

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

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA
SALUD PÚBLICA DEL RESIDENCIAL PRADOS DEL ENCINAL, ZONA 12,
QUETZALTENANGO.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A LAS AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA.**

POR:

FRANKIE DANIEL HERRERA RUANO

Previo a conferírsele el título de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

QUETZALTENANGO, SEPTIEMBRE DE 2024

AUTORIDADES
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Rector Magnífico: M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis
Secretario General: Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

CONSEJO DIRECTIVO
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

Director General y presidente del Consejo Directivo: Dr. César Haroldo Milián Requena

Secretario Administrativo y de Consejo Directivo: Lic. José Edmundo Maldonado Mazariegos

REPRESENTANTES DE LOS DOCENTES

MSc. Edelman Cándido Monzón López

MSc. Elmer Raúl Bethancourt Mérida

REPRESENTANTE DE LOS ESTUDIANTES

Br. Aleyda Trinidad de León Paxtor de Rodas

Br. José Antonio Gramajo Martir

REPRESENTANTE DE EGRESADOS

Lic. Víctor Lawrence Díaz Herrera

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Hugo Leonel Rodríguez Loarca

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN
GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Ing. Agr. Jesús de León Wannam

PRESIDENTE:

Ing. Agr. Hugo Leonel Rodríguez Loarca

EXAMINADORES:

Lic. F.B. Roberto Méndez
MSc. Mirna Montes Santiago
Lic. César Waldemar Racancoj

SECRETARIO:

Ing. Agr. Jesús de León Wannam

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Agr. Hugo Leonel Rodríguez Loarca.

**COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN
GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

Ing. Agr. Jesús de León Wannam

Nota: “Únicamente el 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.

Quetzaltenango, 4 de julio de 2024

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

Estimado Ing. Agr. Hugo Rodríguez:

Atentamente me dirijo a usted, para informarle que he concluido la asesoría del trabajo de investigación del estudiante **FRANKIE DANIEL HERRERA RUANO**, quien presenta los resultados del trabajo de investigación titulado:

“ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA SALUD PÚBLICA DEL RESIDENCIAL PRADOS DEL ENCINAL, ZONA 12, QUETZALTENANGO”

Sobre el particular me permito manifestarle, que el estudio cumple con los requisitos necesarios para ser presentado como trabajo de investigación para graduación, además de ser valioso aporte, en tanto brinda información actualizada y de interés para contribuir al desarrollo y bienestar de la población ubicada en el lugar de estudio.

Atentamente,



Dr. Dagoberto Alfredo Bautista Juárez
Colegiado 1,386
ASESOR

Quetzaltenango, 5 de agosto de 2024

MSc. Hugo Leonel Rodríguez Loarca
Director de División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente
Edificio.

Estimado MSc. Hugo Rodríguez:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he culminado el proceso de revisión del trabajo de GRADUACIÓN titulado **“ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA SALUD PÚBLICA DEL RESIDENCIAL PRADOS DEL ENCINAL, ZONA 12, QUETZALTENANGO”**, realizado por el estudiante **FRANKIE DANIEL HERRERA RUANO**, con Carné No. 3178 90549 1304, Registro Académico No. 201731134.

En función de lo anterior, la presente investigación cumple con los requisitos planteados para ser Publicado como Trabajo de Graduación.

Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



MSc. Mirna Carolina Montes Santiago
Colegiada 1567 Mirna Carolina Montes Santiago
REVISORA INGENIERA AGRÓNOMA
Colegiada 1,567

Quetzaltenango, Guatemala, septiembre de 2,024

Honorable Consejo Directivo

Honorables Autoridades de la División de Ciencia y Tecnología

Honorable Mesa del Acto de Graduación de Juramentación

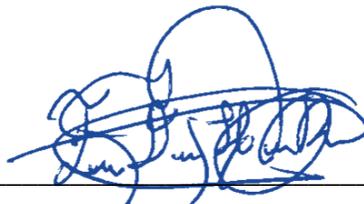
De conformidad con las normas que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del reglamento general de evaluación y promoción del estudiante del Centro Universitario de Occidente, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado:

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA
SALUD PÚBLICA DEL RESIDENCIAL PRADOS DEL ENCINAL, ZONA 12,
QUETZALTENANGO.**

Como requisito para optar al título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local en el grado académico de Licenciada. Esperando la aprobación del documento y agradeciendo de antemano la atención a la presente.

Atentamente:

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Frankie Daniel Herrera Ruano

CUI: 3178 90549 1304



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE - CUNOC -



El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISI3N DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACI3N DEL ACTA DE GRADUACI3N** No. 010-GAL-2024 de fecha seis de septiembre del a1o dos mil veinticuatro del (la) estudiante: **Frankie Daniel Herrera Ruano**

con Carn3 No. 3178 90549 1304 Registro Acad3mico No. 201731134 emitida por el Coordinador de la Carrera de **GESTI3N AMBIENTAL LOCAL**, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESI3N DEL TRABAJO DE GRADUACI3N** titulado:

“AN3LISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA SALUD P3BLICA DEL RESIDENCIAL PRADOS DEL ENCINAL, ZONA 12, QUETZALTENANGO.”

Quetzaltenango, 09 de septiembre de 2024.

“ID Y ENSE1A A TODOS”



Ing. Agr. Hugo Leonel Rodriguez Loarca
Director de Divisi3n de Ciencia y Tecnologia

/VSGdeG.

DEDICATORIA

- A Dios** Por haberme permitido vivir todo este tiempo e iluminar mi mente para alcanzar este anhelado triunfo.
- A mis padres** Carlos Johnny Herrera Gamarro y Sandra Elizabeth Ruano Velásquez, por el amor y apoyo incondicional que me han brindado, lo que me ha dado fuerzas para continuar en la lucha. Padre y madre, reciban este triunfo como muestra de mi agradecimiento.
- A mis hermanos** Johnny José Herrera Ruano y María José Herrera Ruano, por su valiosa ayuda y apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera.
- A mis abuelitas** Kledma Elizabeth Gamarro de León (Q.E.P.D.) y Roselia Ibelda Velásquez Calderón, con todo amor y gratitud dedico este triunfo a ustedes quienes han sido mi fuente constante de sabiduría y dedicación.
- A mis mejores amigos** Stivhen Herrera, Guadalupe Santos y Fernando Anzueto, gracias por estar siempre ahí para ofrecerme su ayuda y palabras de aliento, su amistad y compañía ha hecho que este camino sea mucho más llevadero y enriquecedor.
- A mis tíos y tías** Debbie Herrera, Frankie Herrera, Rossina Velásquez y Evelin Cacao con todo cariño dedico este triunfo a ustedes. Cada consejo, cada palabra de aliento y cada esto de cariño me han inspirado y motivado a seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Dr. Dagoberto Bautista por todo el apoyo brindado en la realización de este trabajo de graduación y por sus valiosas sugerencias.

A mis padrinos de graduación: Lic. Debbie Herrera y MSc. Ing. Industrial Frankie Herrera por haberme incentivado a esforzarme más y por todo su apoyo durante mi carrera profesional.

Un especial agradecimiento para la Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Occidente y para la División de Ciencia y Tecnología, por haberme brindado la oportunidad de conocer los aspectos más relevantes de las ciencias ambientales.

Al personal del Laboratorio de Aguas por su colaboración y apoyo en la realización de la parte experimental, en especial a Ing. Luis Bautista y Lic. Cesar Racancoj.

A mis catedráticos de la carrera, que fueron parte esencial en mi formación estos años que convivimos.

Título

**ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA SALUD
PÚBLICA DEL RESIDENCIAL PRADOS DEL ENCINAL, ZONA 12,
QUETZALTENANGO.**

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
3.1. Justificación.....	3
3.2. Hipótesis.....	5
Hipótesis alternativa	5
Hipótesis nula	5
3.3. Objetivos	6
3.3.1. General.....	6
3.3.2. Específicos	6
3.3.2.1. Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del sistema de abastecimiento de agua potable.	6
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Marco conceptual.....	7
2.1.1. El agua	7
2.1.2. Tipos de fuente de agua	7
2.1.3. Agua potable	8
2.1.4. Calidad de agua.....	8
2.1.5. Parámetros de la calidad del agua dentro de las normas nacionales (COGUANOR)	
11	
2.1.6. Contaminación del agua.....	13
CAPÍTULO 3 ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	17
3.1. Definición del método de investigación.....	17

3.2.	Contexto espacial y temporal	17
3.3.	Variables de la investigación.....	19
3.3.1.	Clasificación en independientes y dependientes (definición conceptual, operativa e instrumental).....	19
3.4.	Sujetos	26
3.4.1.	Población y muestra.....	26
3.5.	Fuentes de información	26
3.5.1.	Fuentes de información primaria	26
3.5.2.	Fuentes de información secundarias	26
3.6.	Técnicas e instrumentos utilizados en la recopilación de datos	27
3.6.1.	Toma de muestras	27
3.7.	Pasos del trabajo de campo	29
3.8.	Técnicas de análisis de datos.....	30
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		31
4.1.	Resultados de parámetros físicos y químicos.....	31
4.1.1.	Resultados de Color	31
4.1.2.	Resultados de Olor	32
4.1.3.	Resultados de Sabor	32
4.1.4.	Resultados de Turbidez.....	33
4.1.5.	Resultados de Conductividad Eléctrica	34
4.1.6.	Resultados de Potencial de Hidrógeno (pH).....	35
4.1.7.	Resultados de Sólidos Totales Disueltos	36
4.1.8.	Resultados de Cloro Residual Libre	36
4.1.9.	Resultados de Cloruro.....	37
4.1.10.	Resultados de Dureza Total	38

4.1.11. Resultados de Sulfatos	38
4.1.12. Resultados de Aluminio	39
4.1.13. Resultados de Calcio	40
4.1.14. Resultados de Cinc	40
4.1.15. Resultados de Cobre	41
4.1.16. Resultados de Magnesio	41
4.1.17. Resultados de Manganeso Total	42
4.1.18. Resultados de Hierro	43
4.2. Resultados de parámetros microbiológicos	43
4.2.1. Resultados de Coliformes totales y E. coli	43
4.3. Base de datos de los pozos privados de Quetzaltenango	45
4.4. Propuesta de Programa de monitoreo y evaluación de la calidad del agua potable del Residencial Prados del Encinal, zona 12 de Quetzaltenango	47
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES	51
CAPÍTULO 6 RECOMENDACIONES	53
CAPÍTULO 7 BIBLIOGRAFIA	55
CAPÍTULO 8 ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de la calidad del agua	11
Tabla 2. Características físicas y organolépticas que debe tener el agua para consumo humano	12
Tabla 3. Características químicas que debe tener el agua para consumo humano	12
Tabla 4. Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua	13
Tabla 5. Variables independientes de los parámetros físicos	20
Tabla 6. Variables independientes de los parámetros químicos	21

Tabla 7. Variables independientes de los parámetros microbiológicos	23
Tabla 8. Variables independientes de la base de datos de pozos privados de Quetzaltenango	23
Tabla 9. Variables dependientes de la prueba de la calidad del agua	25
Tabla 10. Resultados del parámetro Color.....	31
Tabla 11 Resultados del parámetro Olor	32
Tabla 12. Resultados del parámetro Sabor	32
Tabla 13. Resultados del parámetro Turbidez	33
Tabla 14. Resultados del parámetro Conductividad Eléctrica	34
Tabla 15. Resultados del parámetro Potencial de Hidrógeno (pH)	35
Tabla 16. Resultados del parámetro Sólidos Totales Disueltos	36
Tabla 17. Resultados del parámetro Cloro Residual Libre	36
Tabla 18. Resultados del parámetro Cloruro	37
Tabla 19. Resultados del parámetro Dureza Total.....	38
Tabla 20. Resultados del parámetro Sulfatos.....	38
Tabla 21. Resultados del parámetro Aluminio	39
Tabla 22. Resultados del parámetro Calcio	40
Tabla 23. Resultados del parámetro Zinc	40
Tabla 24. Resultados del parámetro Cobre	41
Tabla 25. Resultados del parámetro Magnesio	41
Tabla 26. Resultados del parámetro Manganeso Total.....	42
Tabla 27. Resultados del parámetro Hierro	43
Tabla 28. Resultados de Coliformes totales y E. coli	43
Tabla 29. Tabla de atributos de base de datos	45
Tabla 30. Análisis del programa mínimo.....	48
Tabla 31. Ubicación de los puntos de muestreo	49

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Mapa de la ubicación del Residencial Prados del Encinal.....	18
Mapa 2. Mapa de ubicación de los pozos de agua.....	19

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1.1. Antecedentes

El agua es un elemento esencial para todo ser vivo en nuestro planeta, ya que sin este elemento no existiría ninguna forma de vida. El agua es necesaria para la producción de alimentos, electricidad y también es un recurso muy importante en los procesos de elaboración de muchos productos industriales, para medios de transporte y entre los aspectos más importantes está para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de la tierra. Mantener una calidad de agua óptima para el consumo humano es importante para evitar enfermedades gastrointestinales que puedan poner en riesgo la salud de la población.

La falta de agua apta para el consumo humano es causa de graves enfermedades diarreicas, que matan a más de 2 millones de personas cada año en todo el mundo (la mayoría son niños menores de cinco años) (UNESCO, 2008). En Guatemala, según la Secretaría General de Planificación Económica, mueren 42 menores de cinco años por cada 1,000, que es la tasa más alta de Centroamérica. El 48.1% de esas muertes son atribuibles al consumo de agua no potable (ELIAS, 2015).

En Residencial Prados del Encinal que se encuentra en la zona 12 de Quetzaltenango, con una población de aproximadamente 500 personas, se abastece de agua de dos pozos que dirigen el agua a un tanque, en sus edades cronológicas el primero fue construido en el año de 2010 y se localiza en las coordenadas 14°50'10.1"N y 91°32'55.8"W; el segundo pozo fue construido en 2018 y se localiza en las coordenadas d 14°50'08.4"N y 91°32'53.0"W y el tanque de agua se

localiza en las coordenadas 14°50'8.05"N y 91°33'6.35"W, sin embargo, durante este tiempo no se ha realizado ningún análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

En la presente investigación se analizaron los parámetros de calidad del agua que se consume en el Residencial Prados del Encinal; así como también se creó una base de datos de las características de los 2 pozos privados del residencial, para tener un mejor control de la calidad de agua potable que se está brindando al residencial para poder planificar la mejoras de ser necesarias y poder garantizarla calidad de agua del pobladores, es importante tener un registro de los pozos privados en el departamento de Quetzaltenango.

1.2. Planteamiento del problema

En Guatemala, el acceso al agua potable es un derecho imprescindible, ya que este recurso satisface las necesidades básicas del ser humano; sin embargo, para poder consumir este recurso fue necesario realizar el análisis de la calidad del agua y garantizar el cuidado de la salud de los pobladores, ya que la salud de las personas se encuentra constantemente bajo influencia de riesgos y circunstancias que pueden poner en peligro el estado de bienestar general al consumir agua potable que se encuentre contaminada.

Desde hace tiempo se conoce la problemática de las enfermedades transmitidas por el agua contaminada, causados principalmente por microorganismos patógenos. La Norma COGUANOR NTG 29-001 brinda un método y parámetros efectivos para señalar con precisión los posibles microorganismos patógenos que pueden contaminar y alterar la salud de los pobladores del Residencial Prados del Encinal, ya que no se habían realizado estudios de la calidad del agua en el

lugar y no existía una comisión específica que se enfoque a las gestiones para el cuidado, monitoreo y evaluación de la calidad del agua que se consume, hasta ahora.

Con la presente investigación se dio respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas del agua que está en el sistema de abastecimiento de agua potable?
2. ¿Cómo sistematizar la información de los análisis de calidad de agua que se realizan en los pozos privados de Quetzaltenango?
3. ¿Cómo mejorar el monitoreo y evaluación de la calidad de agua potable que abastece al residencial?

3.1. Justificación

La calidad de vida de los seres humanos está dirigida por distintos ejes, uno de ellos es la salud, en donde el agua potable debe de llenar una serie de requisitos para poder ser considerada agua potable y evitar problemas en la salud humana, según la norma COGUANOR NTG 29-001 “Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones”. El agua por ser un elemento vital para el uso doméstico y personal, debe de estar libre de microorganismos, sustancias químicas y peligros que construyan alguna amenaza para la salud humana.

Las enfermedades transmitidas por el agua es un problema de Salud Pública en todo el mundo. Su importancia radica en su magnitud, trascendencia y vulnerabilidad. Por grupo de edad el

comportamiento de las enfermedades transmitidas por el agua afecta en su mayoría a los menores de 5 años. El mayor riesgo de enfermar se presenta en el grupo de edad de 1 a 4 años (42%) seguido de los menores de 1 año (20%) prevaleciendo en el sexo femenino (53%). El agua contaminada o el agua potable no tratada puede ocasionar enfermedades graves, entre estas enfermedades se encuentran: Enfermedad Diarreica, Disentería, Hepatitis A, Fiebre Tifoidea y Rotavirus. (ALDANA, 2017)

Ante la preocupación por las enfermedades transmitidas por agua contaminada que se presentan comúnmente en nuestro país, el COCODE del Residencial Prados del Encinal se mostró preocupado ante la incertidumbre de la calidad del agua que abastece a los hogares del residencial; debido al vacío de información y preocupación que había sobre la calidad del agua en el residencial, se propuso la siguiente investigación.

Es también importante la existencia de una comisión en el Residencial Prados del Encinal, cuyo comportamiento sea seguir las medidas de un programa de monitoreo y evaluación de la calidad del agua para mantener al alcance a las autoridades sanitarias y a la población del Residencial para que puedan saber qué medidas tomar en caso de alguna contaminación en los pozos y el tanque de agua.

3.2.Hipótesis

Hipótesis alternativa

Ha: La calidad del agua en el sistema de abastecimiento de agua potable cumple con los estándares de calidad de la norma COGUANOR NTG 29-001 para asegurar la salud de los pobladores del Residencial Prados del Encinal.

Hipótesis nula

HO: La calidad del agua en el sistema de abastecimiento de agua potable no cumple con los estándares de calidad de la norma COGUANOR NTG 29-001 para asegurar la salud de los pobladores del Residencial Prados del Encinal.

3.3. Objetivos

3.3.1. General

Analizar la calidad del agua para el aseguramiento de la salud pública del Residencial Prados del Encinal de la zona 12 del municipio de Quetzaltenango.

3.3.2. Específicos

3.3.2.1. Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del sistema de abastecimiento de agua potable.

3.3.2.2. Crear una base de datos que permita registrar la calidad del agua de los pozos privados de Quetzaltenango.

3.3.2.3. Proponer un programa de monitoreo y evaluación de la calidad de agua potable que abastece al residencial.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1.Marco conceptual

2.1.1. El agua

El agua es el elemento fundamental para la vida de todo ser vivo. El agua constituye entre el 56 al 66% del peso del cuerpo humano y sirve como elemento líquido primordial que se emplea en diferentes actividades de la vida cotidiana como la agricultura, industria, aseo personal, minería, salud, entre otros (DIGESA, 2007, pág. 31).

“El agua es elemental para la vida. Posee cualidad que la convierten en una sustancia única y muy preciada.” (FUNCAGUA, 2020).

2.1.2. Tipos de fuente de agua

a) Fuentes superficiales

Como afirma Tingo (2015) “las aguas superficiales son las más usadas en las áreas rurales para construir acueductos. Sin embargo, son más vulnerables a contaminarse, por las actividades de la comunidad. Por esto deben ser tratadas antes de usarse para el consumo humano”.

b) Fuentes manantiales

Las fuentes de manantiales son ojos de agua que brotan a la superficie. Esta agua es de mejor calidad que la de las fuentes superficiales, pero también pueden contaminarse en el área donde brotan a la superficie, por eso se deben monitorear periódicamente (TINGO, 2015).

c) Fuentes subterráneas

Las aguas subterráneas se consideran de mejor calidad, por encontrarse en el subsuelo. Estas aguas están protegidas en forma natural por las capas de rocas, grava y arena que funcionan como filtros naturales que atrapan los contaminantes. Sin embargo, están siendo afectadas por minerales (calcio, selenio, hierro) y por sustancias producidas por las actividades humanas y por los depósitos de basura. (TINGO, 2015)

2.1.3. Agua potable

Se denomina agua potable al agua que se puede “beber” por seres humanos y animales sin riesgo a contraer alguna enfermedad. El término agua potable incluye que el agua ha sido tratada para su consumo humano, según las normas de calidad que las autoridades han establecido.

Existen varios requerimientos básicos para que el agua sea potable, entre ellos:

- Estar libre de organismos patógenos causantes de enfermedades.
- No contener compuestos que tengan un efecto adverso o crónico sobre la salud humana.
- Ser aceptablemente clara (baja turbidez, poco color, etc.).
- No salina.
- Que no contenga compuestos que causen sabor y olor desagradables.
- Que no cause corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento de agua, y que no manche la ropa lavada con ella (TINGO, 2015).

2.1.4. Calidad de agua

Según la Organización Mundial de la Salud (2011) el agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora

del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible.

De acuerdo con Pablo Saravia (2016), son tres los objetivos fundamentales de la calidad del agua:

- Determinar la calidad del agua en su estado natural: con el propósito de conocer su uso o aprovechamiento para un fin determinado. Así como protegerla y conservarla.
- Determinar el impacto de las actividades humanas sobre el cuerpo de agua.
- Mantener bajo observación las fuentes y medios de contaminación que pueden ser potencialmente peligrosos a los cuerpos de agua. (SARAVIA, 2016)

De acuerdo con Saravia (2016) el agua de consumo humano es aquella que no ocasiona ningún daño o riesgo significativo para la salud cuando se consume durante todo el periodo de vida de un ser humano. El agua posee unas características que hacen que sea diferente a la fuente de donde provenga y al proceso que pase el agua, estas características se pueden medir y clasificar de acuerdo a características físicas, químicas y biológicas. Estas características determinan que la calidad del agua sea apropiada para un uso determinado.

Un indicador de calidad de agua es un “parámetro o valor derivado de parámetros que sugiere, proporciona información de o describe el estado de calidad de las aguas que se estén estudiando” (LONE, 2016)

- **Parámetros físicos:** Los parámetros físicos son las características del agua que se perciben por los sentidos y no involucran reacciones químicas o biológicas. Los parámetros físicos utilizados para esta investigación son: (EDDY M. Y., 2003)
- Temperatura
 - Sólidos suspendidos totales
 - Sólidos disueltos totales
 - Turbiedad
 - Conductividad eléctrica.
- **Parámetros químicos:** El agua como solvente natural tiene sustancias químicas disueltas que le proveen ciertas características. Las sustancias disueltas participan en una serie de reacciones químicas que le dan propiedades químicas y biológicas particulares al agua. Para efectos de este estudio se determinarán las siguientes características químicas. (EDDY M. Y., 2003)
- Oxígeno disuelto
 - Nitratos
 - Potencial de hidrógeno (pH)
 - Fosfatos
- **Parámetros biológicos:** El agua contaminada con materia orgánica e inorgánica desarrolló actividad biológica. Los microorganismos degradan la materia orgánica en materia celular y componentes más simples. Para efectos del estudio se realizarán los siguientes análisis biológicos. (EDDY M. Y., 2003)

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Coliformes fecales

En la tabla No. 1 se aprecian los principales parámetros resumidos para la calidad del agua.

Tabla 1. Indicadores de la calidad del agua

Parámetros	Descripción
Parámetros físicos	Temperatura, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, turbiedad, conductividad eléctrica.
Parámetros químicos	Oxígeno disuelto, pH, nitratos, fosfatos.
Parámetros biológicos	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) coliformes.

Fuente: Elaboración propia con datos de Atencio (2018)

2.1.5. Parámetros de la calidad del agua dentro de las normas nacionales (COGUANOR)

Las normas COGUANOR del agua para consumo humano (COGUANOR NTG 29-001), tienen varios parámetros recomendados en el que el recurso hídrico tiene que cumplir para que este sea apto para el consumo humano.

Las características físicas y organolépticas de las Normas COGUANOR se representan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Características físicas y organolépticas que debe tener el agua para consumo humano

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

Fuente: COGUANOR (2015)

Las características químicas de las Normas COGUANOR se representan en la siguiente tabla.

Tabla 3. Características químicas que debe tener el agua para consumo humano

Características	LMA (mg/L)	LMP (mg/L)
Cloro residual libre ^(a)	0,5	1,0
Cloruro (Cl ⁻)	100,0	250,0
Dureza Total (CaCO ₃)	100,0	500,0
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	100,0	250,0
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Calcio (Ca)	75,0	150,0
Cinc (Zn) Cobre	3,0	70,0
(Cu) Magnesio	0,050	1,500
(Mg)	50,0	100,0
Manganeso total (Mn)	0,1	0,4
Hierro total (Fe) ^(b)	0,3	-----
a) El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social será el ente encargado de indicar los límites mínimos y máximos de cloro residual libre según sea necesario o en caso de emergencia. b) No se incluye el LMP porque la OMS establece que no es un riesgo para la salud del consumidor a las concentraciones normales en el agua para consumo humano, sin embargo, el gusto y apariencia del agua pueden verse afectados a concentraciones superiores al LMA.		

Fuente: COGUANOR (2015)

Las características microbiológicas que se establecen en las Normas COGUANOR se representan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Valores guía para verificación de la calidad microbiológica del agua

Microorganismos	Límite Máximo Permissible
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 (2015)

2.1.6. Contaminación del agua

La contaminación hídrica es la presencia de componentes químicos o de otra naturaleza en una densidad superior a la situación natural, de modo que no reúna las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural. Esta alteración en la calidad del agua, que se traduce en la existencia de sustancias como los microbios, los metales pesados o los sedimentos, hace que su consumo tenga efectos dañinos sobre la salud y el medio ambiente (Zarza, 2020).

2.1.6.1. Causas de la contaminación del agua

Las principales causas de la contaminación hídrica o del agua tienen su origen en:

Origen doméstico: Las aguas domésticas son las que provienen de núcleos urbanos y contienen sustancias procedentes de la actividad humana (alimentos, deyecciones, basuras, productos de limpieza, jabones, etc.) (Zarza, 2020).

Origen agrícola - ganadero: Según Zarza (2020), este origen son el resultado del riego y de otras labores como las actividades de limpieza ganadera, que pueden aportar al agua grandes cantidades de estiércol y orines, es decir, mucha materia orgánica, nutrientes y microorganismos.

La deforestación: Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2020) sugiere que esta es otra de las principales causas de la contaminación en el agua. Uno de los efectos más nocivos de la tala de árboles es aparición de sedimentos que tienen como fin el agua de los océanos y ríos provocando que su calidad sea perjudicial para el planeta.

Aguas fecales: La Organización de Naciones Unidas alerta de que más del 80% de las aguas residuales llegan a mares y océanos están sin depurar (ODS, 2022).

Origen industrial: Proceden de restos de agua utilizada como medio de transporte de sustancias y calor en lavado y enjuague, en las transformaciones químicas, como disolvente y subproducto de procesos físicos de filtración o destilación, entre otros (Zarza, 2020).

Origen pluvial: Al llover, el agua arrastra toda la suciedad que encuentra a su paso, y que puede darse en cualquiera de los tres casos anteriores. En las ciudades esta agua arrastra aceites, materia orgánica y diferentes contaminantes de la atmósfera, en el campo arrastran pesticidas, abonos, etc., y en zonas industriales arrastra las sustancias que se han caído sobre el terreno (Zarza, 2020).

Origen fluvial: En rutas de navegación, los vertidos de petróleo, accidentales o no, provocan importantes daños ecológicos. Los derrames de combustible también suponen una de las causas más comunes de contaminación en el agua. Además, el transporte y almacenamiento de petróleo puede provocar filtraciones que acaban en el mar (ODS, 2022).

Entre los principales contaminantes del agua están los sedimentos y materiales suspendidos, microorganismos patógenos, desechos orgánicos, sustancias químicas inorgánicas, nutrientes vegetales inorgánicos, sustancias radiactivas, contaminación térmica (ZARZA, 2023).

Las consecuencias del agua contaminada afectan en la salud de las personas, entre las enfermedades más comunes causadas por aguas contaminadas están las siguientes:

- **Hepatitis A:** La hepatitis A es una infección viral transmitida por la ruta fecal-oral. La transmisión del virus de la hepatitis A puede darse a través de la contaminación de los alimentos preparados por personas infectadas que no lavan las manos después de defecar o por contacto de las heces contaminadas con aguas en lugares donde no hay saneamiento básico. La hepatitis A se presenta, habitualmente, como un cuadro de diarrea, asociada a la pérdida de apetito, náuseas, vómitos, debilidad, dolor muscular, dolor de cabeza y fiebre. Después de una semana surge la ictericia, síntoma clásico de hepatitis A aguda, que se caracteriza por piel y ojos amarillos. (Moreno, 2020)
- **Cólera:** Según Pinheiro (2022), el cólera es una infección causada por la bacteria *Vibrio cholerae* y se caracteriza por un cuadro severo de diarrea acuosa, que rápidamente puede llevar a deshidratación grave. El cólera también se transmite por vía fecal-oral y puede ser adquirido a través de alimentos o agua contaminados. El *Vibrio cholerae*, después de ser ingerido, se instala en el intestino y pasa a producir una toxina que ataca a las células intestinales, provocando diarrea severa.
- **Diarrea infecciosa:** El consumo de agua estancada infectada por bacterias y virus cuenta con muchos riesgos tal y como hemos visto. De hecho, es la causa más común de diarrea infecciosa, sobre todo en la población infantil. Es común que esta enfermedad también

vaya acompañada de otros síntomas muy molestos como vómitos y espasmos abdominales.
(PINHEIRO, 2022)

- **Fiebre tifoidea:** De acuerdo con Moreno (2020), la fiebre tifoidea es una de las enfermedades que se transmiten por agua contaminada. Los síntomas de la fiebre tifoidea afectan mucho a la calidad de vida del individuo y su rutina habitual. Empieza con cuadros severos de estreñimiento que más tarde se convierten en una diarrea intensa. También se evidencian otros síntomas como dolor de cabeza, dolor de garganta, fiebres altas y dolores musculares.

CAPÍTULO 3

ESTRATEGIA METODOLÓGICA

3.1. Definición del método de investigación.

La presente investigación se implementó el método cuantitativo no experimental, este método nos permitió comprobar la hipótesis planteada por medio de análisis numérico y estadístico de la variable, mediante la recolección de la información obtenida del muestreo y resultados para establecer la calidad de agua. Se analizaron variables independientes donde se incluyeron indicadores que nos permiten validar que sea agua apta de consumo humano utilizando los parámetros de la norma COGUANOR NTG 29-001, la importancia de garantizar la calidad de agua de los residentes, la creación de una base de datos de pozos privados en Quetzaltenango permite mejorar el control de calidad de agua de las fuentes de abastecimiento en la ciudad.

3.2. Contexto espacial y temporal

La investigación se llevó a cabo en el Residencial Prados del Encinal, ubicado en la zona 12 en el municipio de Quetzaltenango, departamento de Quetzaltenango. El residencial se encuentra a 4.2 kilómetros del parque Central de Quetzaltenango, y Quetzaltenango se encuentra a 207 kilómetros de la ciudad capital. Quetzaltenango se encuentra a 2,330 metros sobre el nivel del mar.

Mapa 1. Mapa de la ubicación del Residencial Prados del Encinal



Fuente: Elaboración propia con apoyo de Google Earth

Como se aprecia en el mapa anterior el Residencial Prados del Encinal se localiza en las coordenadas latitud $14^{\circ}50'06.5''$ y longitud $91^{\circ}32'57.8''$. Las muestras para analizar la calidad del agua del residencial se tomaron en cuatro puntos diferentes, las cuales representan los dos pozos, el tanque que abastecen al residencial y una vivienda, las coordenadas del primer pozo son latitud $14^{\circ}50'10.1''$ y longitud $91^{\circ}32'55.8''$. Las coordenadas del segundo pozo son latitud $14^{\circ}50'08.4''$ y longitud $91^{\circ}32'53.0''$. Las coordenadas del tanque son latitud $14^{\circ}50'08.08''$ y longitud $91^{\circ}33'6.39''$. Y las coordenadas de la vivienda son latitud $14^{\circ}50'3.25''$ y longitud $91^{\circ}32'56.14''$.

Mapa 2. Mapa de ubicación de los pozos de agua



Fuente: Elaboración propia con apoyo de Google Earth

3.3. Variables de la investigación

3.3.1. Clasificación en independientes y dependientes (definición conceptual, operativa e instrumental)

Los parámetros que se utilizan para determinar la calidad del agua tienen límites aceptables y permisibles que clasifican este recurso como apto o no apto para el consumo humano. Este límite de los parámetros se establece en las normas COGUANOR y son impuestos bajo valores mínimos y máximos que debe cumplir el agua para que sea apta para el consumo humano. Esta norma comprende los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los cuales se presentan en las siguientes tablas.

- Variables independientes

Tabla 5. Variables independientes de los parámetros físicos

Variable	Definición conceptual	Operativa	Instrumental
Potencial de hidrogeno (pH)	Nos indica el comportamiento ácido o básico del agua. Es una propiedad de carácter químico de vital importancia.	Unidades de color en la escala de platino-cobalto LMA: 5.0 u LMP: 35.0 u. COGUANOR (2015)	Muestras tomadas en campo bajo la norma COGUANOR NTG 29-006 "Agua para consumo humano (agua potable).
Conductividad	La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua.	La turbiedad se mide en NTU Nefelométricas de Turbidez (Unidades LMA: 5.0 UNT LMP: 15.0 COGUANOR (2015)	Recolección, Preservación transporte y almacenamiento de muestras. Generalidades." Y trasportadas al laboratorio ambiental Lic. Alberto García de la división de ciencia y tecnología o laboratorio externo.
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.	El dato será tomado según el criterio de medición de pH (0-14) LMA: 7.0-7.5 LMP: 6.5-8.5 COGUANOR (2015)	
Turbiedad	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 particulados.	El dato será tomado en $\mu\text{S}/\text{cm}$. y el LMA es $750 \mu\text{S}/\text{cm}$ y el LMP $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ COGUANOR (2015)	

Fuente: Elaboración propia con datos COGUANOR (2015)

Tabla 6. Variables independientes de los parámetros químicos

Variable	Definición conceptual	Operativa	Instrumental
Cloro residual libre	Es el remanente del cloro en el agua después de que parte del añadido reaccione en el proceso de desinfección de ésta. (TECNO, 2019)	El LMA es de 0.5 mg/l y el LMP es de 1.0 mg/l. COGUANOR (2015)	Muestras tomadas en campo bajo la norma COGUANOR NTG 29-006
Cloruro (Cl ⁻)	Los cloruros son sales que resultan de la combinación del gas cloro (ion negativo) con un metal (ion positivo). El cloro (Cl ₂) es altamente tóxico y es usualmente utilizado como desinfectante. SERGIO CASILLA (2014)	El LMA es de 100 mg/l y el LMP es de 250 mg/l. COGUANOR (2015)	“Agua para consumo humano (agua potable). Recolección, Preservación transporte y almacenamiento de muestras. Generalidades.” Y trasportadas al laboratorio ambiental Lic. Alberto García de la división de ciencia y tecnología o laboratorio externo.
Dureza total (CaCO ₃)	Se entiende por dureza total la suma de las durezas individuales debidas a los iones de calcio, magnesio, estroncio y bario en forma de carbonato o bicarbonato. (SEVILLA, 2020)	El LMA es de 100 mg/l y el LMP es de 500 mg/l. COGUANOR (2015)	
Sulfatos (SO ₄ ⁻)	Los sulfatos se producen de forma natural en las aguas subterráneas y están a menudo presentes en los suministros de agua potable para uso doméstico. Los niveles normales de sulfatos y sulfuro de hidrógeno no tienen efecto sobre las personas que ingieren estas sustancias. SERGIO CASILLA (2014)	El LMA es de 100 mg/l y el LMP es de 250 mg/l. COGUANOR (2015)	
Aluminio (Al)	El Aluminio es un elemento de color plateado, muy ligero y de fácil manejo, además de ser muy resistente a la corrosión, bajo grado de toxicidad y es un buen conductor termal. (SEVILLA, 2020)	El LMA es de 0.050 mg/l y el LMP es de 0.100 mg/l. COGUANOR (2015)	
Calcio (Ca)	Elemento químico, Ca, de número atómico 20; es el quinto elemento y el tercer metal más abundante en la corteza terrestre. Los compuestos de calcio constituyen 3.64% de la corteza terrestre. SERGIO CASILLA (2014)	El LMA es de 75 mg/l y el LMP es de 150 mg/l. COGUANOR (2015)	

Cinc (Zn)	Las sales de cinc causan turbidez cuando están presentes en grandes cantidades en el agua. Adicionalmente, el cinc añade al agua un sabor desagradable.	El LMA es de 3 mg/l y el LMP es de 70 mg/l. COGUANOR (2015)
Cobre (Cu)	Las altas concentraciones de cobre pueden darle al agua un sabor metálico. Además, manchas de color azul verdoso en los artefactos de plomería y otras superficies que entran en contacto con el agua pueden indicar que existe corrosión o de que el cobre está siendo liberado dentro del agua.	El LMA es de 0.050 mg/l y el LMP es de 1.50 mg/l. COGUANOR (2015)
Magnesio (Mg)	Un gran número de minerales contienen magnesio, por ejemplo la dolomita (carbonato de calcio y magnesio, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) y la magnesita (carbonato de magnesio MgCO_3). El magnesio se desprende de las rocas y va a parar al agua. SERGIO CASILLA (2014)	El LMA es de 50 mg/l y el LMP es de 100 mg/l. COGUANOR (2015)
Manganeso total (Mn)	El Manganeso es un elemento químico metálico quebradizo de color blanco grisáceo, parecido al fierro, pero más rígido. su número atómico es el 25.	El LMA es de 0.1 mg/l y el LMP es de 0.4 mg/l. COGUANOR (2015)
Hierro total (Fe)	El hierro está presente en la naturaleza en forma de sus óxidos, o en combinación con silicio o azufre. El contenido de hierro soluble de las aguas superficiales rara vez excede 1 mg / L, mientras que las aguas subterráneas a menudo contienen concentraciones más altas. (MICROCLAR, 2020)	El LMA es de 0.3. COGUANOR (2015)

Fuente: Elaboración propia con datos COGUANOR (2015)

Tabla 7. Variables independientes de los parámetros microbiológicos

Variable	Definición conceptual	Operativa	Instrumental
Coliformes totales	Bacterias gram negativas, no esporoformadoras, oxidasa negativa, con capacidad de crecimiento aeróbico y facultativamente anaeróbico en presencia de sales biliares, que a temperatura especificada de 35°C +/- 2°C causan fermentación de lactosa con producción de gas. Poseen la enzima B-galactosidasa. MARIA NAVARRO (2007)	No deben de ser detectables en 100 ml de agua. COGUANOR (2015)	Muestras tomadas en campo bajo la norma COGUANOR NTG 29-006 "Agua para consumo humano (agua potable). Recolección, Preservación transporte y almacenamiento de muestras. Generalidades." Y trasportadas al laboratorio ambiental Lic. Alberto García de la división de ciencia y tecnología o laboratorio externo.
Escherichia coli	Bacilo gram negativo, capaz de desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes (tensoactivos) que tengan propiedades similares e inhibitorias del crecimiento y que son capaces de fermentar la lactosa a temperaturas de 35°C +/- 2°C, con producción de ácido, gas y aldehído en un lapso de 18 a 48 horas. MARIA NAVARRO (2007)	No deben de ser detectables en 100 ml de agua. COGUANOR (2015)	

Fuente: Elaboración propia con datos COGUANOR (2015)

Tabla 8. Variables independientes de la base de datos de pozos privados de Quetzaltenango

Variable	Definición conceptual	Operativa	Instrumental
Numero de pozo	Se define como el número de pozo que se identifique en la base de datos.	Tendrán un orden numérico conforme el DICYT vaya agregando pozos a la base de datos.	Se le asignó a cada pozo un número correlativos.
Dirección	Es la localización de algún lugar.	Pueden ser en zonas de la ciudad o condominios.	Se utilizó una libreta para anotar la dirección.
Coordenadas	Par de magnitudes (latitud y longitud) que sirven para determinar la posición de un punto en la superficie de la Tierra.	Se geolocalizarán por medio de un GPS para aumentar su precisión.	Se utilizó un dispositivo GPS.
Profundidad del pozo	Se define como distancia desde la superficie hasta el punto más bajo del pozo.	Autoridad responsable de la construcción del pozo.	Se utilizó los datos de la prueba de bombeo para conocer la información.
Prueba de bombeo	Es una prueba para estimular el acuífero por medio de bombeo	Cuenta o no cuenta con prueba de bombeo	Se preguntó si el pozo cuenta con prueba de bombeo.
Caudal	Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye en un manantial o fuente.	Cada pozo tiene una capacidad específica, que consiste en los m ³ /h por cada metro de descenso del nivel de agua bombeada	Se utilizó los datos de la prueba de bombeo si el pozo cuenta con un estudio.
Sello de concreto	Es un tubo de concreto pre fabricado o fabricado en el momento de la construcción del pozo y que se localiza en la parte de la boca del pozo.	Se observará y preguntará si cuenta o no cuenta con el sello de concreto.	Se preguntó si el pozo cuenta con prueba de bombeo para obtener la información.
Tubería de agua	Es un conducto que cumple la función de transportar agua, ya sea en sistemas de abastecimiento de agua o saneamiento.	Se observará y preguntará si cuenta o no cuenta con el sello de concreto.	Se preguntó si el pozo cuenta con prueba de bombeo para obtener la información.
Bomba de agua	Es una máquina que transforma energía y la aplica para mover el agua.	Se observará y preguntará si cuenta o no cuenta con el sello de concreto.	Se preguntó si el pozo cuenta con prueba de bombeo para obtener la información.
Revestimiento del pozo	Capa de algún tipo de material con la que se cubre una superficie.	Se observará y preguntará si cuenta o no cuenta con el sello de concreto.	Se preguntó si el pozo cuenta con prueba de bombeo para obtener la

			información.
Diámetro del pozo	Línea recta que une dos puntos de una circunferencia pasando por el centro.	Autoridad responsable de la construcción del pozo.	Se utilizó un metro o información de la prueba de bombeo.

Fuente: Elaboración propia

- **Variables dependientes**

Tabla 9. Variables dependientes de la prueba de la calidad del agua

Variable	Definición conceptual	Operativa	Instrumental
Calidad del agua	El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un abastecimiento satisfactorio (suficiente, seguro y accesible). La mejora del acceso al agua de consumo humano puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. (OMS, Guías para la calidad del, 2011)	Los resultados serán interpretados de acuerdo a los parámetros que establece la norma COGUANOR NTG 29-001.	Análisis de laboratorio. Equipo multiparámetro y espectrofotómetro.

Fuente: Elaboración propia

3.4. Sujetos

3.4.1. Población y muestra

3.4.1.1. Población

La población en el Residencial Prados del Encinal cuenta con aproximadamente 17 manzanas y un aproximado de 500 personas residentes que intervienen en la actividad de dotación de agua potable para consumo propio.

3.4.1.2. Muestra

La muestra para determinar la calidad de agua potable es representada por 4 puntos de toma de muestra, un punto es el pozo ubicado en la 2da. Calle, en la entrada del área de recreación (Pozo antiguo), el segundo punto es el pozo ubicado en el área verde (Pozo nuevo), atrás de las casas ubicadas en la 1ra. avenida del residencial, el tercer punto es el tanque de agua ubicado en la 6ta. avenida del residencial y el cuarto punto es una vivienda al final de la red de distribución del sistema de agua potable ubicada en 3ra. avenida.

3.5. Fuentes de información

3.5.1. Fuentes de información primaria

La información primaria se obtuvo mediante el análisis en el laboratorio de las muestras recolectadas anteriormente planteadas, se realizaron consultas a profesionales en el tema correspondiente sobre el proceso de la toma de las muestras y sobre la interpretación de los resultados.

3.5.2. Fuentes de información secundarias

Se consultaron fuentes de información relacionadas al tema de investigación, entre estas fuentes están:

- Norma COGUANOR NTG 29-001. Agua para consumo humano (agua potable).
- Trabajos de investigación relacionados al análisis de la calidad del agua potable.
- Norma COGUANOR NTG 29-006. Agua para consumo humano (agua potable).
Recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras.
- Documentos de información del COCODE del residencial.

3.6. Técnicas e instrumentos utilizados en la recopilación de datos

3.6.1. Toma de muestras

a) Muestras para análisis microbiológico

Para la toma de muestras de agua para el análisis microbiológico se utilizaron frascos herméticos esterilizados de 100 mililitros, un frasco por muestra.

- Se realizó la descontaminación en el grifo, primero se roció alcohol para después limpiarlo con gaza esterilizada. Luego se procedió a rociar alcohol de nuevo y flamearlo con un encendedor.
- Se abrió el grifo y se dejó correr el agua de 3 a 5 minutos.
- Se tomaron las muestras en los dos pozos y en el tanque de agua (Se abrió rápidamente el frasco esterilizado e inmediatamente se cerró para evitar contaminación ambiental en la muestra).
- Se etiquetó e identificó cada frasco con los siguientes datos: título de la muestra, nombre del técnico, hora, fecha, coordenadas, nombre del punto de muestra, ubicación del punto de muestra.

b) Muestras para análisis físico y químico

Para la toma de muestras de agua para el análisis físico y químico en los 4 puntos de muestra, se utilizó 1frasco de 1000 mililitros por cada muestra.

- Una vez ya descontaminado el grifo y purgado, se procede a tomar la muestra.
- Se enjuagó 3 veces consecutivas el frasco previo a la toma de la muestra.
- Se tomaron las muestras en los dos pozos y en el tanque de agua.
- Se etiquetó e identificó cada frasco con los siguientes datos: título de la muestra, nombre del técnico, hora, fecha, coordenadas, nombre del punto de muestra, ubicación del punto de muestra.

Todas las muestras se transportaron en cadena de frio para un resultado preciso del análisis de la calidad del agua.

c) Muestras para análisis microbiológico

Para la toma de muestras de agua para el análisis microbiológico se utilizaron frascos herméticos esterilizados de 100 mililitros, un frasco por muestra.

- Una vez ya descontaminado el grifo y purgado, se procede a tomar la muestra.
- Se tomaron las muestras en los dos pozos y en el tanque de agua (Se abrió rápidamente el frasco esterilizado e inmediatamente se cerró para evitar contaminación ambiental en la muestra).

- Se etiquetó e identificó cada frasco con los siguientes datos: título de la muestra, nombre del técnico, hora, fecha, coordenadas, nombre del punto de muestra, ubicación del punto de muestra.

Todas las muestras se transportaron en cadena de frío para un resultado preciso del análisis de la calidad del agua.

3.7. Pasos del trabajo de campo

Para el trabajo de campo se realizaron 4 visitas fundamentales, la primera para recolectar información importante sobre los pozos y tanque de agua, la segunda se realizó para tomar las muestras de agua para el análisis físico, químico y microbiológico, la tercera fue para recolectar información pendiente sobre la base de datos y la propuesta del programa de monitoreo y evaluación de la calidad del agua en el residencial. Y la cuarta visita fue para tomar la muestra en una vivienda al final de la red distribución del agua para poder conocer la calidad del agua que los pobladores consumen en el residencial.

Las muestras fueron enviadas a un laboratorio para el análisis físico, químico y microbiológico donde se pudieron comprobar las hipótesis planteadas.

En base a los resultados del análisis de la calidad de agua, se formuló una propuesta al COCODE para un programa de monitoreo y evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable en el Residencial Prados del Encinal, para mantener un mejor control del agua que consume la población del lugar.

3.8. Técnicas de análisis de datos

Para el análisis de las muestras de agua, se hizo una comparación de los resultados que se obtuvieron del análisis de agua y de los límites tanto el Límite Máximo Aceptable y el Límite Máximo Permisible que nos indica la Norma COGUANOR NTG 29-001. Así, entonces se hizo la comparación tanto de los límites aceptables y de los límites permisibles que dicta la norma para poder concluir con un resultado de acuerdo a los límites que resultaron del análisis en el laboratorio.

Para la base de datos de los pozos privados de Quetzaltenango, se tomó en cuenta las principales características estructurales y ambientales de los pozos que se evaluaron en las visitas de campo. La base de datos se compartirá al Departamento de Investigación de Ciencia y Tecnología para que promuevan la iniciativa de evaluar todos los pozos de la ciudad de Quetzaltenango mediante otros trabajos de investigación; de esa manera se llevará un mejor control del agua que consume la población de la ciudad.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de parámetros físicos y químicos

Del análisis físico de los cuatro puntos de muestreo, se analizaron los parámetros siguientes: sabor, color, olor, turbidez, conductividad eléctrica, potencial de hidrogeno (pH), oxígeno disuelto, presión, temperatura y material flotante. Para el análisis químico se analizaron los siguientes parámetros: Cloro Residual Libre, Cloruros (Cl⁻), Dureza de Calcio, Dureza de Magnesio, Dureza Total (CaCO₃), Sulfatos (SO₄⁻⁻), Aluminio, Calcio, Cinc, Cobre, Magnesio, Manganeseo Total, Hierro Total.

Los resultados de los análisis físicos son los siguientes:

4.1.1. Resultados de Color

Tabla 10. Resultados del parámetro Color

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Color	1 u	5,0 u	35,0 u ^(a)
Pozo 2		12 u		
Tanque Elevado		12 u		
Vivienda		1 u		
<i>a) Unidades de color en la escala de platino-cobalto</i>				

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 10, el Color en el punto de muestreo del Pozo 1 y Vivienda están dentro del Límite Máximo Aceptable, mientras que el punto de muestreo Pozo 2 y Tanque Elevado

están por encima del Límite Máximo Aceptable, pero no es indicador de contaminación ya que está por debajo del Límite Máximo Permisible.

4.1.2. Resultados de Olor

Tabla 11 Resultados del parámetro Olor

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Olor	No Rechazable	No Rechazable	No Rechazable
Pozo 2		No Rechazable		
Tanque Elevado		No Rechazable		
Vivienda		No Rechazable		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 11, el Olor del agua en los cuatro puntos de muestreo resulta como No Rechazable, lo que indica que no tiene ningún olor característico de contaminación.

4.1.3. Resultados de Sabor

Tabla 12. Resultados del parámetro Sabor

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Sabor	No Rechazable	No Rechazable	No Rechazable
Pozo 2		No Rechazable		
Tanque Elevado		No Rechazable		
Vivienda		No Rechazable		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 12, el Sabor del agua en los cuatro puntos de muestreo resulta como No Rechazable, lo que indica que no tiene ningún sabor característico que indique que hay indicios de contaminación.

4.1.4. Resultados de Turbidez

Tabla 13. Resultados del parámetro Turbidez

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Turbidez	0.21 UNT	5,0 UNT	15,0 UNT ^(b)
Pozo 2		0.31UNT		
Tanque Elevado		0.27 UNT		
Vivienda		0.66 UNT		
<i>b) Unidades nefelométricas de turbiedad</i>				

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 13, la Turbidez del agua en los cuatro puntos de muestreo tiene como resultado las unidades nefelométricas de turbiedad por debajo del Límite Máximo Aceptable, lo que indica que cumple con lo establecido en la norma.

4.1.5. Resultados de Conductividad Eléctrica

Tabla 14. Resultados del parámetro Conductividad Eléctrica

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Conductividad Eléctrica	201 uS/cm	750 uS/cm	1500 uS/cm ^(c)
Pozo 2		136 uS/cm		
Tanque Elevado		192uS/cm		
Vivienda		211 uS/cm		
<i>c) microSiemens por cm</i>				

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 14, la Conductividad del agua en los cuatro puntos de muestreo tiene como resultado las unidades de microSiemens/cm por debajo del Límite Máximo Aceptable, lo que indica que cumple con lo establecido en la norma.

4.1.6. Resultados de Potencial de Hidrógeno (pH)

Tabla 15. Resultados del parámetro Potencial de Hidrógeno (pH)

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Potencial de Hidrógeno	7,86	7,0-7,5	6,5-8,5
Pozo 2		8,6		
Tanque Elevado		7,61		
Vivienda		7.39		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 15, en la Vivienda hay un Potencial de Hidrogeno adecuado según la norma. En el Pozo 1 y Tanque elevado está por encima del Límite Máximo Aceptable, pero no por encima del Límite Máximo Permisible, lo que indica que cumple con lo establecido en la norma. Mientras que el Pozo 2 excede el Límite Máximo Permisible por 0,1, por lo tanto, el Pozo 2 no cumple con la norma. Si bien un pH de 8,6 no se considera peligro para la salud, es recomendable monitorear regularmente la calidad del agua y realizar ajustes según sea necesario.

4.1.7. Resultados de Sólidos Totales Disueltos

Tabla 16. Resultados del parámetro Sólidos Totales Disueltos

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Sólidos Totales Disueltos	Ausente	500,0 mg/L	1,000 mg/L
Pozo 2		Ausente		
Tanque Elevado		Ausente		
Vivienda		Ausente		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 16, los Sólidos Totales Disueltos del agua en los cuatro puntos de muestreo resultaron como Ausente, lo que indica que no tiene sólidos disueltos, por lo tanto, este parámetro cumple con lo establecido en la norma.

Los resultados de los análisis químicos son los siguientes:

4.1.8. Resultados de Cloro Residual Libre

Tabla 17. Resultados del parámetro Cloro Residual Libre

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Cloro Residual Libre	0 mg/L	0,5 mg/L	1,0 mg/L
Pozo 2		0.02 mg/L		
Tanque Elevado		0 mg/L		
Vivienda		0 mg/L		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 17, el Cloro Residual Libre no se encuentra presente en el pozo 1, tanque elevado y vivienda. El pozo 2 presenta valores aceptables dentro de los rangos de la norma, tomando en cuenta que ningún punto de muestreo recibe tratamiento de cloración, esto nos indica que el cloro residual libre que está presente probablemente proviene del subsuelo de donde se extrae el agua del pozo 2.

4.1.9. Resultados de Cloruro

Tabla 18. Resultados del parámetro Cloruro

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Cloruro	2.5 mg/L	100 mg/L	250 mg/L
Pozo 2		3.6 mg/L		
Tanque Elevado		1 mg/L		
Vivienda		0.7 mg/L		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 18, el Cloruro se encuentra dentro del rangos que dicta la norma.

4.1.10. Resultados de Dureza Total

Tabla 19. Resultados del parámetro Dureza Total

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Dureza Total	0 mg/L	100 mg/L	500 mg/L
Pozo 2		0 mg/L		
Tanque Elevado		0 mg/L		
Vivienda		0 mg/L		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 19, no se registró dureza total en el agua, aunque exista la presencia de calcio y magnesio en los análisis de las muestras, no hubo rastro de dureza total en ninguno de los puntos de muestreo, por lo tanto, cumple con los parámetros de la norma.

4.1.11. Resultados de Sulfatos

Tabla 20. Resultados del parámetro Sulfatos

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Sulfatos	15 mg/L	100 mg/L	250 mg/L
Pozo 2		15 mg/L		
Tanque Elevado		15 mg/L		
Vivienda		15 mg/L		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 20, los Sulfatos en los análisis para los cuatro puntos de muestreo resultaron por debajo del Límite Máximo Aceptable y no representa ningún problema para la población.

4.1.12. Resultados de Aluminio

Tabla 21. Resultados del parámetro Aluminio

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Aluminio	0.19 mg/L	0,050 mg/L	0,100 mg/L
Pozo 2		0.01 mg/L		
Tanque Elevado		0.12 mg/L		
Vivienda		0.08 mg/L		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 21, el Pozo 2 se encuentra dentro de los rangos de la norma, mientras que la Vivienda está por encima del Límite Máximo Aceptable pero dentro del rango del Límite Máximo Permisible. En el Pozo 1 y Tanque elevado se encuentra fuera del rango que dicta la norma, la fuente principal o lo que posiblemente conduzca a este resultado en los puntos de muestreo de Pozo 1 y Tanque Elevado, es que puede deberse a que el Pozo 1 que es muy antiguo y los tubos que distribuyen el agua en este pozo están hechos de materiales que contienen aluminio y pueden desprenderse partículas de este metal en el agua, esto se debe a la corrosión o desgaste gradual de los materiales del tubo.

4.1.13. Resultados de Calcio

Tabla 22. Resultados del parámetro Calcio

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Calcio	40 mg/L	75 mg/L	150 mg/L
Pozo 2		20 mg/L		
Tanque Elevado		0 mg/L		
Vivienda		10 mg/L		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 22, el Calcio en los análisis para los cuatro puntos de muestreo resultó por debajo del Límite Máximo Aceptable y no representa ningún problema para la población.

4.1.14. Resultados de Zinc

Tabla 23. Resultados del parámetro Zinc

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Zinc	0 mg/L	3 mg/L	70 mg/L
Pozo 2		0.01 mg/L		
Tanque Elevado		0 mg/L		
Vivienda		0 mg/L		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 23, este parámetro resulto dentro de los rangos normales.

4.1.15. Resultados de Cobre

Tabla 24. Resultados del parámetro Cobre

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Cobre	0.73 mg/L	0,050 mg/L	1,500 mg/L
Pozo 2		1.13 mg/L		
Tanque Elevado		0.4 mg/L		
Vivienda		0.12 mg/L		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 24, el Cobre en los análisis para los cuatro puntos de muestreo resultó por debajo del Límite Máximo Permisible, por lo tanto, este parámetro no representa ningún problema para la población.

4.1.16. Resultados de Magnesio

Tabla 25. Resultados del parámetro Magnesio

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Magnesio	10 mg/L	50 mg/L	100 mg/L
Pozo 2		5 mg/L		
Tanque Elevado		15 mg/L		
Vivienda		10 mg/L		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 25, este parámetro resultó aceptable en todas las muestras analizadas, por lo que no es un indicador de contaminación del agua.

4.1.17. Resultados de Manganeso Total

Tabla 26. Resultados del parámetro Manganeso Total

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Manganeso Total	0.1 mg/L	0,1 mg/L	0,4 mg/L
Pozo 2		0.2 mg/L		
Tanque Elevado		0.1 mg/L		
Vivienda		0 mg/L		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 26, en la vivienda resultó dentro del rango del Límite Máximo Aceptable, y en los otros tres puntos el Manganeso Total resultó arriba del Límite Máximo Aceptable, pero debajo del Límite Máximo Permisible, por lo que no representa ningún problema para la población.

4.1.18. Resultados de Hierro

Tabla 27. Resultados del parámetro Hierro

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Aceptable	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Hierro	0 mg/L	0,3 mg/L	----
Pozo 2		0.02 mg/L		
Tanque Elevado		0.02 mg/L		
Vivienda		0 mg/L		

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 27, este parámetro resultó aceptable en todas las muestras analizadas, por lo que no es un indicador de contaminación del agua.

4.2. Resultados de parámetros microbiológicos

Para este análisis se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: Coliformes totales y Escherichia coli.

4.2.1. Resultados de Coliformes totales y E. coli

Tabla 28. Resultados de Coliformes totales y E. coli

Punto de muestra	Parámetro	Resultado	Límite Máximo Permisible
Pozo 1	Coliformes totales y E. coli	PRESENTE	No debe de ser detectable en 100mL de agua
Pozo 2		AUSENTE	
Tanque Elevado		AUSENTE	
Vivienda		AUSENTE	

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

De acuerdo a la tabla 28, en el Pozo 2, Tanque Elevado y en la Vivienda no muestra presencia de Coliformes Totales y E. coli, por lo tanto, cumple con las normas establecidas. El pozo 1 presenta la presencia de Coliformes Totales y E. coli, posiblemente resulte asociada a factores ambientales que pueden provocar alteraciones que se ven reflejados en los resultados de las muestras.

La muestra tomada en el pozo 1 nos muestra presencia, por lo que es importante tomar en consideración un sistema de cloración para poder disminuir los riesgos de contaminación a los residentes.

4.3. Base de datos de los pozos privados de Quetzaltenango

En la ciudad de Quetzaltenango, la calidad del agua se ve afectada en diferentes sectores de la ciudad, en algunos casos puede ser por problemas de la red de distribución, factores ambientales externos, patógenos que se encuentran en el agua subterránea que se dirige a los pozos o directamente puede verse afectada por la forma errónea en la que se han construido y mantenido los pozos de agua, por lo tanto, esto puede significar un riesgo para la salud de los consumidores.

Según Openjicareport (2014), en la ciudad de Quetzaltenango existen más de 68 pozos, este valor es aproximado ya que no cuenta con un inventario actualizado, no todos los pozos tienen registro de estudio o información que ayude a mantener un control de la calidad del agua y de los pozos. Es por eso que la creación de la base de datos de los pozos privados de Quetzaltenango, puede contribuir a mantener un mejor control de parte de las autoridades, de esa manera podemos saber de qué manera fueron construidos los pozos, si cuentan con análisis de la calidad del agua y si es necesaria la construcción de otros pozos para poder abastecer a la población.

Los atributos evaluados para crear la base de datos de los pozos en la ciudad de Quetzaltenango, son los siguientes:

Tabla 29. Tabla de atributos de base de datos

ATRIBUTO	POZO #1	POZO #2
DIRECCION	2da. Calle, zona 12, Residencial Prados del Encinal, Quetzaltenango.	1ra. avenida, zona 12, Residencial Prados del Encinal, Quetzaltenango.
COORDENADAS	14°50'10.1" N, 91°32'55.8" W.	14°50'08.4" N, 91°32'53.0" W.
PROFUNDIDAD	216 metros	195 metros
SELLO DE	Si cuenta con sello de concreto	Si cuenta con sello de concreto

CONCRETO		
TUBERIA	Si cuenta con tubería para la extracción del agua	Si cuenta con tubería para la extracción del agua
BOMBA DE AGUA	Si cuenta con bomba de agua	Si cuenta con bomba de agua
REVESTIMIENTO	Si cuenta con revestimiento	Si cuenta con revestimiento
DIAMETRO	10 pulgadas	10 pulgadas
PROTECCION DEL EXTERIOR	Cuenta con una caseta de block, de 2.5 m * 2.5 m, con techo de losa y puerta de metal.	Cuenta con una caseta de block, de 2.5 m * 2.5 m, con techo de losa y puerta de metal.
PRUEBA DE BOMBEO	No se cuenta con esta información	No se cuenta con esta información
CAUDAL	No se cuenta con esta información	No se cuenta con esta información
ANALISIS FISICOQUIMICO	Análisis fisicoquímico satisfactorio de acuerdo a la norma.	Análisis fisicoquímico satisfactorio de acuerdo a la norma.
ANALISIS MICROBIOLOGICO	Análisis microbiológico no satisfactorio de acuerdo a la norma.	Análisis microbiológico satisfactorio de acuerdo a la norma.

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo, información proporcionada por el COCODE del residencial prado del encinal.

4.4. Propuesta de Programa de monitoreo y evaluación de la calidad del agua potable del Residencial Prados del Encinal, zona 12 de Quetzaltenango

Para poder mantener el recurso hídrico del Residencial Prados del Encinal, es necesario crear un programa que ayude al monitoreo y evaluación de este recurso, ya que mantener una calidad del agua potable dentro de los parámetros que dicta la norma COGUANOR, es esencial para la salud de la población.

4.4.1. Antecedentes

En Guatemala, se han desarrollado distintos estudios que permiten conocer la calidad del agua potable en diferentes regiones en que se divide el país, pues una gran parte de la población hace uso de este recurso tan importante, sin embargo, este recurso a veces es utilizada sin ningún tratamiento previo, lo que puede afectar la salud de la población.

En el Residencial Prados del Encinal de la zona 12 de Quetzaltenango, no se había realizado ningún estudio de análisis de la calidad del agua potable que proviene de los dos pozos de agua, que se dirigen hacia el tanque elevado que distribuye a toda la población del residencial. Es por eso que se realizó un análisis de la calidad del agua en el año 2,023, donde los resultados fueron satisfactorios, ya que el agua potable que se distribuye no presenta ninguna amenaza a la salud de la población.

A partir de estos resultados es necesario trabajar en establecer un programa para el monitoreo y evaluación de la calidad del agua potable en el residencial, con el fin de prevenir y controlar los riesgos para la salud humana, dirigida por las autoridades del residencial y trabajo en conjunto con la población.

4.4.2. Objetivos del programa:

- Mantener la calidad del agua en un estado óptimo para asegurar la salud de la población del Residencial Prados del Encinal, zona 12 de Quetzaltenango.

4.4.3. Entidades participantes:

- Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE) del Residencial Prados del Encinal de la zona 12 de Quetzaltenango.
- Residentes y arrendatarios del residencial.
- Instituciones públicas. (Universidades, Municipalidades, Ministerios u organizaciones)
- Instituciones privadas. (Universidades, Empresas, ONG's)

4.4.4. Parámetros a monitorear

El listado de los parámetros a monitorear y evaluar se presenta en el siguiente cuadro.

Estos parámetros son los del programa de análisis mínimo:

Tabla 30. Análisis del programa mínimo

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	ANÁLISIS FISICOQUIMICO
<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales • Escherichia coli 	<ul style="list-style-type: none"> • Color • Turbiedad • Potencial de Hidrógeno • Conductividad • Cloro residual libre • Cloruros • Dureza total • Sulfatos • Calcio

	<ul style="list-style-type: none"> • Magnesio • Nitritos • Nitratos • Hierro total • Manganeso total
--	---

Fuente: Elaboración propia con datos COGUANOR (2015)

4.4.5. Sitios de muestreo

Se identificaron 3 sitios de muestreo de la calidad del agua que son de suma importancia para realizar un análisis y obtener resultados puntuales que indiquen la calidad del agua están dentro de los rangos que establece la norma. Estos 3 sitios son los siguientes:

Tabla 31. Ubicación de los puntos de muestreo

No.	Nombre del punto	Coordenadas	Dirección del punto
1	Pozo Antiguo	14°50'10.1" N, 91°32'55.8" W.	2da. Calle.
2	Pozo Nuevo	14°50'08.4" N, 91°32'53.0" W.	1ra. avenida.
3	Tanque Elevado	14°50'08.08" N, 91°33'6.39" W.	6ta. avenida.
4	Vivienda	Criterio del evaluador.	3ra. avenida

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

4.4.6. Análisis de las muestras

Para poder realizar un análisis de muestreo y mantener un control de la calidad del agua en el residencial, es importante realizarla al menos una vez al año. Sin embargo, en situaciones en las que se observen cambios en las condiciones locales o se sospeche sobre la presencia de contaminantes en el agua, puede ser necesario realizar análisis más frecuentes, todo esto con el objetivo de salvaguardar la salud de la población.

Se puede contactar a instituciones públicas o privadas, tanto universidades o ministerios relacionados al recurso hídrico, para poder pedir apoyo tanto en la toma de muestras, como en el análisis de la calidad del agua.

Es importante mantener informadas a las autoridades locales y realizar análisis adicionales según sea necesario para garantizar un suministro de agua seguro y de alta calidad.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Considerando los objetivos y las hipótesis establecidas en la investigación, tomando como base los resultados obtenidos, se pueden exponer las siguientes conclusiones:

- Se determinó que los parámetros fisicoquímicos del análisis de la calidad del agua realizado en el Residencial Prados del Encinal de la zona 12 de Quetzaltenango son aceptables, según los rangos establecidos por la norma COGUANOR NTG 29-001, por lo tanto, es apta para el consumo humano.
- Se determinó que los parámetros microbiológicos del análisis de la calidad del agua realizado en el Residencial Prados del Encinal de la zona 12 de Quetzaltenango, en el Pozo 2, Tanque de elevado y la Vivienda si cumplen con los rangos establecidos por la norma COGUANOR NTG 29-001. En el Pozo 1 dieron resultados no aceptables, ya que pudieron haber sido afectados por factores externos que se lograron observar como los perros que hacen sus necesidades cerca del grifo teniendo una impregnación negativa a la calidad del agua y que pudieron provocar alteraciones en los resultados del muestreo. Por lo que se decidió tomar una nueva muestra en una vivienda para descartar que la contaminación sea del sistema de abastecimiento del agua potable.
- La base de datos que abarca tanto la calidad del agua de los pozos como información sobre la infraestructura proporciona una visión integral para la toma de decisiones en la gestión del suministro de agua. Esto permite identificar no solo los problemas de la calidad del

agua, sino también evaluar la eficiencia y sostenibilidad de la infraestructura, facilitando intervenciones efectivas para su mantenimiento. Creando un área de oportunidades para autoridades de mantener un control sobre la información de los pozos que existen en la ciudad de Quetzaltenango.

- La propuesta sobre el programa de monitoreo y evaluación de la calidad del agua potable que abastece al residencial, es esencial para garantizar la seguridad y salud de la población. Este enfoque sistemático permitirá detectar y abordar rápidamente posibles riesgos, asegurando un suministro de agua potable confiable y cumpliendo los estándares de la Norma COGUANOR NTG 29-001, lo que contribuye significativamente al bienestar de la población del residencial.

CAPÍTULO 6

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar en cuenta un sistema cloración del agua en el tanque elevado, siguiendo las pautas establecidas por las autoridades sanitarias, con la ayuda de un profesional. Esto ayuda a controlar la proliferación de bacterias y garantiza la desinfección efectiva del agua, asegurando su potabilidad y protegiendo la salud de los pobladores del residencial.
- Es recomendable mantener en óptimas condiciones la red de distribución del agua potable, como los son los tubos, ya que pueden terminar su vida útil y esto puede ser la causa de la proliferación de patógenos que pongan en riesgo la salud de la población.
- Mantener la infraestructura y equipamiento de los pozos en buenas condiciones, siguiendo las recomendaciones de los fabricantes y profesionales para el mantenimiento del equipo para prolongar la vida útil de la infraestructura. También es esencial realizar inspecciones periódicas de los pozos, limpieza del tanque elevado para evitar acumulación de sarro.
- Se recomienda realizar análisis de la calidad del agua una vez al año, evaluando los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Esto permite identificar posibles problemas de salud que se puedan presentar en la población y así poder garantizar una calidad del agua apta para el consumo humano.

CAPÍTULO 7

BIBLIOGRAFIA

- ALDANA, A. (2017). *ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN EPIDEMIOLÓGICA DE LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR AGUA Y ALIMENTOS EN GUATEMALA 2016*. GUATEMALA: DEPARTAMENTO DE EPIDEMIOLOGIA.
- DIGESA. (2007). *Análisis microbiológicos de aguas residuales por técnica de los tubos múltiples de fermentación*. PERU: LIMA.
- EDDY, M. &. (2003). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES*. SPAIN : IMPRESA.
- EDDY, M. Y. (2003). *Ingeniería de las aguas residuales, tratamiento vertido y reutilización*. California: .
- ELIAS, J. (24 de JUN de 2015). LAS AGUAS SUCIAS DE GUATEMALA. *La contaminación afecta al 90% y hace subir la mortalidad infantil*, pág. 2.
- FUNCAGUA. (10 de 2020). <https://funcagua.org.gt/>. Obtenido de <https://funcagua.org.gt/que-es-el-agua/#:~:text=El%20agua%20est%C3%A1%20compuesta%20de,se%20deslizan%20una%20sobre%20otras.>
- MICROCLAR. (22 de 2 de 2020). *J. HOWELL*. Obtenido de <https://www.microclar.com/es/divisiones/an%C3%A1lisis-de-agua/hierro-total#:~:text=El%20hierro%20est%C3%A1%20presente%20en,menudo%20contienen%20concentraciones%20m%C3%A1s%20altas.>
- Moreno, E. (2020). *PRINCIPALES ENFERMEDADES CAUSADAS POR EL CONSUMO DIRECTO DE AGUAS RESIDUALES*. Lima: Perú.
- Normas, C. G. (2015). *Agua para consumo humano (agua potable). Especificaciones*. Guatemala: .

- ODS, A. (01 de Marzo de 2022). <https://www.fundacionaquae.org/>. Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/agua-y-contaminacion/>
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del*. Ginebra: Cuarta edición.
- Openjicareport. (2014). *INFORME DEL ESTUDIO DE DISEÑO BASICO SOBRE EL PROYECTO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO*. Quetzaltenango.
- PINHEIRO, D. P. (4 de MAYO de 2022). *MD.SAUDE*. Obtenido de <https://www.mdsaude.com/es/enfermedades-infecciosas/enfermedades-transmitidas-por-el-agua/>
- QUISPE, S. C. (2014). *EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE DESCARGA DE LA CUENCA DEL RIO SUCHEZ*. PERU: .
- ROA, M. O. (2007). *DETERMINACIÓN DE ESCHERICHIA COLI Y COLIFORMES TOTALES EN AGUA POR EL MÈTODO DE FILTRACIÒN POR MEMBRANA EN AGAR CHROMOCULT*. COLOMBIA: .
- SARAVIA, P. (2016). *DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA (ICANSF E ISCA) PARA CONSUMO HUMANO DE LOS RÍOS TEOCINTE Y ACATÁN*,. GUATEMALA: NA.
- SEVILLA, U. D. (12 de 2 de 2020). *AMBIENTUM.COM*. Obtenido de https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/dureza_de_aguas.asp
- TECNO, A. (12 de 06 de 2019). <http://acquatecnologiaperu.com/>. Obtenido de http://acquatecnologiaperu.com/wp-content/uploads/Cloro_residual_Acqua_Tecnologia.pdf
- TINGO, M. (2015). *CALIDAD DEL AGUA DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DEL AREA PERIURBANO DE LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO*". PERU.
- UNESCO. (2008). *Educacion De Calidad Para Todos Un Asunto De Derechos Humanos*. SANTIAGO: OREAL.

ZARZA, L. (ABRIL de 2023). *IAGUA*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-contaminacion-agua>

Zarza, L. F. (24 de Junio de 2020). *iagua.es*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-contaminacion-agua>

CAPÍTULO 8

ANEXOS

8.1. Modelo de etiqueta para la toma de muestras

TOMA DE MUESTRAS EN RESIDENCIAL PRADOS DEL ENCINAL, ZONA 12 DE QUETZALTENANGO	
TIPO DE MUESTRA	
HORA	
FECHA	
COORDENADAS	
DESCRIPCION DEL ENTORNO	
NOMBRE DEL RECOLECTOR	
UBICACIÓN DEL PUNTO	

Fuente: elaboración propia

8.2. Cronograma de actividades

Actividades / Semanas	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aprobación de seminario	X	X														
Visitas de campo			X	X	X			X	X							
Toma de muestras								X	X							
Toma de datos para la base de datos del DICYT				X	X											
Análisis de laboratorio													X	X		
Interpretación de resultados de laboratorio															X	X
Elaboración de informes mensuales				X				X				X				X
Redacción de informe mensual de trabajo de investigación													X	X	X	X

Fuente: elaboración propia

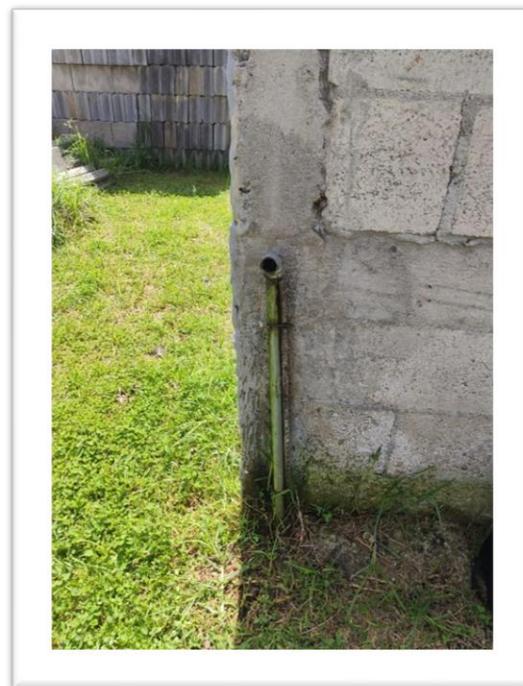
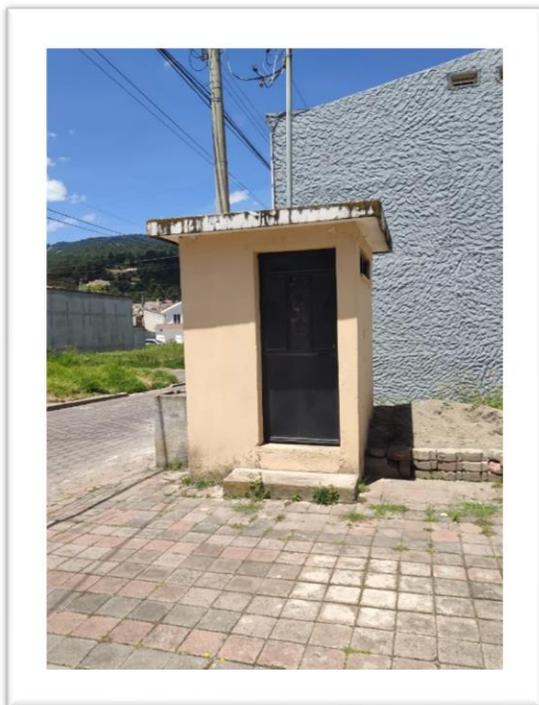
8.3.Presupuesto preliminar de la investigación

PRESUPUESTO PRELIMINAR PARA INVESTIGACIÓN: ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN RESIDENCIAL PRADOS DEL ENCINAL, ZONA 12 DEL MUNICIPIO DE QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO.					
RUBRO	JUSTIFICACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Recurso humano					
Asesor	Análisis de la información presentada para mejorar la calidad del documento y capacitación de la información necesaria para el desarrollo de la investigación	1	2 horas semanales	N/A	Q8,000.00
Estudiante	Tiempo de elaboración de informe, muestreo, traslado, análisis y redacción del informe final	1	128 horas	N/A	Q2,944.00
Recursos físicos					
Insumos para tomar muestras	Alcohol, encendedor, guantes, gasas esterilizadas, mascarilla.	1	N/A	Q50.00	Q50.00
Frascos para la toma de muestras	Frascos se utilizarán para la toma de muestras microbiológica.	3	100 mililitros	Q5.00	Q15.00
Frascos para la toma de muestras	Frascos se utilizarán para la toma de muestras fisicoquímicas	3	1,000	Q15.00	Q45.00
Transporte	Será necesario para transportarse hacia la urbanización y hacia el laboratorio	1 vez por semana	Combustible	Q10.0	Q70.00
Pruebas de laboratorio completas	Estas serán necesarias para el análisis de muestras de agua	3	N/A	Q. 285.00	Q855.00
				TOTAL	Q11,979.00

Fuente: elaboración propia

8.4. Registro fotográfico

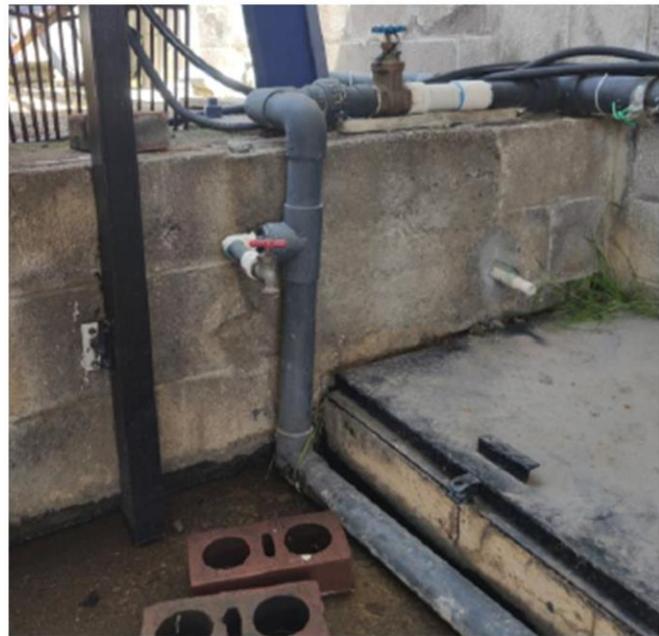
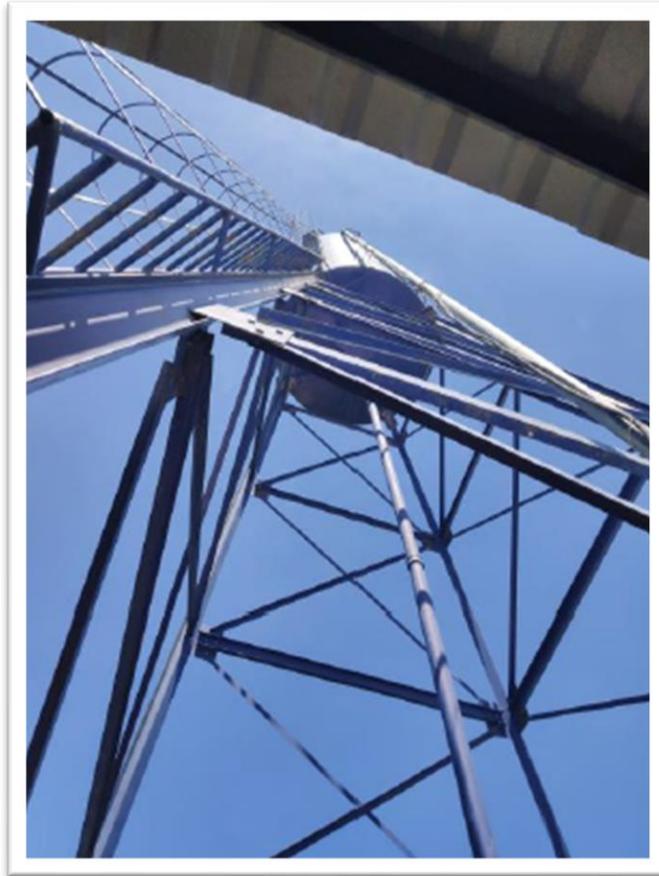
- **Pozo 1**



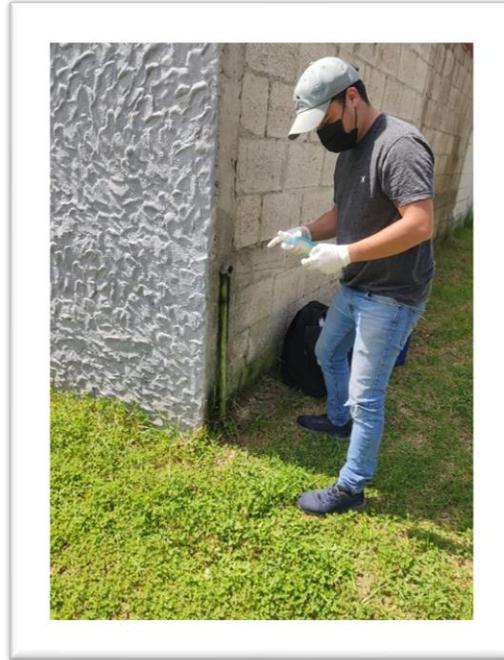
- **Pozo 2**



- Tanque elevado



- Toma de muestras



8.5. Resultados de los análisis del laboratorio

NOMBRE DE MUESTRA	POZO 1	POZO 2	TANQUE ELEVADO	VIVIENDA
COORDENADAS	14°50'10.1"N, 91°32'55.8"W	14°50'08.4"N, 91°32'53"W	14°50'08.08"N 91°33'6.39"W	14°50'3.25"N 91°32'56.14"W
PARÁMETROS	RESULTADOS			
Color	1u	12u	12u	1u
Olor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable	No rechazable	No rechazable
Turbidez	0.21 UNT	0.31 UNT	0.27 UNT	0.66 UNT
Conductividad	201 uS/cm	136 uS/cm	192 uS/cm	211 uS/cm
pH	7,86	8,6	7,61	7.39
Sólidos Totales Disueltos	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Cloro Residual Libre(mg/l)	0	0.02	0	0
Cloruro (mg/l)	2.5	3.6	1	0.7
Dureza total (mg/l)	0	0	0	0
Sulfatos (mg/l)	15	15	15	15.01
Aluminio (mg/l)	0.19	0.01	0.12	0.08
Calcio (mg/l)	40	20	0	10
Zinc (mg/l)	0	0.01	0	0
Cobre (mg/l)	0.73	1.13	0.4	0.12
Magnesio (mg/l)	10	5	15	10
Manganeso Total (mg/l)	0.1	0.2	0.1	0
Hierro (mg/l)	0	0.02	0.02	0
Coliformes Totales	Presente	Ausente	Ausente	Ausente
Escherichia coli	Presente	Ausente	Ausente	Ausente

Fuente: Elaboración propia con datos de resultados de los análisis del laboratorio