídrico: Ancho: _____ Profundidad: _____		

Ilustración 8: Imágenes de trabajo de campo.



Anexo D: Ejemplos de guía de diálogo semiestructurado.

Ilustración 10: Dialogo semiestructurado con personal administrativo
OMAS

Guía de preguntas para diálogo semiestructurado con actores clave del sector administrativo.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL

Fecha: 11/10/2020
Hora: _____ hrs.

Nombre del entrevistado: Guillermo Ximic Mendez
Oficina: OMAS Cargo: Tecnico

- ¿Cuántas fuentes de hidricas superficial existen en el municipio?
6 manantiales
- ¿Cuántos nacimientos visita al mes y que actividades realiza en las visitas?
2 mensual Revisar y supervisar los Tanques de Cobertura que están en buen estado
- ¿Se le da algún tratamiento de desinfección a las fuentes hidricas superficiales del municipio; en qué consiste? No a los Tanques de Distribución si
- ¿En el transcurso del último año ha recibido capacitaciones, talleres o charlas sobre algún tema relacionado al agua, hace cuanto, quien lo impartió?
si hace una semana fue el ANAM, el Director de Area de salud hizo una mesa
- ¿Le gustaría participar en actividades de formación para mejorar el desarrollo de sus labores en los nacimientos; que tema le gustaría conocer más?
si sería interesante para aprender mas sobre el Agua y la calidad de Agua para una mejor salud.

Ilustración 9: Dialogo semiestructurado con personal técnico
OMAS

Guía de preguntas para diálogo semiestructurado con actores clave del sector técnico.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
INGENIERIA EN GESTION AMBIENTAL LOCAL

Fecha: 11/10/2020
Hora: _____ hrs.

Nombre del entrevistado: Pedro Aguirre Caba

- ¿Cuántas fuentes de hidricas superficial existen en el municipio?
cuatro manantiales 4
- ¿Cuántos nacimientos visita al mes y que actividades realiza en las visitas?
7 meses
- ¿Se le da algún tratamiento de desinfección a las fuentes hidricas superficiales del municipio; en qué consiste? Cloro
- ¿En el transcurso del último año ha recibido capacitaciones, talleres o charlas sobre algún tema relacionado al agua, hace cuanto, quien lo impartió? Nada
- ¿Le gustaría participar en actividades de formación para mejorar el desarrollo de sus labores en los nacimientos; que tema le gustaría conocer más?
Si
- ¿Sabe usted de la existencia de un punto de contaminación cerca de la fuente de abastecimiento? no ay ningun
- ¿Estaría dispuesto a participar en actividades de conservación y protección de los cuerpos hidricos? Si Para proteger el agua