

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CALIDAD,
POTENCIALIDADES Y CONFLICTOS DE USO POTENCIAL DE LAS AGUAS
SUPERFICIALES, EN LOS MUNICIPIOS DE ALMOLONGA Y ZUNIL, DEL
DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Presentado a las Autoridades de División de Ciencia y Tecnología del Centro
Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por:

Heber Esaú Alvarez Godínez

Previo a conferirse el título de:

Ingeniero en Gestión Ambiental Local

En el grado académico de:

Licenciado

Quetzaltenango, Octubre de 2,013

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE**

AUTORIDADES

Rector Magnífico
Secretario

Dr. Estuardo Gálvez Barrios
Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

Directora General del CUNOC
Secretario Administrativo

Licda. María del Rosario Paz Cabrera
Lic. Cesar Haroldo Milian Requena

REPRESENTANTES DE LOS DOCENTES

Dr., Oscar Arango B.
Ing. Edelman Monzón

REPRESENTANTE DE LOS ESTUDIANTES

Br. Luis E. Rojas Menchú
Br. Víctor Lawrence Díaz Herrera

REPRESENTANTE POR TODOS LOS EGRESADOS

Dr., Emilio Búcaro

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa

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

Ing. Agr. MSc. Julio Alberto López Valdez.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE**

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa
Director de la División de Ciencia y Tecnología

EXAMINADORES

Inga. Agr. Mirna Montes
Ing. Agr Israel Mauricio Reyna
Ing. Agr. Henry López

SECRETARIO

Ing. Agr. MSc. Julio Alberto López Valdez
Coordinador de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Nota: únicamente el autor es el responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en la presente investigación (Artículo 31 del Reglamento para Exámenes Técnico Profesional del Centro Universitario de Occidente, y Artículo 19 de la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, Octubre de 2,013.

Quetzaltenango, Octubre de 2,013.

**HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO
HONORABLES AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
HONORABLE MESA DE ACTO DE GRADUACIÓN Y JURAMENTACIÓN**

De con 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 de la Universidad de San Carlos de Guatemala y del Normativo de Evaluación y Promoción del Estudiante del Centro Universitario de Occidente, tengo el honor de someter a vuestra consideración, la tesis titulada:

**DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CALIDAD,
POTENCIALIDADES Y CONFLICTOS DE USO POTENCIAL DE LAS AGUAS
SUPERFICIALES, EN LOS MUNICIPIOS DE ALMOLONGA Y ZUNIL, DEL
DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA.**

Como requisito para optar al título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente:



Heber Esaú Álvarez Godínez



**Universidad de San Carlos de
Guatemala
Centro Universitario de Occidente**

Quetzaltenango, 22 de Octubre de 2013

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa
Director de División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente -CUNOC-
Edificio.

Estimado Ing. Alvarado.

Atentamente me dirijo a Usted para hacer de su conocimiento que se ha culminado el proceso de revisión del trabajo de GRADUACIÓN titulado “DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CALIDAD, POTENCIALIDADES Y CONFLICTOS DE USO POTENCIAL DE LAS AGUAS SUPERFICIALES, EN LOS MUNICIPIOS DE ALMOLONGA Y ZUNIL, DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA”, realizado por el estudiante: HEBER ESAÚ ALVAREZ GODÍNEZ.

En función de lo anterior, la presente investigación cumple con los requisitos planteados desde su inicio y es un aporte para el desarrollo de los municipios.

Deferentemente

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Colegiado 904.
Asesor

Q.B. Alberto García Guillen
Colegiado 2487.
Asesor



**Universidad de San Carlos de
Guatemala
Centro Universitario de Occidente**

Quetzaltenango, 24 de Octubre de 2013

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa
Director de División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente -CUNOC-
Edificio.

Ingeniero Alvarado.

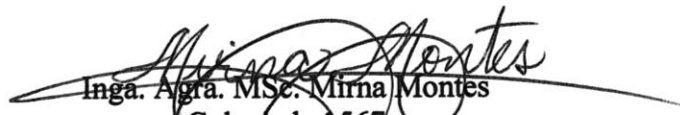
En respuesta al oficio No. 043/SDCyT/2013 De fecha 23 de octubre de 2013, en el cual fui nombrada por la Dirección a su cargo como REVISORA FINAL, del trabajo de investigación del estudiante HEBER ESAÚ ALVAREZ GODÍNEZ, el cual se titula:

“DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CALIDAD, POTENCIALIDADES Y CONFLICTOS DE USO POTENCIAL DE LAS AGUAS SUPERFICIALES, EN LOS MUNICIPIOS DE ALMOLONGA Y ZUNIL, DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA”, realizado por el estudiante:.

Me permito informarle que he concluido la revisión final del trabajo en mención y considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Occidente, por lo que recomiendo su publicación.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Inga. Agr. MSc. Mirna Montes
Colegiada 1567
REVISORA



**CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

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. 005 -GAL-2013 de fecha veinticuatro de octubre del año dos mil trece del (la) estudiante: HEBER ESAÚ ALVAREZ GODÍNEZ con Carné No 200831548 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 ACTUAL DE LA CALIDAD, POTENCIALIDADES Y CONFLICTOS DE USO POTENCIAL DE LAS AGUAS SUPERFICIALES, EN LOS MUNICIPIOS DE ALMOLONGA Y ZUNIL, DEL DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA.”

Quetzaltenango, 24 de octubre de 2013.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. Héctor Alvarado Quiroa
Director de División de Ciencia y Tecnología

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS: por ser la fuente sabiduría y esperanza en todo momento, especialmente en los momentos difíciles.

Guatemala: por ser el país que me vio nacer, por contar con personas bondadosas y de espíritu luchador.

Universidad de San Carlos de Guatemala: por ser una fuente de formación que impulsa el desarrollo de nuestro país.

Mi familia, especialmente a:

Mis padres: Odilia Godínez Raymundo y Ernesto Alvarez Isidro, por ser ejemplo de personas luchadoras y emprendedoras que sin importar su bienestar personal me han apoyado en cada momento de mi vida.

Mis Hermanos: Glenda Amarilis Alvarez Godínez, Marlon Ernesto Alvarez Godínez, Manuel Antonio Alvarez Godínez, Gerson Paúl Alvarez Godínez, Claudia Margarita Alvarez Godínez y Juan Alberto Alvarez Godínez por ser motivo de mi esfuerzo y por el apoyo incondicional que me han brindado en todo momento, Adi Elisa y Ernesto Gudiel Alvarez Godínez que en paz descansen.

Mi cuñada: Margaret Paz Coronado, y mi cuñado: Raúl Benjamín Gómez García.

Mis sobrinos: María del Rosario Gómez Alvarez, Kener Benjamín Gómez Alvarez, Mariana del Rosario Gómez Alvarez y Hilary Gisel Alvarez Paz.

Mis amigos incondicionales: Víctor Pérez Colóp, Raúl Gaytán Rosales, Wendy Yax Pelicó, y José Alemán García.

Compañeros de promoción (2008 - 2013): Mariana Alejandrina Rivera, Karen Roxana Carrillo, Alvin Onofre Santos de León, Francis Javier Mazariegos, Rony Felipe Méndez, y Luis Magaña Montes, por su amistad y todos los momentos gratos y difíciles que atravesamos.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala por darme la oportunidad de prepararme profesionalmente, a la terna evaluadora: Inga. Agra. Mirna Montes, Ing. Agr. Israel Mauricio Reyna, Ing. Agr. Henry López, por su apoyo y asesoría profesional que fueron fundamentales para el éxito de esta investigación.

A los asesores: Q. F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez, Q.B. Alberto García Guillen, por su ardua labor para realizar exitosamente esta investigación.

A mis compañeros de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, especialmente a: Mariana Alejandrina Rivera López, Karen Roxana Estrada Carrillo, Alvin Onofre Santos de León, Francis Javier Mazariegos Rivera, Rony Felipe Méndez Méndez, y Luis Magaña Montes, por todo el apoyo brindado durante el trayecto de vida universitaria, por los momentos alegres y difíciles que enfrentamos en equipo y que siempre fueron superados.

Al personal Docente y Administrativo de la División de Ciencia y Tecnología, especialmente al Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa, Ing. Agr. MSc. Julio Alberto López Valdez, Inga. Agra. Aura Hernández, Ing. Agr. Imer Vásquez. Dr. Luis Arturo Sánchez Midence.

A las municipalidades de Almolonga y Zunil, por su apoyo y respaldo otorgado durante el proceso de ejecución de este trabajo y por el interés y preocupación demostrados para mejorar la gestión del recurso hídrico. A los Señores: Ramón Rixquiacche Satey Ex Director del Departamento de Áreas protegidas y Medio Ambiente de la municipalidad de Zunil, Rene Sánchez Domingo, actual Director de la referida dependencia municipal de Zunil, al señor Valeriano Menchú, Presidente de la Comisión de Medio Ambiente del Consejo Municipal de Almolonga y al personal de campo de ambas municipalidades, que colaboraron incondicionalmente durante la etapa de muestreo.

Finalmente, agradezco sinceramente a todas las demás personas, docentes, amigos y compañeros, que desinteresada e incondicionalmente, me apoyaron directa e indirectamente en cada una de las etapas de este proceso de investigación.

**DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CALIDAD,
POTENCIALIDADES Y CONFLICTOS DE USO POTENCIAL DE LAS AGUAS
SUPERFICIALES, EN LOS MUNICIPIOS DE ALMOLONGA Y ZUNIL, DEL
DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, GUATEMALA.
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ÍNDICE

Contenido	Página
1 INTRODUCCIÓN	1
2 LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	3
3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	4
3.1 Objetivo general:	4
3.2 Objetivos específicos:	4
4 MARCO TEÓRICO	5
4.1 Legislación nacional relacionada con el recurso hídrico	5
4.2 Variable No. 1 Calidad del agua.....	6
4.2.1 Aguas superficiales.....	6
4.2.2 Calidad del agua.....	8
4.2.3 Calidad intrínseca del agua	8
4.2.4 Contaminación del agua	8
4.2.5 Gestión integral del recurso hídrico	9
4.2.6 Índices de calidad para aguas superficiales (ICA)	11
4.2.7 Técnicas de muestreo	20
4.3 Variable No. 2 Usos potenciales del agua.....	21
4.3.1 Usos generales de las aguas superficiales.....	21
4.3.2 Parámetros para definir el uso según la calidad:	21
4.3.3 Usos potenciales del agua.....	22
4.4 Variable No. 3 Conflictos de uso del agua	22
4.4.1 “Sub utilización del recurso hídrico:	23
4.4.2 “Sobre utilización del recurso hídrico:	23
5 MARCO METODOLÓGICO	24
5.1 Características de la Mixtura:	24
5.1.1 Método cuantitativo.....	24
5.1.2 Método cualitativo.....	24
5.1.3 Secuencia temporal del método cualitativo y cuantitativo.....	24
5.2 Pasos del trabajo de campo.....	25
5.2.1 Actualización del inventario y georreferenciación de las fuentes de aguas superficiales	26
5.2.2 Cartografía temática	26
5.2.3 Determinación de la población y muestra representativa	26
5.2.4 Metodología de muestreo de las fuentes hídricas superficiales	26
5.2.5 Medición de parámetros In situ.....	28
5.2.6 Determinación de parámetros físicos, químicos y análisis Bacteriológico en laboratorio.....	28
5.3 Dimensión cuantitativa.	29

5.3.1	Definición del método de investigación utilizado.	29
5.3.2	Contexto espacial y temporal de la investigación.	32
5.3.3	Sujetos:.....	39
5.3.4	Fuentes de información.	39
5.3.5	Técnicas e instrumentos utilizados en la recopilación de los datos. ...	40
5.3.6	Técnica de análisis de datos	40
5.4	Dimensión cualitativa:	40
5.4.1	Las categorías de análisis de la investigación.....	40
5.4.2	Características de los informantes.....	41
5.4.3	Fuentes de información primaria	41
5.4.4	Las Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos.	41
5.4.5	Las Técnica para análisis de los datos.	42
6	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
6.1	Índice para determinar la calidad de las aguas superficiales.	43
6.2	Inventario de las fuentes Hídricas Superficiales de los municipios de Almolonga y Zunil.....	45
6.2.1	Determinación de la población y muestra.....	48
6.3	Resultado de parámetros analizados para el índice WQINSF.	51
6.3.1	Parámetros analizados en el municipio de Almolonga	51
6.3.2	Parámetros analizados en el municipio de Zunil.....	53
6.4	Calidad del agua de las fuentes hídricas superficiales.....	56
6.4.1	Ajuste polinomico de los parámetros para el municipio de Almolonga	56
6.4.2	Ajuste polinomico de los parámetros para el municipio de Zunil	57
6.5	DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	59
6.5.1	CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE ALMOLONGA	60
6.5.2	CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MUNICIPIO DE ZUNIL... ..	62
6.6	USOS POTENCIALES DE LAS AGUAS SUPERFICIALES.....	64
6.6.1	Usos potenciales de las aguas superficiales del municipio de Almolonga	66
6.6.2	Usos potenciales de las aguas superficiales del municipio de Almolonga	67
6.7	CONFLICTOS DE USO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	69
6.7.1	Conflictos de uso en las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga	71
6.7.2	Conflictos de uso en las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil	74
6.8	Análisis de los datos por Hipótesis.....	78
6.8.1	Hipótesis 1:.....	78
6.8.2	Hipótesis 2:.....	78

7	CONCLUSIONES	79
8	RECOMENDACIONES.....	81
9	BIBLIOGRAFÍA.....	84
10	ANEXOS:.....	86
10.1	Propuesta de perfil de proyectos para la gestión del recurso hídrico superficial en los municipios de Almolonga y Zunil.	86
10.2	GLOSARIO	96
10.3	GRÁFICOS DE TENDENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN BASE A CADA UNO DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE ZUNIL. 98	
10.4	GRÁFICOS DE TENDENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN BASE A CADA UNO DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE ALMOLONGA.	104
10.5	Parámetros adicionales analizados a las muestras de agua.	110
10.6	Instrumentos	112
10.6.1	Guía para la realización de visitas técnicas a las fuentes de agua superficial:.....	112
10.6.2	Boleta para muestreo de aguas superficiales.....	113
10.7	Fuentes de consulta bibliográfica.....	115
10.7.1	Comisión Guatemalteca de Normas – COGUANOR- 29001.....	115
10.7.2	Directrices para interpretar la calidad de las aguas para el riego. FAO 1987.....	116
10.8	IMÁGENES CAPTADAS DURANTE EL LA FASE CAMPO	118

Índice de tablas

Contenido	Página
Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos del agua.....	11
Tabla 2. Uso actual y demanda futura del agua en Guatemala.....	22
Tabla 3. Índices de calidad de aguas superficiales	30
Tabla 4. División político-Administrativa del municipio de Zunil, Quetzaltenango. 37	37
Tabla 5. Operativización de hipótesis cuantitativa.....	38
Tabla 6. Operativización de la hipótesis cualitativa	40
Tabla 7. Ponderación de los parámetros del índice WQINSF	43
Tabla 8. Clasificación de las aguas superficiales según el Índice WQINSF	44

Tabla 9 Identificación y ubicación con coordenadas GTM y UTM de las fuentes hídricas superficiales del Municipio de Almolonga.	45
Tabla 10. Identificación y ubicación con coordenadas GTM y UTM de las fuentes hídricas superficiales del Municipio de Zunil.	46
Tabla 11. Fuentes hídricas superficiales muestreadas y analizadas de los municipios de Almolonga y Zunil	50
Tabla 12. Magnitud de parámetros analizados en los dos muestreos de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga.	52
Tabla 13. Magnitudes de parámetros analizados en los dos muestreos de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil.....	54
Tabla 14. Ajuste polinómico de los dos muestreos realizados en el municipio de Almolonga	56
Tabla 15. Ajuste polinómico de los resultados para el primer y segundo muestreo realizado en el municipio de Zunil.	58
Tabla 16. Calidad del agua en de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga según el Índice WQINSF.	61
Tabla 17. Calidad del agua en de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil según el Índice WQINSF.	63
Tabla 18. Clasificación de los usos potenciales de las aguas superficiales, según valores del ICA WQINSF	65
Tabla 19. Clasificación de los usos potenciales de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga, según valores del ICA WQINSF.....	66
Tabla 20. Clasificación de los usos potenciales de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil, según valores del ICA WQINSF.....	67
Tabla 21. Usos actuales de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga.	70
Tabla 22. Usos actuales de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil.	71
Tabla 23. Conflictos de uso en las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga.	72
Tabla 24. Conflictos de uso en las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil.	75
Tabla 25. Parámetros adicionales analizados en las muestras de agua superficial del municipio de Almolonga.....	110
Tabla 26. Parámetros adicionales analizados en las muestras de agua superficial del municipio de Zunil.....	110
Tabla 27. Parámetros adicionales analizados en las muestras de agua superficial del municipio de Zunil.....	111

Índice de imágenes

Contenido	Página
Imagen 1 Acciones antropogénicas que afectan la calidad del agua	9
Imagen 2: Flujograma del proceso	25
Imagen 3. Ubicación del municipio de Almolonga.	32
Imagen 4. División político-administrativa del municipio de Almolonga.....	34
Imagen 5. Mapa del Municipio de Zunil, Quetzaltenango.....	35
Imagen 6. Fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga	46
Imagen 7. Fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil.....	48
Imagen 8 Georreferenciación de las fuentes hídricas	118
Imagen 9. Fuentes hídricas del municipio de Zunil.....	118
Imagen 10. Toma de las muestras de agua en las fuentes	119
Imagen 11. Muestras listadas para ser transportadas al laboratorio en cadena de frío.	119
Imagen 12. Medición de parámetros in situ.....	120
Imagen 13. Manejo de muestras en cadena de frío para su posterior transporte al laboratorio.	120

RESUMEN

Durante la época lluviosa del año 2012 y la época seca del año 2013, se determinó la calidad de las aguas superficiales en los municipios de Almolonga y Zunil. En el primer municipio se analizaron 8 fuentes hídricas superficiales (cuatro nacimientos y cuatro riachuelos), y en el segundo fueron 14 fuentes analizadas (dos ríos y 12 nacimientos). Para determinar la calidad de las aguas, se utilizó el Índice de Calidad de Aguas Superficiales WQINSF que consta de nueve parámetros (Oxígeno disuelto, Coliformes Fecales, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Cambio de Temperatura, Fosfatos, Nitratos, Turbiedad y Sólidos Disueltos Totales), para evitar sesgos en los resultados, se utilizó una muestra representativa que fue calculada a través de la fórmula para poblaciones finitas y se seleccionaron al azar las fuentes que fueron muestreadas. Se realizaron dos muestreos, el primero se hizo en época lluviosa (Septiembre de 2012) y el segundo en época seca (Febrero de 2013).

En el municipio de Almolonga se confirmó que el 12.5% de las aguas superficiales es de excelente calidad, el 37.5% es de buena calidad, el 37.5% es de calidad media y 12.5% es de mala calidad. Para el municipio de Zunil, el 71.4% del agua superficial es de excelente calidad, el 21.43 presenta buena calidad y el 7.14 es de mala calidad.

En base a los resultados de la calidad de las fuentes hídricas, se determinaron sus usos potenciales dando como resultado que en el municipio de Almolonga el 12.5% de las aguas superficiales son aptas para todos los usos establecidos (abastecimiento público, recreación, uso en pesca y vida acuática, agricultura e industrias) sin ningún tipo de tratamiento o restricción, el 37.5% es para abastecimiento público con ligera purificación, para recreación, uso en pesca y vida acuática, agricultura e industrias considerando un proceso de purificación menor para cultivos e industrias requieran estándares de alta calidad y el 50 % restante no es apta para abastecimiento público, recreación, uso en pesca y vida acuática.

El 37.5% del total de las aguas superficiales del municipio de Almolonga, es apta para uso sin tratamiento en industrias de operación manual, y para la mayoría de cultivos agrícolas en los cuales el agua no haga contacto con la parte comestible (excluye hortalizas), un 12.5% queda excluida para los usos en agricultura general e industria debido a que para la mayoría de estas actividades se hace necesario aplicarle un proceso de purificación.

Se determinó que el 7% del total de las aguas superficiales en el municipio de Zunil no es apta para ninguno de los usos establecidos (abastecimiento público, recreación, uso en pesca y vida acuática, agricultura e industria) sin tratamientos de purificación requerido. El 21.5 % es apto para todos los usos establecidos con tratamientos ligeros de purificación y el 71.5% es apta para todos los usos establecidos sin restricciones esto resultados son acordes con la poca presencia de conflictos de uso de este recurso en el municipio, presentándose únicamente en el 14% de las fuentes hídricas superficiales.

1 INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico superficial es esencial para el desarrollo de las actividades humanas y naturales como: ciclo hidrológico, regulación del clima, equilibrio de ecosistema, entre otros. Su aprovechamiento depende de su calidad que se ve amenazada con el crecimiento de las poblaciones humanas y la expansión de zonas urbanizadas, dificultando a los gobiernos asegurar la calidad y disponibilidad del recurso.

La alteración de las características biológicas, químicas y físicas del agua afectan su capacidad para sustentar la vida y su disponibilidad para los diferentes usos (Abastecimiento Público, Recreación, Uso en Pesca y Vida Acuática, Agricultura e Industria).

La contaminación del agua superficial afecta el equilibrio de los ecosistemas. Los seres vivos acuáticos son afectados directamente pudiendo eliminar poblaciones enteras en el corto plazo, también la fauna terrestre que consume de estas aguas contaminadas es afectada, según sean los elementos y niveles de contaminación presentes. Utilizar aguas superficiales contaminadas para consumo humano o tener contacto directo con ella sin previo tratamiento afecta directamente la salud de los consumidores.

Entre los problemas frecuentes que degradan la calidad del agua están: sedimentación, eutrofización, contaminación por microorganismos y arrastre de fertilizantes y sustancias tóxicas.

El uso de aguas superficiales contaminadas para riego en cultivos agrícolas afecta la calidad de los suelos, la calidad de los productos y es nociva para la salud de los consumidores, principalmente cuando los productos son de consumo fresco como las frutas y verduras que tienen contacto directo con el agua de riego.

La degradación de la calidad de las aguas superficiales, es un problema que puede minimizarse con la implementación de una gestión integrada del recurso, en la que se requiere de la participación de todos los sectores involucrados en su uso y manejo. El presente estudio permitió determinar el estado de su calidad a través de un índice, seguidamente se determinaron sus usos potenciales y conflictos de uso. Estos resultados permitirán en el futuro a los responsables de tomar las decisiones y a las comunidades que hacen uso de este recurso, accionar correctamente para su protección, conservación uso y manejo adecuado garantizando su disponibilidad en calidad y cantidad en el futuro.

Para la ejecución de este estudio, el equipo de trabajo se conformó por el investigador, asesores técnicos y personal de apoyo de las oficinas ambientales de las municipalidades. Se requirió de materiales de oficina, equipo de laboratorio, Geo-posicionador satelital –GPS- y equipo de cómputo. El recurso económico, fue aportado por el investigador, el Laboratorio de Gestión Ambiental de la División de Ciencia y Tecnología del Centro Universitario de Occidente, el asesor y un aporte de las municipalidades de Zunil y Almolonga, con un costo estimado de Q. 640.00 por cada muestra analizada haciendo un monto global de Q 28,160.00 por las 44 muestras analizadas.

2 LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

- Más del 45% de las fuentes de agua superficial de los municipios de Almolonga y Zunil se encuentran contaminadas.
- Existe incongruencia entre los usos actuales y las potencialidades de uso en más del 45% de las fuentes de agua superficial de los municipios de Almolonga y Zunil.

3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

3.1 Objetivo general:

- Contribuir a la gestión del recurso hídrico en los municipios de Almolonga y Zunil del departamento de Quetzaltenango, generando información sobre la calidad de las aguas superficiales y sus potencialidades de uso.

3.2 Objetivos específicos:

- Evaluar la calidad de las fuentes de agua superficial, de los municipios de Almolonga y Zunil
- Determinar las potencialidades y conflictos de uso potencial de las aguas superficiales en los municipios de Almolonga y Zunil.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 Legislación nacional relacionada con el recurso hídrico

- “Constitución Política de la República de Guatemala –CPRG-,” (Congreso de La Republica de Guatemala, 1993)(Reformada por Acuerdo legislativo No. 18-93 del 17 de Noviembre de 1993).
- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto No. 68-86 Congreso de la República de Guatemala.
- Código Municipal, Decreto número 12-2002 del Congreso de la República de Guatemala.
- Código de Salud, Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala.
- “Reglamento de Normas Sanitarias para la Administración, Construcción, Operación, y Mantenimiento de los Servicios de Abastecimiento de Agua Potable para Consumo Humano. Acuerdo Gubernativo No. 113 – 2009” (Ejecutivo, Reglamento de Normas Sanitarias para la Administración, Construcción, Operación y Mantenimiento de los Servicios de Abastecimiento de Agua Potable para Consumo Humano, Acuerdo Gubernativo No. 113-2009, 2009).
- “Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento, Acuerdo Gubernativo 178 – 2009.” (Ejecutivo, Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento, Acuerdo Gubernativo 178-2009, 2009)

Capítulo II Del Proceso de Certificación

“Artículo 5. Información Adjunta. Toda solicitud de extensión del certificado de la calidad del agua para consumo humano en proyectos de abastecimiento debe ir acompañada de la documentación que contenga, como mínimo, la siguiente información:” (Ejecutivo, Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento, Acuerdo Gubernativo 178-2009, 2009)

- a) “Identificación o nombre del proyecto de abastecimiento.”
- b) “Ubicación detallada del proyecto de abastecimiento.”
- c) “Identificación del ente responsable de la prestación del servicio.”
- d) “Identificación del ente responsable de la ejecución de la obra sanitaria.”
- e) “Identificación o nombre de las fuentes de agua a ser utilizadas.”
- f) “Ubicación detallada de las fuentes de agua a ser utilizadas.”

- g) “Valor de aforo promedio de las fuentes de agua a ser utilizadas; evaluando para época seca y lluviosa.”
- h) “Número Estimado de personas a ser beneficiadas por el proyecto.”
- i) “Descripción de los componentes que integran el proyecto.”
- j) “Descripción de los métodos y tratamiento a ser utilizados.”
- k) “Valores Bimensuales, durante los últimos seis meses, de las siguientes propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua a ser utilizadas:
 - K.1) Calcio;
 - K.2) Cloruros;
 - K.3) Grupo coliformes fecal;
 - K.4) Color;
 - K.5) Conductividad;
 - K.6) Hierro;
 - K.7) Magnesio;
 - k.8) Manganeso;
 - K.9) Nitratos;
 - K.10) Nitritos;
 - K.11) Olor;
 - K.12) Potencial de hidrogeno;
 - K.13) Sabor;
 - k.14) Sulfatos; y
 - K.15) Turbiedad.”
- l) “Valores bimensuales, durante los últimos seis meses, de las otras propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua a ser utilizada; que hayan sido catalogadas previamente como indispensables, por la Dirección de Área de Salud correspondiente.” (Ejecutivo, Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento, Acuerdo Gubernativo 178-2009, 2009)

4.2 Variable No. 1 Calidad del agua

4.2.1 Aguas superficiales

“El agua superficial se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie terrestre, se encuentra en cuerpos de agua clasificados como: ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas, humedales, y otros similares, sean naturales o artificiales. El agua superficial proviene de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas”. (Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente -IARNA-, 2012)

“Un río es una corriente natural de agua que fluye continuamente de las partes altas hacia las partes bajas, no pierde su caudal en época seca pero incrementa considerablemente en época de lluvias, pueden desembocar en el mar, en un lago o en otro río, en este último caso se le denomina afluente”. (Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente -IARNA-, 2012)

“Un lago es un cuerpo de agua dulce o salada sin conexión con el mar, se abastece de agua que procede del escurrimiento de lluvia y de filtraciones de agua subterránea acumulada debido a una depresión del terreno normalmente por fallas geológicas. Algunos lagos se forman por la obstrucción de valles a causa de desplomes en sus laderas, son de origen volcánico. En un lago las velocidades del río disminuyen produciendo sedimentación, evaporación e infiltración. Dependiendo de las dimensiones del lago, especialmente de su forma y profundidad se producirán corrientes, tanto horizontales como verticales que le darán características especiales como ecosistemas”. (Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente -IARNA-, 2012)

“Los intercambios entre los cuerpos de agua superficial y los acuíferos (cuerpo de agua superficial) son importantes. Los ríos usualmente empiezan como pequeños arroyos y aumentan el caudal a medida que fluyen hacia el mar. El aumento del caudal que se produce en su trayecto hacia el mar especialmente en la época seca proviene principalmente de cuerpos de aguas subterráneas. Parte de las aguas superficiales también llegan a los mantos acuíferos (subterráneos) por medio de la infiltración”. (Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente -IARNA-, 2012)

“Los mares son los cuerpos más grandes de aguas superficiales con la característica de contar con altas concentraciones de sales lo cual le da el sabor salado al agua. Existen tres categorías de mares: litorales, interiores o cerrados y abiertos”. (Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente -IARNA-, 2012)

“La distribución del agua se encuentra de la siguiente manera: el 71% de la superficie del planeta Tierra están cubierta de agua. El agua disponible en la Tierra se encuentra principalmente formando parte de los océanos”. (Fundación Universitaria Católica del Norte, 2012)

“Alrededor de 2,25% (36 millones de km³) es agua congelada de los glaciares y capas de hielo polares. La mayor parte del 0.75% (8 millones de km³) restante está como agua dulce en las aguas superficiales y subterráneas, y el 0.2 % flota en la atmósfera”. (Fundación Universitaria Católica del Norte, 2012)

4.2.2 Calidad del agua

“La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal”. (Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental, 2003)

“Se refiere a los atributos que presenta el agua, de manera tal, que reúna criterios de aceptabilidad para diversos usos. Incluye todos los factores que influyen en el uso beneficioso”. (Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental, 2003)

4.2.3 Calidad intrínseca del agua

“Condiciones físico-químicas y biológicas de un medio natural que no ha sufrido intervención humana”. (Gutiérrez Cotro & Vaz Pardal, 2007)

4.2.4 Contaminación del agua

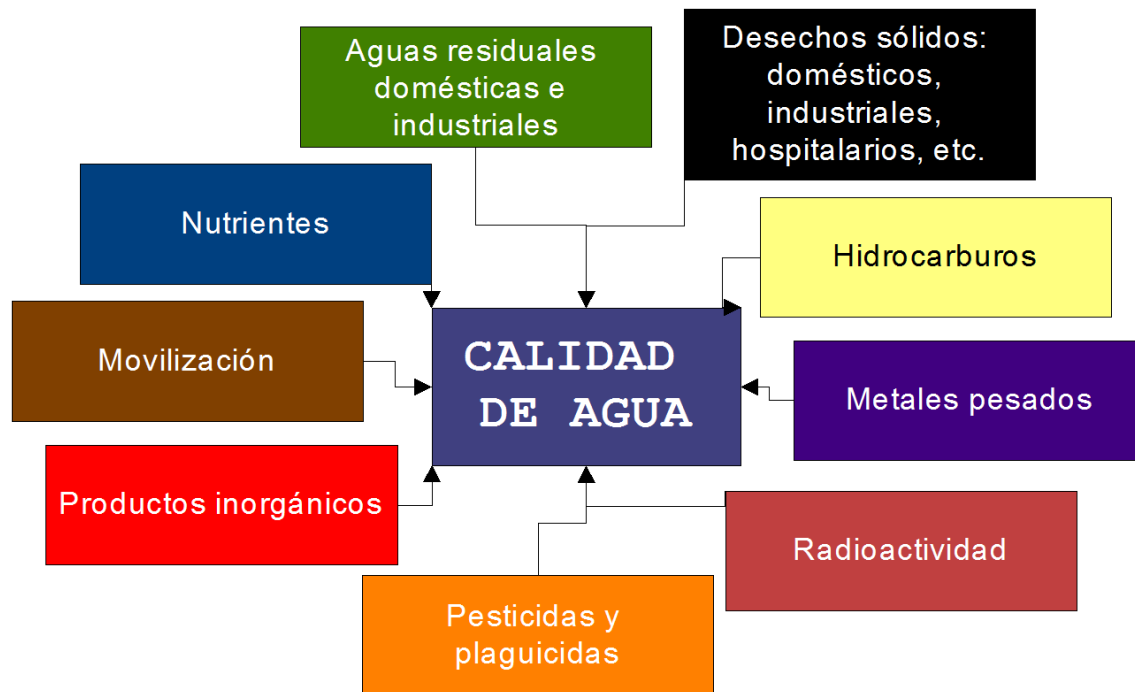
“Es la introducción de material químico, físico o biológico en un cuerpo hídrico (ríos, lagos, océanos, etc.) que degrada la calidad del agua y afecta a los organismos vivos que viven en ella, como a los que la consumen”. (Gutiérrez Cotro & Vaz Pardal, 2007)

“Este proceso varía desde la adición de sólidos suspendidos o disueltos, hasta descargas de contaminantes tóxicos persistentes tales como:

- Pesticidas,
- Metales pesados,
- Compuestos químicos no degradables y bioacumulativos.
- Microorganismos patógenos” (Gutiérrez Cotro & Vaz Pardal, 2007)

“El agua puede contener disueltos gases atmosféricos, emanación de humos, sales disueltas por el paso del agua a través de suelos y contaminantes tóxicos y no tóxicos procedentes de vertidos industriales, urbanos y agrícolas”. (Gutiérrez Cotro & Vaz Pardal, 2007)

Imagen 1 Acciones antropogénicas que afectan la calidad del agua



Fuente: www.dspace.espol.edu.ec/.../Calidad%20de%20Agua%20Unidad%20.

4.2.5 Gestión integral del recurso hídrico

“La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) es un proceso sistemático de desarrollo sostenible, asignación y seguimiento de los recursos hídricos. Tanto el concepto como los principios de la GIRH se expresaron claramente en la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente que tuvo lugar en Dublín, Irlanda, en 1992, así como en el Capítulo 18 de la Agenda 21, un documento de consenso que emergió de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, realizada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992. La GIRH surgió como un enfoque holístico para la gestión del agua, en respuesta a las crecientes demandas rivalizantes sobre reservas finitas de agua dulce”. (Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico-Cap-Net-; Global Water Partnership; UNDP, 2005)

“El enfoque apunta a garantizar un desarrollo concertado de los recursos hídricos, terrestres y recursos adicionales relacionados, con el fin de optimizar el bienestar económico y social sin comprometer la sostenibilidad de los sistemas ambientales. Diseñadores de políticas, analistas, organizaciones internacionales y gobiernos han intentado llegar a un consenso en torno a los principios que guiarán el

establecimiento de prioridades, el diseño de políticas y la elaboración de iniciativas concretas de GIRH”. (Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico-Cap-Net-; Global Water Partneship; UNDP, 2005)

“Entre los principios clave acordados se encuentran:

- El agua debe ser tratada como un bien económico, social y ambiental. Las políticas del agua deben enfocarse en la gestión del agua en su conjunto, y no solamente en el abastecimiento de agua”. (Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico-Cap-Net-; Global Water Partneship; UNDP, 2005)

- “Los gobiernos deben facilitar y propiciar el desarrollo sostenible de los recursos hídricos, mediante políticas y marcos regulatorios integrados para la gestión de los recursos hídricos; Los recursos hídricos deben gestionarse al nivel inferior más apropiado. Las mujeres deben ser reconocidas como un elemento central en el abastecimiento, la gestión y la protección del agua”. (Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico-Cap-Net-; Global Water Partneship; UNDP, 2005)

- “La aplicación de la GIRH como una filosofía, una política y una pauta de ejecución puede contribuir al abordaje de: La necesidad de mejorar la gobernabilidad del agua e incrementar la coordinación y la colaboración entre los diversos sectores del agua, tales como: abastecimiento de agua potable, saneamiento, riego, y mantenimiento de los ecosistemas”. (Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico-Cap-Net-; Global Water Partneship; UNDP, 2005)

- “Los potenciales conflictos y rivalidades entre diferentes interesados de todos los sectores, así como entre mujeres y hombres individuales, comunidades y gobiernos; La degradación del medio ambiente, que está amenazando toda la vida en el planeta. Las disparidades sociales y de género, en términos de acceso equitativo y control sobre los recursos, beneficios, costos y toma de decisiones entre las mujeres y los hombres; La necesidad del desarrollo sostenible de los recursos hídricos como un factor clave para la erradicación de la pobreza”. (Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico-Cap-Net-; Global Water Partneship; UNDP, 2005)

4.2.6 Índices de calidad para aguas superficiales (ICA)

“Un ICA es un número adimensional, comprendido entre 1-100, donde a mayor valor mejor es la calidad del recurso. Los parámetros incluidos en los ICA así como la definición de los rangos se han basado tradicionalmente en las curvas de distribución de las variables o en criterios biológicos en el caso del oxígeno disuelto o el pH”. (Ingeniería civil y medio ambiente -Miliarium-, 2004)

“Para conocer el grado de calidad de las aguas, independientemente del posible uso al que vayan a ser destinadas, se parte de la toma de muestras para la obtención de una serie de parámetros e indicadores. Estos datos, analizados y procesados, posteriormente se convierten en un valor numérico, que permite obtener una serie de índices que determinan el estado general de las aguas en función de unos rangos de calidades establecidos. Estos índices se pueden clasificar fundamentalmente en dos tipos: fisicoquímicos y biológicos”. (Ingeniería civil y medio ambiente -Miliarium-, 2004)

“Los parámetros utilizados en los índices se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos del agua

Parámetros utilizados en los índices fisicoquímicos de calidad del agua		
Parámetros organolépticos	Color	
	Turbidez	
	Olor	
	Sabor	
Parámetros físicos	Sólidos totales (residuo seco)	Sólidos suspendidos (sedimentables y no sedimentables)
		Sólidos filtrables (coloidales y disueltos)
	Temperatura	
	Conductividad	
	Radiactividad	
Parámetros químicos	Salinidad	
	Dureza	
	pH	
	Alcalinidad	
	Acidez	
	Oxígeno disuelto	
	Materia orgánica	

Parámetros utilizados en los índices fisicoquímicos de calidad del agua		
	DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	
	DQO (demanda química de oxígeno)	
	COT (carbono orgánico total)	
	Bionutrientes (N,P)	
	Otros compuestos	Metales pesados
		Aniones y cationes
		Sustancias indeseables
Sustancias tóxicas		
Parámetros microbiológicos	Indicadores	Coliformes (totales y fecales)
		Estreptococos fecales
		Enterococos fecales
	Ensayos específicos (salmonela, legionela)	

Fuente: (Ingeniería civil y medio ambiente -Miliarium-, 2004)

4.2.6.1 Conductividad

“Es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la presencia de iones. Proviene de una base, un ácido o una sal, disociadas en iones”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Los riesgos de un agua de riego con alta conductividad eléctrica son: Precipitación de sales: en la solución de riego con obstrucción de los goteros. Y daño al cultivo: por una solución demasiado concentrada en sales que produce interferencias en la absorción radical. Normalmente la concentración de sales es mayor dentro de la célula que en el agua del suelo. Si esto no ocurre, no se produce absorción de agua y la planta se marchita”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

4.2.6.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO

“Es una prueba que mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación Bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“La DBO de una muestra de agua expresa la cantidad de miligramos de oxígeno disuelto por cada litro de agua, que se utiliza conforme se consumen los desechos orgánicos por la acción de las bacterias en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno se expresa en partes por millón (ppm) de oxígeno y se determina midiendo el proceso de reducción del oxígeno disuelto en la muestra de agua manteniendo la temperatura a 20 °C en un periodo de 5 días. Una DBO grande indica que se requiere una gran cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica contenida en el agua”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Los niveles altos de DBO, indican que el agua está contaminada y necesita un tratamiento para darle un uso. La contaminación del agua por materia orgánica causaría en las plantas que estos contaminantes orgánicos se acumulen en las raíces o extremidades de los vegetales, y los afectados son los consumidores que los ingieren directamente”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

El aumento de la DBO, al igual que la DQO ocasiona disminución del oxígeno disuelto, afectando la vida acuática. Es importante tener en cuenta las variaciones relativas de oxígeno ya que si estas variaciones son grandes es síntoma de que ha habido un aumento anormal de vegetales, materia orgánica, gérmenes aerobios, reductores anaerobios”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

4.2.6.3 Nitritos y Nitratos

“Los nitratos se encuentran distribuidos en la litosfera en forma de sales sódicas y potásicas. Las concentraciones de los nitratos en aguas superficiales se deben a diferentes orígenes, se liberan cuando la materia orgánica se descompone por las bacterias del suelo y por disolución de rocas y de efluentes industriales. Por otro lado, la principal fuente de nitratos es la agricultura, donde se utilizan como componente de abonos y fertilizantes nitrogenados”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“La presencia natural de nitratos y nitritos en el medio ambiente es una consecuencia del ciclo del nitrógeno, por lo tanto las alteraciones de este ciclo por causas antropogénicas o naturales, tendrán como resultado una modificación en la presencia y concentración de dichos iones en el ambiente”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“El nitrato no es normalmente peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito (NO₂)”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Nitrato es una forma de nitrógeno que todas las plantas necesitan para crecer. En los campos, y también en los jardines, se usan los fertilizantes con nitrógeno para

enriquecer el suelo. Desafortunadamente, los nitratos pueden contaminar los acuíferos de agua subterránea”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“El transporte de nitratos a través del perfil del suelo se encuentra influenciado por sus propiedades, dosis de fertilización, tipo de cultivo y manejo del riego. En suelos con contenidos importantes de arenas finas o limos se evidenciaron las mayores pérdidas de nitrógeno bajo riego. Dada la relación entre el riego y el movimiento de los nitratos en el suelo, la eficiencia en el uso del agua de irrigación y del nitrógeno aplicado por fertilización adquiere gran relevancia, si se pretende realizar una producción sustentable”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“El nitrógeno más fácilmente asimilable se encuentra en forma de nitrato ($\text{NO}_3 - \text{N}$) y de amonio ($\text{NH}_4\text{-N}$). La forma más frecuente en las aguas de riego es, sin embargo, la de nitrato, mientras que en ellas, el nitrógeno en la forma de amonio es rara vez superior a 1.0 mg/l, a menos que contengan aguas residuales o fertilizantes que contienen nitrógeno amoniacal”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“El factor más importante para las plantas es el nitrógeno total, ya sea si su contenido se expresa en forma de nitrato, en forma de amonio o como nitrógeno orgánico”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Los cultivos sensibles resultan afectados por concentraciones de nitrógeno superiores a 5 mg/l, mientras que la mayor parte de los otros cultivos no son afectados hasta que las concentraciones exceden de 30 mg/l (Ministerio de Salud, Perú, 2010).

“A elevadas concentraciones de nitrógeno el cultivo aumenta de tamaño, mientras que su azúcar disminuye en su contenido y pureza, los excesos de nitrógeno prolongan su periodo vegetativo al mismo tiempo que disminuyen su producción, como consecuencia las cosechas son menores y las frutas tienen una maduración tardía y menor contenido de azúcar”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Las concentraciones excesivas de nitratos causan trastornos sanguíneos. Además, los altos niveles de nitratos y fosfatos en el agua estimulan el crecimiento de algas verde-azules, que llevan a la desoxigenación (eutrofización)”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010).

4.2.6.4 Oxígeno disuelto

“Es el oxígeno que está disuelto en el agua, y se obtiene por la aireación y como un producto de la fotosíntesis”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“La solubilidad del oxígeno en agua depende, además de su presión parcial, de la temperatura. La concentración de oxígeno disuelto en las aguas naturales es crucial para los animales acuáticos que lo utilizan en la respiración”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida (Ministerio de Salud, Perú, 2010).

Riesgos: “Las deficiencias de oxígeno disuelto posibilitan el desprendimiento de hierro y manganeso y su disolución causando, posibles problemas en el tratamiento del aguas”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“El sabor y olor son también un riesgo en ausencia de oxígeno disuelto, a causa de la potencial producción de sulfuro de hidrogeno y otros compuestos de azufre”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“La putrefacción de la materia orgánica en el agua produce una disminución de la cantidad de oxígeno (la cual es evaluada mediante la Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO) que causa graves daños a la flora y fauna acuática, pero que desaparece al término del proceso de putrefacción (Ministerio de Salud, Perú, 2010).

4.2.6.5 Potencial de hidrogeno pH.

“Expresa la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución. El pH del agua natural depende de la concentración de CO₂. El pH de las aguas naturales se debe a la composición de los terrenos atravesados, el pH alcalino indica que los suelos son calizos y el pH ácido que son silíceos”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“El pH es un valor variable entre 0 y 14 que indica la acidez o la alcalinidad de una solución. Y, además, conoce que el mantenimiento del pH apropiado en el flujo del riego ayuda a prevenir reacciones químicas de fertilizantes en las líneas, que un valor de pH elevado puede causar obstrucciones en los diferentes componentes de un sistema de fertirrigación debidas a la formación de precipitados, que un adecuado pH asegura una mejor asimilabilidad de los diferentes nutrientes, especialmente fósforo y micro nutrientes”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“La reacción del suelo o pH del suelo afecta de modo significativo la disponibilidad y la asimilación de nutrientes y ejerce una fuerte influencia sobre la estructura del propio suelo”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“En las aguas de riego el pH normal es de 6,5 y 8,4. Las aguas con pH anormal pueden crear desequilibrios de nutrición o contener iones tóxicos que alterarían el crecimiento normal de la planta”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

4.2.6.6 Sólidos suspendidos totales

“Sólidos constituidos por sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y sólidos coloidales, cuyo tamaño de partícula no pase el filtro estándar de fibra de vidrio”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Concentración de partículas que son retenidas en un medio filtrante de microfibra de vidrio, con un diámetro de poro de 1.5 micrómetros o su equivalente”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

Las partículas suspendidas en las aguas ayudan a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas que contienen las aguas y que al ser usadas para el riego ocasionan problemas de toxicidad ya que estos compuestos tóxicos son absorbidos por la zona radicular de la planta y por las hojas acumulándose en tejidos, en concentraciones lo suficientemente altas como para provocar daños y reducir sus rendimientos. La magnitud del daño depende de la cantidad de iones absorbidos y de la sensibilidad de la planta”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Las partículas suspendidas absorben calor de la luz del sol, haciendo que las aguas turbias se vuelvan más calientes, y así reduciendo la concentración de oxígeno en el agua (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría). Además algunos organismos no pueden sobrevivir en agua más caliente”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Las partículas en suspensión dispersan la luz, de esta forma decreciendo la actividad fotosintética en plantas y algas, que contribuye a bajar la concentración de oxígeno más aún”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Como consecuencia de la sedimentación de las partículas en el fondo, los lagos poco profundos se colmatan más rápido, los huevos de peces y las larvas de los insectos son cubiertas y sofocadas, las agallas se tupen o dañan”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010).

4.2.6.7 Coliformes totales

“La presencia de Coliformes en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Los coliformes termo tolerantes comprenden a los géneros de Escherichia y en menor grado Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter. Este grupo de organismos puede fermentar la lactosa entre 44 – 45 °C”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Los estreptococos fecales están constituidos por especie del genero Streptococcus como S. Faecalis, S. Faecium, S. Avium, S. Bovis, S. Equimy S. Gallinarum. Todos dan reacción positiva con los anticuerpos para el grupo D de Lancefield”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Las bacterias del grupo coliforme se encuentran en el intestino, en las heces humanas y en las de animales de sangre caliente”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“La contaminación por microorganismos puede acarrear graves problemas no solamente a la salud de las plantas y animales sino también a la del hombre, consumidor de ellos. La presencia de microorganismos debe vigilarse particularmente en los cultivos en que las raíces o las extremidades de los vegetales son consumidas por el hombre o los animales”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010) “Los criterios microbiológicos de calidad de agua son de gran importancia para el riego de productos frescos, frutas, hortalizas y productos de exportación”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

“Para asegurar la calidad del agua para el riego de vegetales de consumo crudo, no deben contener microorganismos patógenos, de esta manera se asegura la salud de la población”. (Ministerio de Salud, Perú, 2010)

4.2.6.8 Fosfatos

“Los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales. Dependiendo de la concentración de fosforo existente en el agua, puede producirse la eutrofización. Tan solo 1 gramo de fosfato-fósforo ($\text{PO}_4\text{-P}$) provoca el crecimiento de hasta 100 gramos de algas. Cuando estas algas mueren, los procesos de descomposición dan como resultado una demanda de oxígeno de alrededor de 150 gramos. Las concentraciones críticas para una eutrofización incipiente se encuentran entre 0,1-0,2 mg/l $\text{PO}_4\text{-P}$ en el agua corriente y entre 0,005-0,01 mg/l $\text{PO}_4\text{-P}$ en aguas tranquilas”. (Pütz, 2009)

“Los compuestos de fosfatos que se encuentran en las aguas provienen de: fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento; excreciones humanas y animales; detergentes y productos de limpieza”. (Pütz, 2009)

“La carga de fosfato total se compone de ortofosfato + poli fosfato + compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de orto fosfatos la más elevada”. (Pütz, 2009)

“El fósforo comúnmente puede encontrarse en el ambiente como fosfato. Los fosfatos son sustancias importantes en el cuerpo de los humanos porque ellas son parte del material de ADN y tienen parte en la distribución de la energía. Los fosfatos pueden ser encontrados comúnmente en plantas. Los humanos han cambiado el suministro natural de fósforo radicalmente por la adición de estiércol ricos en fosfatos. Demasiado fosfato puede causar problemas de salud, por ejemplo, afecciones en los riñones y la osteoporosis. Estas son causadas por uso extensivo de medicinas. Demasiado poco fosfato puede causar problemas de salud”. (Pütz, 2009)

“El fósforo en su forma pura tiene un color blanco. El fósforo blanco es la forma más peligrosa de fósforo que es conocida. El fósforo blanco es extremadamente venenoso y en muchos casos la exposición a él será fatal. En la mayoría de los casos la gente que muere por fósforo blanco ha sido por tragar accidentalmente veneno de rata. Antes de que la gente muera por exposición al fósforo blanco ellos a menudo experimentan náuseas, convulsiones en el estómago y desfallecimiento. El fósforo blanco puede causar quemaduras en la piel, dañar el hígado, corazón y riñones”. (Pütz, 2009)

“Una de las causa por la que los fosfatos dañan nuestra salud se puede dar con un hecho real. Los vegetarianos, padecen en menor grado de osteoporosis. Esto se da porque al no comer carne o pan, la cantidad de fosfatos digeridos es más baja. Una de las complicaciones de esta enfermedad es, que al incrementar el índice de vida, un porcentaje considerable de mujeres y hombres, puedan sufrir una fractura de cadera”. (Pütz, 2009)

“Los problemas ambientales más importantes son derivados del uso de tenso activos y fosfatos en la fabricación de los detergentes y sus consecuencias en el suelo y agua”. (Pütz, 2009)

“Éstos se incorporan a los detergentes, además de actuar como impulsor es de los tenso activos, para asociarse con los iones responsables de la dureza del agua (calcio, magnesio, hierro) que generalmente se precipitan en forma de sales y se

adhieren a la ropa entorpeciendo la limpieza de las prendas. Normalmente se ha utilizado un polímero con fosfato el tripolifosfato de sodio. Este componente puede constituir desde un 20-25% al 30-50% de los compuestos concentrados”. (Pütz, 2009)

“El fósforo, al ser el factor más limitante del crecimiento de las plantas, es el principal responsable de la eutrofización. Los detergentes y productos de limpieza contribuyen con el 20% sobre el total de vertidos de fosfato en el medio ambiente. El resto procede del sector agropecuario y las aguas residuales urbanas”. (Pütz, 2009)

“Aunque la producción de detergentes está automatizada, en la medida que no se controla el polvo en los lugares de trabajo pueden presentarse enfermedades del sistema respiratorio. Este problema se puede dar especialmente en las secciones de envasado y almacenamiento”. (Pütz, 2009)

“Otro tipo de reacciones son posibles enfermedades que se dan por el uso de hidróxido de sodio y otros productos utilizados en el proceso de sulfonación”. (Pütz, 2009)

“Los fosfatos pueden producir desórdenes digestivos y descalcificaciones en los niños; La depresión podría estar relacionada con alteraciones en la forma que nuestro organismo procesa la vitamina B y los fosfatos. Según investigadores de la Universidad de Bergen (Noruega), las vitaminas son importantes no sólo para la salud física, sino también para la salud mental”. (Pütz, 2009)

4.2.6.9 Temperatura

La temperatura revela que existe un contraste o gradiente de energía que provoca transferencia de calor. “En términos fisiológicos, la temperatura es considerada un parámetro de mayor significado que el contenido de calor de un cuerpo o sistema”. (Universidad de Puerto Rico, 2010)

“En consecuencia, la temperatura ejerce una marcada influencia sobre la reproducción, crecimiento y el status fisiológico de todas las entidades vivas. Los microorganismos como grupo (particularmente el grupo de las bacterias) demuestran una capacidad extraordinaria para vivir y reproducirse a lo largo de un amplio rango de temperaturas (desde temperaturas bajo 0 °C, hasta temperaturas que alcanzan los 113 °C). Los microorganismos se han agrupado en cuatro categorías, a base de su rango de temperatura óptimo para el crecimiento”. (Universidad de Puerto Rico, 2010)

4.2.6.10 Amonio

“El Amoniacó se disuelve fácilmente en agua donde genera el Ión Amonio (NH_4^+) y forma soluciones alcalinas. El Ión Amonio no es gaseoso y no se capta por olor en el ambiente”. (Red Telemática Educativa de Cataluña, 2012)

“Las aguas superficiales bien aireadas generalmente contienen poco amoníaco; aguas poco polucionadas de cauces naturales no suelen presentar más de 0,10 mg NH_3/L . Niveles superiores de amoníaco son indicativos de una contaminación reciente. La principal fuente de contaminación de amoníaco son las aguas residuales. En las aguas residuales, el amoníaco proviene de la descomposición de la urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, por parte de las bacterias ureasas. El agua de lluvia, debido a la disolución del nitrógeno de la atmósfera, puede presentar algunas trazas”. (Red Telemática Educativa de Cataluña, 2012)

“Cuando la materia orgánica que contamina al agua se ha agotado, la acción bacteriana de la desoxigenación de las aguas contaminadas oxida al ion amonio”. (Red Telemática Educativa de Cataluña, 2012)

4.2.6.11 Dureza

“Es una característica química del agua que está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio”. (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, 1994)

“La dureza es indeseable en algunos procesos, tales como el lavado doméstico e industrial, provocando que se consuma más jabón, al producirse sales insolubles”. (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, 1994)

“La dureza, por lo general, se expresa como el número equivalente de miligramos de carbonato de calcio (CaCO_3) por litro”. (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales, 1994)

4.2.7 Técnicas de muestreo

“La recolección de la muestra es un punto crítico en el procedimiento de la evaluación de la calidad del agua. La selección del punto de muestreo tendrá como requisito principal que la muestra sea representativa del sistema, del componente, de las fuentes de agua, del reservorio, etcétera. El envase para la toma de muestras tendrá las características apropiadas para el tipo de análisis que se efectuará.” (Zumaeta, 2004)

Para el análisis microbiológico, la muestra se tomará en un envase de 100 mililitros de capacidad, de plástico, de boca ancha y con tapa rosca.

Para los análisis fisicoquímicos básicos (pH, turbiedad, conductividad, oxígeno disuelto, temperatura) deben ser preferentemente evaluados en campo. En caso de no contar con los equipos de campo requeridos para la evaluación de estos parámetros, se tomará una muestra de 100 mililitros, sin preservantes.

“No se debe exponer la muestra a la luz ni tampoco agitarla. La muestra debe ser analizada en forma inmediata.” (Zumaeta, 2004)

Toma de muestras: “Para llenar el frasco con la muestra, se debe sostener el frasco por la parte inferior y sumergirlo hasta una profundidad de aproximadamente 20 centímetros, con la boca del frasco ligeramente hacia arriba. Si se trata de una corriente, colocar la boca del frasco en sentido contrario a la corriente del agua”. (Zumaeta, 2004)

4.3 Variable No. 2 Usos potenciales del agua

4.3.1 Usos generales de las aguas superficiales

“En términos generales, los usos del agua pueden clasificarse en seis grupos:

- Usos domésticos
- Usos agrícolas
- Usos industriales
- Usos hidroeléctricos
- Usos como transporte y navegación
- Usos recreativos y pesca”. (Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropiada -CEMAT-, 2010)

4.3.2 Parámetros para definir el uso según la calidad:

4.3.2.1 Uso potable:

“Norma guatemalteca obligatoria para agua potable COGUANOR NGO 29001:99 (Abril 1999)”. (Laboratorio Biológico Industrial, 2011) (Ver anexo 10.6.1)

4.3.2.2 Uso agrícola:

“Especificaciones de la FAO en sus cuadernos de informes anuales”. (Vilchez Ochoa, 2012) (Ver anexo 10.6.2)

4.3.3 Usos potenciales del agua

Los usos potenciales del agua en el mundo son estandarizados y Guatemala no es la excepción. Las categorías de usos potenciales son:

- a. Agua para consumo domestico
- b. Riego
- c. Industria
- d. Generación de transporte marítimo, pluvial o lacustre
- e. Pesca
- f. Recreación y turismo.

El consumo de agua continúa incrementándose con el paso del tiempo, por la presión de la población humana que demanda de más cantidad para consumo, existe mayor demanda de productos y servicios que generalmente hacen uso del agua en alguna fase de su producción o manufactura. La demanda de agua estimada para el año 2020 se presenta en la siguiente tabla, distribuida por categoría de usos.

Tabla 2. Uso actual y demanda futura del agua en Guatemala.

Usos del agua	Demanda actual (millones de m ³)	Demanda futura año 2025 (millones de m ³)
Agua potable	266	631
Riego	5,500	25,000
Industria	425	1,000
Energía	12,900	65,000
Total	19,091	93,656
Disponibilidad del recurso hídrico y subterráneo	134,288	134,288
Balance del recurso hídrico	115,197	40,632

Fuente: <http://biblio3.url.edu.gt/IARNA/SERIETECNINCA/5.pdf>

4.4 Variable No. 3 Conflictos de uso del agua

“Bajo este título se define a las unidades donde el hidro-ecosistema dominante no guarda correspondencia con la vocación de uso principal o con un uso compatible. El uso actual causa deterioro ambiental, lo cual no permite mantener actividades adecuadas y concordantes con la capacidad productiva natural de las fuentes.

No existe conflicto de uso cuando estas áreas se definen como lugares geográficos en los cuales existen condiciones ambientales propicias para el desarrollo de los usos actuales, por lo cual se recomienda evitar que entren en algún tipo de conflicto. Se debe mantener el uso actual o usos alternativos compatibles, incorporando medidas que prevengan el deterioro de los recursos para garantizar su sostenibilidad en el tiempo”. (Alvarado Quiroa, 2012)

4.4.1 “Sub utilización del recurso hídrico:

El agua se utiliza por debajo de su potencial: uso de una fuente de agua a una intensidad menor que la que es capaz de soportar en términos físicos. Esta categoría de confrontación se asigna cuando el agua no está siendo aprovechada eficientemente, de acuerdo a su potencial. El uso actual corresponde a una alternativa de menor productividad que la de la capacidad de uso”. (Alvarado Quiroa, 2012)

4.4.2 “Sobre utilización del recurso hídrico:

Calificación dada a las aguas donde el uso actual dominante es más intenso en comparación con la vocación de uso principal natural asignado a las aguas, de acuerdo con sus características ecológicas. Actividad que se está realizando y que es de mayor intensidad a la que la fuente de agua puede soportar. Se fija esta designación cuando el agua está siendo utilizada con alternativas que no son adecuadas, de acuerdo a su potencial de uso, y presentan un alto riesgo para la degradación del recurso hídrico”. (Alvarado Quiroa, 2012)

5 MARCO METODOLÓGICO

5.1 Características de la Mixtura:

Se utilizó una investigación aplicada, la cual genera conocimiento a través del uso de la tecnología, permitiendo generar información para su aplicación de manera inmediata y con la finalidad de resolver un problema específico.

El nivel del conocimiento del problema permitió utilizar una investigación diagnóstica estimando el estado actual de la problemática indagada logrando un mayor conocimiento del mismo y así poder señalar las posibles causas y efectos.

5.1.1 Método cuantitativo

Para determinar la calidad de las aguas superficiales de los municipios de Almolonga y Zunil en este estudio, se utilizó un índice de calidad de aguas superficiales WQINSF, definido por la Fundación de Sanidad Nacional NSF, este se consideró adecuado para alcanzar los objetivos del estudio.

En este estudio se utilizó el método comparativo. Los resultados fueron comparados con los rangos establecidos en los parámetros del –ICA- utilizado para este estudio (WQINSF definido por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos NSF).

5.1.2 Método cualitativo

Se utilizó el método deductivo para inferir a partir de una cuestión general. Los conflictos de uso de las aguas superficiales se determinaron a través de la comparación de las potencialidades de usos con los usos actuales.

5.1.3 Secuencia temporal del método cualitativo y cuantitativo

Se utilizó una secuencia sucesiva, primero se alcanzaron los resultados del análisis cuantitativo, (calidad de las aguas superficiales a través del índice WQINSF), posteriormente se procedió a definir los usos potenciales y conflictos de uso en función de los datos establecidos en el índice utilizado. Para determinar la calidad de las aguas superficiales, se realizaron dos muestreos, el primero se realizó en época seca (septiembre de 2012) y el segundo muestreo en época seca (febrero de 2013).

5.2 Pasos del trabajo de campo.

Los pasos del trabajo de campo realizado se describen a en la imagen 2.

Imagen 2: Flujoograma del proceso



Fuente: Elaboración propia.

5.2.1 Actualización del inventario y georreferenciación de las fuentes de aguas superficiales

Se consultó al personal de las oficinas ambientales de las municipalidades correspondientes para verificar registros existentes de las fuentes de aguas superficiales en los municipios en estudio y para garantizar la información, se realizaron visitas de campo para incluir fuentes no registradas y fuentes que se encontraban en los registros pero que no se encontraron en campo, este proceso permitió crear una base de datos actualizada que contempla ubicación geográfica, nombre de la fuente y lugar donde se encuentra cada una. Para esto se utilizó un receptor de Geo Posicionamiento Satelital –GPS- proyectado en coordenadas GTM.

5.2.2 Cartografía temática

Las fuentes hídricas superficiales se representaron mediante georreferenciación y el uso de orto fotos, esto se logró con uso del programa de información geográfica Arc Map 10.1 lo que permitió la visualización, edición y creación de datos geoespaciales, que a su vez generaron cartografía temática (mapas de puntos).

5.2.3 Determinación de la población y muestra representativa

La población de las fuentes hídricas superficiales para este estudio se determinó por medio de la actualización de un inventario de las mismas. Para determinar el número de la muestra (No. de fuentes hídricas superficiales muestreadas) se utilizó la fórmula para poblaciones finitas y su distribución se realizó mediante el método aleatorio simple utilizando Rand # de la calculadora.

Para la actualización del inventario de fuentes hídricas en los municipios, se consideraron únicamente las fuentes a las que se tuvo acceso, evitando generar conflictos con los propietarios de los terrenos en donde se ubican las fuentes y eliminando riesgos para el investigador y colaboradores de campo.

5.2.4 Metodología de muestreo de las fuentes hídricas superficiales

Para esta investigación se realizó un muestreo simple (toma de una sola muestra, en un sitio específico). Las muestras colectadas sirvieron para determinar parámetros de calidad del agua de las fuentes que representaron.

La metodología de muestreo en campo que fue utilizada para las dos fases de muestreo de la investigación se describe a continuación:

- a. Rotulación de los contenedores (frascos para recolección de muestras): cada uno de los frascos, se identificó con rótulos adhesivos para evitar errores que pudieran generar confusión.

- b. Preparación del equipo de campo: el equipo de laboratorio se revisó previo a su uso, para prevenir inconvenientes en campo.
- c. Equipo de protección personal: El responsable del muestreo de las aguas utilizó guantes para evitar la alteración de la calidad de las muestras de agua.
- d. Obtención de las muestras: las muestras fueron tomadas en el centro de la fuente a una profundidad media que dependió de las características de cada una de las fuentes muestreadas, todo esto con el objetivo de evitar sesgos en los resultados por efectos de alta concentración de contaminantes en las orillas o muy cercanas a fuentes de descargas de elementos contaminantes.

Por cada punto muestreado se colectaron cinco muestras o frascos. Dos frascos de 100 ml para análisis bacteriológico, un frasco de 120 ml para análisis químico (Nitrito, nitrato, fosfato, amonio, sulfatos, dureza, demanda química de oxígeno, turbidez), un frasco de 120 ml para determinar sólidos totales disueltos y un frasco de 1,200 ml para la demanda biológica de oxígeno DBO₅.

- e. Transporte de las muestras tomadas: Las muestras colectadas se transportaron en cadena de frío para mantenerlas a una temperatura promedio de 4 °C, hasta su llegada al laboratorio para ser analizadas. Los análisis se realizaron en el Laboratorio Ambiental de la División de Ciencia y Tecnología, del Centro Universitario de Occidente, en donde se efectuó la determinación de los parámetros químicos y bacteriológicos.

5.2.4.1 Materiales e insumos necesarios para la recolección de muestras y determinación de los parámetros que se medirán in situ.

- Agua tri-destilada
- Baterías para hielera
- Cinta adhesiva
- Formatos de campo
- Frascos estériles para recolección de muestras
- Guantes
- Hielera
- Lapicero
- Libreta de campo
- Mas King tape
- Aparato Multiparámetros
- Papel mayordomo
- Pizetas
- Sondas (para medición de pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto).
- Tijeras

5.2.5 Medición de parámetros In situ

Al momento de la toma de muestras en campo, se determinaron los parámetros físico-químicos de cada una según el índice de Calidad de Agua -ICA- definido para este estudio (Oxígeno disuelto, Potencial de hidrogeno, Temperatura ambiente y temperatura de la muestra, conductividad eléctrica).

5.2.6 Determinación de parámetros físicos, químicos y análisis Bacteriológico en laboratorio.

- a. Determinación de parámetros físico-químicos: para la determinación de estos parámetros, se utilizaron sondas específicas para cada parámetro (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica).
- b. Determinación de parámetros químicos: para estas determinaciones, se utilizó el método espectrofotométrico.
- c. Determinación de Coliformes totales: para determinar la carga de estos en las muestras, se utilizó el método de Filtración a través de membranas.

5.2.6.1 Recursos para análisis químico y bacteriológico de las muestras:

- Agitador eléctrico
- Agua tri-destilada
- Bata blanca
- Beaker de 50 ml
- Beaker de 500 ml
- Botellas de incubación para la DBO₅, de 250 a 300 ml
- Cerillos
- Cinta adhesiva
- Cronómetro
- Cubeta de 10 mililitros
- Espectrofotómetro HACH
- Gas propano
- Guantes
- Incubadoras
- Incubadora de DBO
- Libreta
- Limpiadores
- Marcadores
- Mascarilla
- Mechero
- Medios de cultivo
- Membranas filtrantes de 0,45 µm de tamaño de poro
- Papel mayordomo
- Pinzas estériles
- Pipeta (TenSette) de 0.1-1.0 mililitros
- Pipetas estériles de 10 y 1 mil.
- Pipetor
- Porta cubetas
- Reactivos
- Bomba de vacío
- Soporte del filtro con embudo
- Tijeras

5.3 Dimensión cuantitativa.

5.3.1 Definición del método de investigación utilizado.

5.3.1.1 Selección de un índice de calidad de aguas superficiales para los municipios de Almolonga y Zunil.

Para determinar la calidad de las aguas superficiales en esta investigación, se eligió el ICANSF establecido por la National Sanitation Foundation (NSF) de los Estados Unidos. Este índice se consideró en base a la experiencia de los asesores técnicos, parámetros que considera, disponibilidad de recursos capacidad del laboratorio para realizar los respectivos análisis y por ser base para la estructuración de nuevos índices según los objetivos de cada estudio. Para llegar a la selección se consideraron diferentes ICAs.

Para la selección de este índice, se consideraron los índices más utilizados a nivel internacional, que se describen en la tabla 6.

Tabla 3. Índices de calidad de aguas superficiales

Índices de Calidad para aguas Superficiales más utilizados.													
PAÍS	ESTADOS UNIDOS		UNEP-GEMS		UNIÓN EUROPEA	ESPAÑA	BRASIL		COLOMBIA		GUATEMALA		FRECUENCIA
	ÍNDICE	ICA NSF 1970	ICA Dinius 1987	DWQI		UWQI 2007	ISQA 1982	IAP		ICA Rojas 1991	ICAUCA 2004	COGUANOR NGO 29,001	
PARÁMETRO			WWQI 2007	AWQI 2007			IQA 1975	ISTO 2002					
pH	X	X		X	X		X		X	X	X	X	0.9
OD	X	X			X	X	X		X	X			0.7
Nitratos	X	X	X		X		X				X	X	0.7
DBO	X	X			X		X		X	X			0.6
Coliformes Fecales	X	X					X		X	X	X		0.6
Turbiedad	X						X		X	X	X	X	0.6
Temperatura	X	X				X	X				X		0.5
Sólidos Disueltos Totales	X						X		X	X	X		0.5
Conductividad		X				X					X	X	0.4
Cadmio			X		X			X			X		0.4
Mercurio			X		X			X			X		0.4
Color		X								X	X	X	0.4
Cloruros		X		X							X	X	0.4
Manganeso			X					X			X	X	0.4
Fósforo Total					X		X			X			0.3
Plomo			X					X			X		0.3
Cromo Total			X					X			X		0.3
Arsénico			X		X						X		0.3
Fluoruro			X		X						X		0.3
Zinc				X				X			X		0.3
Coliformes Totales		X			X						X		0.3
Nitritos			X								X	X	0.3
Olor											X	X	0.2
Sabor											X	X	0.2
Sólidos Suspendidos						X				X			0.2
Nitrógeno Total							X			X			0.2
Calcio											X	X	0.2
Magnesio											X	X	0.2
Dureza		X									X		0.2

Índices de Calidad para aguas Superficiales más utilizados.															
PAÍS	ESTADOS UNIDOS		UNEP-GEMS		UNIÓN EUROPEA	ESPAÑA	BRASIL		COLOMBIA		GUATEMALA		FRECUENCIA		
	ÍNDICE	PARÁMETRO	ICA NSF 1970	ICA Dinius 1987	DWQI		UWQI 2007	ISQA 1982	IAP		ICA Rojas 1991	ICAUCA 2004		COGUANOR NGO 29,001	*A G 178-2009
			WWQI 2007	AWQI 2007				IQA 1975	ISTO 2002						
	Cobre		X										X		0.2
	Boro		X										X		0.2
	Cianuro				X								X		0.2
	Selenio				X								X		0.2
	Aluminio Disuelto								X				X		0.2
	Cloro residual libre												X		0.1
	DQO						X								0.1
	Alcalinidad		X												0.1
	Amoniaco				X										0.1
	Fosfatos	X													0.1
	Sodio				X										0.1
	Sulfatos				X								X	X	0.10
	Hierro				X								X	X	0.1
	Bario												X		0.1
	Níquel								X						0.1
	PFTHM								X						0.1
	Cobre Disuelto								X						0.1
	Hierro Disuelto								X						0.1
	COT						X								0.1
	Total Parámetros	9	12	18	12	5	20	6	10	33	14				

*A G 178-2009 = Acuerdo Gubernativo Numero 178-2009

Fuente: Universidad de Medellín, Colombia, 2009, Comisión Guatemalteca de Normas, 1999 y Organismo Ejecutivo, Guatemala, 2009.

5.3.2 Contexto espacial y temporal de la investigación.

La investigación se realizó Almolonga y Zunil ambos del departamento de Quetzaltenango, con una duración de 11 meses, (Agosto del año 2012 al mes de julio de 2013), en este periodo se consideran la planificación, ejecución y redacción de informe de resultados del estudio.

Para este estudio se realizaron dos muestreos de aguas superficiales, el primero se realizó en época lluviosa (septiembre del año 2012) y el segundo en época seca (Febrero de 2013).

5.3.2.1 Descripción general del municipio de Almolonga.

Localización y extensión territorial:

“El municipio de Almolonga, se encuentra situado en la parte Este del departamento de Quetzaltenango, en la Región VI o Región Sur-Occidental. Limita al Norte con los municipios de Cantel y Quetzaltenango; al Sur con los municipios de Zunil y Quetzaltenango; al Este con los municipios de Cantel y Zunil; y al Oeste con el municipio de Quetzaltenango. Se encuentra a una distancia de 3 km. de la cabecera departamental de Quetzaltenango y a 208 km. de la ciudad capital de Guatemala.” (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025)

“La extensión territorial es de 20 kilómetros cuadrados, con una altitud de 2,251.21 metros sobre el nivel del mar, longitud de 91° 29' 40" y una latitud de 14° 48' 44". (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025).

Imagen 3. Ubicación del municipio de Almolonga.



Fuente: (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025).

Clima: “El municipio de Almolonga tiene un clima totalmente frío, la temperatura promedio anual es de 12 a 18 grados centígrados, con heladas en los meses de noviembre a febrero. Tiene una precipitación pluvial anual de 2,000 milímetros.” (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025)

Orografía: “El municipio de Almolonga cuenta con las montañas: Chopocol, Chik’chelaj, Pasumquiej, Choq’antel y Xejuyub, así mismo, limita al poniente con el volcán Cerro Quemado, que se localiza aproximadamente a 2 kilómetros de distancia. Las montañas han sufrido deforestación por el avance de la frontera agrícola, que constantemente va en expansión.” (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025)

Recurso Suelo: “Los suelos de Almolonga pertenecen a la serie de suelos de Alotenango, los cuales se caracterizan por ser profundos, bien drenados, desarrollados sobre cenizas volcánicas recientes, su textura en el valle, franco-arenosa y en las laderas, arcillosa. Así mismo su PH (Contenido de materia orgánica y calcio magnesio) oscila entre 6.2 y 6.9. En la actualidad los suelos de Almolonga son explotados debido a que son ricos en materia orgánica y ofrecen mayor retención de agua y en ocasiones ayudan a combatir mejor las enfermedades vegetales; así también, son utilizados para el servicio de drenajes domiciliarios y drenajes públicos.” (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025)

Recurso bosques: “Los bosques están clasificados como húmedos en la parte sur, y secos en la parte norte; las especies predominantes en estos bosques son; pino, ciprés, aliso y encino. Actualmente solo el 30% del territorio municipal cuenta con cobertura municipal.” (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025)

Recurso hídrico: “En el municipio de Almolonga en los años 1970, existieron dos riachuelos “el Chinimá y el Cañal” que desaparecieron debido a la deforestación y a la contaminación; sin embargo, afloran varios nacimientos de agua en lugares como Villa Alicia, Valle Paraíso, Los Chorros y los Baños; los cuales constituyen actualmente las fuentes de explotación.” (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025)

División político-administrativa: “El municipio de Almolonga, está conformado por siete zonas de las cuales cuatro forman el área urbana y tres el área rural, como se detalla a continuación:” (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025)

Imagen 4. División político-administrativa del municipio de Almolonga.

Categoría	1994		2001	
	Nombre del Lugar	Nombre del Lugar	Nombre del Lugar	Zona
Pueblo	Barrio la Merced	Barrio la Merced	Barrio la Merced	Zona 1
Pueblo	Barrio el Paraíso	Barrio el Paraíso	Barrio el Paraíso	Zona 2
Pueblo	Barrio la Libertad	Barrio la Libertad	Barrio la Libertad	Zona 3
Pueblo	Barrio la Esperanza	Barrio la Esperanza	Barrio la Esperanza	Zona 4
Aldea las Delicias	Paraje Pacaja y Paraje Xolsiguan	Paraje Pacaja y Paraje Xolsiguan	Paraje Pacaja y Paraje Xolsiguan	Zona 5
Aldea los Baños	Paraje Xolsiguan	Paraje Xolsiguan	Paraje Xolsiguan	Zona 6
Aldea los Baños	Paraje Xeúl	Paraje Xeúl	Paraje Xeúl	Zona 7

Fuente: (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025).

Vías de comunicación: “El municipio de Almolonga, departamento de Quetzaltenango, cuenta con una carretera principal asfaltada y con dos vías de acceso, una entrada por Zunil y la otra por Quetzaltenango, así también, cuenta con calles adoquinadas y pavimentadas tanto en el casco urbano como en algunas áreas de las aldeas.” (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025)

Demografía: “De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística (INE-2002), y sus proyecciones para el año 2010 la población de Almolonga ascendía a 17,186 habitantes, de estos, el 45% representado por hombres, y el 55% restante representando por mujeres. La población del municipio de Almolonga se caracteriza por ser en un 99% indígena.” (Municipalidad de Almolonga, 2011-2025)

5.3.2.2 Generalidades del municipio de Zunil

Localización y extensión territorial: “El municipio de Zunil se localiza a una altura de 2,077.66 metros sobre el nivel del mar, Latitud Norte 14°46’59”, cuenta con clima frío, invierno benigno húmedo e invierno seco, Longitud Oeste 91°29’63” con clima variado. La parte sur del municipio es de clima semi cálido sin estación fría, muy húmedo y sin estación seca. Se manifiestan dos estaciones claramente definidas, invierno y verano”. (Zunil, 2011-2025)

Humedad relativa: “La humedad relativa oscila entre 80% a 85%”. (Zunil, 2011-2025)

Zonas de vida: “Se pueden identificar tres zonas de vida: El Bosque muy húmedo Montano Subtropical (bm-MS), Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MBs), Bosque muy húmedo Subtropical (cálido) (bmh-S(c))”. (Municipalidad de Zunil, 2011)

Recurso suelo: “El municipio de Zunil fisiográficamente está compuesto por Tierras Altas Volcánicas, Declive del Pacífico. Según Simons y colaboradores los suelos de Zunil pueden clasificarse en suelos Ostuncalco en mayor porcentaje, suelos Camancha, Totonicapán, Alotenango y Palín. Esta región está formada por llanos cóncavos de abanicos aluviales coalescentes, la pendiente en la parte superior es aproximadamente del 22%”. (Municipalidad de Zunil, 2011)

Recurso forestal: “El municipio cuenta con un área total de 92 Km², del cual el 55% tiene cobertura forestal, y el parque regional Zunil (área protegida) representa el 77%, el resto es de propiedad privada”. (Zunil, 2011-2025)

“De acuerdo al plan maestro del parque regional de Zunil, se identifican tres tipos de bosques: Bosques de especies latifoliadas, bosques de especies coníferas y Bosques mixto”. (Zunil, 2011-2025)

Recurso Hídrico: “Zunil cuenta con recurso hídrico abundante, los principales ríos que nacen en el territorio municipal son: Tzarajmacáj, Pachamiyá y nacimientos que abastecen al río Ixtacapa. El río Samalá atraviesa el municipio por lo cual este pertenece a la cuenca del mismo nombre”. (Zunil, 2011-2025)

“Además de los ríos mencionados el municipio cuenta con seis riachuelos, 19 quebradas, 17 corrientes intermitentes y dieciséis nacimientos de agua dulce de los cuales siete son utilizados para abastecimiento de agua potable, entre los principales nacimientos están el Chamiyá, Chicovix, El Chorro, Santa María, Cerro Galápagos, La Calera, Xolnimacajá, Xecampaná y Xecanatic, también existen manantiales térmicos azufrados y no azufrados”. (Zunil, 2011-2025)

División político-administrativa: “El municipio de Zunil, está compuesto por la Cabecera municipal, 5 aldeas, 7 caseríos, 2 parajes y 3 fincas. En la siguiente tabla se describen detalladamente los poblados del municipio”. (Zunil, 2011-2025)

Tabla 4. División político-Administrativa del municipio de Zunil, Quetzaltenango.

No.	COMUNIDADES	CATEGORÍA
1	Zunil	Cabecera municipal
2	Chicovix	Aldea
3	Chuimucubal	Aldea
4	La Calera	Aldea
5	La Estancia de la Cruz	Aldea
6	Santa María de Jesús	Aldea
7	Paxmux	Caserío
8	El Chorro	Caserío
9	Chuitziquiná	Caserío
10	Chuitinimit	Caserío
11	La Colonia	Caserío
12	La Muralla	Caserío
13	La Planta	Caserío
14	Aguas Amargas	Paraje
15	Fuentes Georginas	Paraje
16	Canadá	Finca
17	Montecristo	Finca
18	Alejandría	Finca

Fuente: (Municipalidad de Zunil, 2011)

Vías de comunicación: “Se tiene acceso al municipio por la carretera intra troncal de occidente (CITO), interceptándose las rutas CA1 de occidente con la ruta CA2 de la costa sur, la cabecera municipal se ubica a 1 kilómetro de ambas carreteras. Las vías internas del municipio son de terracería que en época seca no presentan problemas para el transporte contrario a la época lluviosa. Dificultando el transporte de la población y los productos agrícolas”. (Municipalidad de Zunil, 2011)

Población total: “Un estudio censal realizado durante el año 2008 al 2009, por la Dirección de Planificación Municipal determinó que la población asciende a 15,289 personas. Siendo estos datos los más recientes y confiables para la planificación municipal”. (Zunil, 2011-2025)

Las principales causas de degradación de los recursos naturales en el municipio de Zunil, según el Diagnóstico Ambiental realizado en el 2012 son:

- **Recurso Hídrico:** La descarga de las aguas servidas y desechos sólidos al cauce del río Samalá, la deforestación en zonas de recarga hídrica.

- **Recurso Suelo:** El recurso suelo se ve afectado por la presión al que está sometido debido al crecimiento poblacional e incremento de su demanda para la actividad agrícola principalmente. El problema radica en que la mayoría de los terrenos son quebrados con pendientes de hasta 60%. La agricultura es intensiva, los agricultores hacen uso indiscriminado de pesticidas agrícolas, no utilizan estructuras para la conservación de suelos.
- **Forestal:** El recurso forestal se ve amenazado por los incendios forestales provocados por la actividad humana intencional, por el avance de la frontera agrícola y por la extracción de leña.
- **Flora:** La flora local enfrenta problemas principalmente por los incendios forestales y el avance de la frontera agrícola principalmente.
- **Fauna:** La degradación de la fauna está centrada en la pérdida de los hábitats naturales provocados por los incendios forestales y por el avance de la frontera agrícola.

5.3.2.3 Definición conceptual, operativa e instrumental.

Tabla 5. Operativización de hipótesis cuantitativa

Hipótesis No. 1: Más del 45% de las fuentes de agua superficial de los municipios de Almolonga y Zunil se encuentran contaminadas.					
Variable	Indicador	Respondente	Técnica	Instru- mento	Nivel
Calidad de aguas superficiales	Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos considerados en el ICA, WQINSF.	Índice de calidad del agua superficial ICA	Muestreo simple y análisis químico, fisicoquímico y bacteriológico del agua en el laboratorio	Equipo de campo y de laboratorio	Local

Fuente: Álvarez 2012

5.3.3 Sujetos:

5.3.3.1 Población

La población total de fuentes hídricas del municipio se determinó por medio de la actualización del inventario. Para este caso se consideraron las fuentes a las cuales se tuvo acceso directo para comprobar su existencia y la posibilidad de tener acceso a cualquiera de ellas al momento del muestreo.

5.3.3.2 Muestra

El número de fuentes a muestrear por municipio se determinó en base a la fórmula para el cálculo de muestras de poblaciones finitas, utilizando un 90% de certeza.

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

En donde:

N = población total **n** = es igual al tamaño de la muestra

Z = es el nivel de confianza **e** = minúscula significa el nivel de error aceptable

σ = sigma como constante.

La selección de las fuentes hídricas que conformaron la muestra representativa se realizó mediante el método aleatorio simple utilizando Rand # de la calculadora para que evitar sesgos o preferencias en la selección de la población muestra.

5.3.4 Fuentes de información.

5.3.4.1 Primarias.

a) Reconocimiento de campo

Se realizaron reconocimientos de campo para actualizar el inventario de las fuentes hídricas superficiales y conocer las características generales de cada fuente.

b) Muestras de agua superficial:

Se efectuaron dos muestreos de agua superficial en diferentes épocas, el primero se realizó en época lluviosa (septiembre de 2012) y el segundo en época seca (febrero de 2013), en las muestras se determinaron las condiciones físicas, químicas y bacteriológicas del agua.

Se comparó la información de los usos actuales con los usos potenciales de cada fuente, los cuales fueron determinados a través del ICA para

aguas superficiales WQINSF, logrando así determinar los conflictos de uso existentes en cada municipio.

5.3.4.2 Secundarias.

a. Consultas bibliográficas

Se revisaron los índices para determinar la calidad de las aguas superficiales, considerando los más utilizados a nivel internacional. Estos índices se describen en la Tabla 6.

5.3.5 Técnicas e instrumentos utilizados en la recopilación de los datos.

Se definió un formato que se utilizó para recabar la información pertinente al momento de realizar los muestreos de aguas en campo. Esta boleta se detalla en la sección de anexos del presente documento.

5.3.6 Técnica de análisis de datos

Método comparativo: el valor del índice WQINSF obtenido para cada fuente fue comparado con los rangos establecidos por el mismo índice y cada una de las fuentes fue ubicada en el nivel de calidad que le corresponde.

5.4 Dimensión cualitativa:

5.4.1 Las categorías de análisis de la investigación.

Tabla 6. Operativización de la hipótesis cualitativa

Hipótesis No. 2: Existe incongruencia entre los usos actuales y las potencialidades de uso en más del 45% de las fuentes de agua superficial de los municipios de Almolonga y Zunil.					
VARIABLE	INDICADOR	RESPONDENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	NIVEL
Potencialidades	Parámetros de calidad (pH, conductividad, oxígeno disuelto, fosfatos, entre otros)	Índice de calidad de aguas superficiales	Muestreo análisis	Equipo de campo y de laboratorio	Local
Conflictos de uso	Usos actuales y potencialidades	Índice de calidad de agua superficial ICA	Entrevista a personas clave	Dialogo semi-estructurado	Local

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 Características de los informantes

Los informantes en el método cualitativo se caracterizaron porque comprendían el objeto de estudio y por contar con información al respecto.

5.4.2.1 Fuentes de información secundarias:

Se consultó información bibliográfica referente a las potencialidades y conflictos de uso. El índice WQINSF, utilizado para determinar la calidad de las aguas superficiales también establece los usos posibles para cada nivel de calidad del agua.

5.4.3 Fuentes de información primaria

Director del Departamento de Áreas Protegidas y Medio Ambiente de la municipalidad de Zunil y Presidente de la Comisión de Medio Ambiente del Consejo Municipal de Almolonga, con apoyo del personal de campo de su dependencia que conocen la ubicación, usos y manejo que se le da a las fuentes hídricas superficiales, participan apoyando a los comités de agua de las comunidades en actividades de mantenimiento y reparación de sistema de conducción del agua.

Se decidió no consultar a los comités de aguas de las comunidades debido a que en ocasiones anteriores han habido propuestas de investigaciones similares que obtuvieron respuesta negativa por parte de estas comisiones, siendo esto un factor negativo para la ejecución de la presente investigación. Se trabajó en coordinación con el DAPMA en el caso de Zunil y con la Comisión de Medio Ambiente del Municipio de Almolonga.

La información obtenida mediante en el dialogo semi-estructurado se corroboró mediante reconocimiento de campo.

5.4.3.1 Fuentes de información secundarias:

Se consultó información bibliográfica referente a las potencialidades y conflictos de uso. El índice WQINSF, utilizado para determinar la calidad de las aguas superficiales también establece los usos posibles para cada nivel de calidad del agua.

5.4.4 Las Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos.

Se realizó un dialogo semi-estructurado con el encargado del Departamento de Áreas protegidas y Medio Ambiente –DAPMA- del municipio de Zunil y con el concejal que preside la Comisión de Medio Ambiente en el municipio de Almolonga, quienes colaboraron durante el proceso de la investigación.

En el dialogo, se consultó a estas personas sobre el numero fuentes de agua superficial existentes, la ubicación de cada una de las fuentes, manejo y tratamiento de este recurso, estudios referente a la calidad del agua superficial, los usos actuales, si cuentan con sustento técnico para conocer los usos potenciales o aptitud de cada fuente hídrica, si tienen identificadas las fuentes de contaminación que afectan a este recurso,

En la etapa de actualización de inventario y recolección de las muestras de agua, se pudo corroborar la información correspondiente a los usos actuales de las fuentes hídricas de cada municipio.

5.4.5 Las Técnica para análisis de los datos.

Método comparativo: la clasificación de calidad de las fuentes hídricas para cada municipio fue comparada con los usos potenciales establecidos por el índice WQINSF.

Posterior a la determinación de los usos potenciales de cada fuente, estos usos fueron comparados en una matriz con los usos actuales de cada fuente para determinar la incongruencia o conflicto de uso.

6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados principales, correspondientes a los objetivos de esta investigación en los municipios de Almolonga y Zunil, ambos del Departamento de Quetzaltenango. Se presentan los datos desde el Índice utilizado para determinar la calidad del agua (índice WQINSF), el inventario de las fuentes hídricas superficiales, los resultados del laboratorio de los parámetros analizados y los niveles de calidad de las aguas superficiales sus usos actuales (detectados durante la fase de campo), sus usos potenciales calculados en base al Índice WQINSF, y los conflictos de uso en ambos municipios.

Se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio (oxígeno disuelto, coliformes fecales, potencial de hidrogeno, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, diferencia entre la temperatura ambiental menos la temperatura del agua, turbidez y sólidos totales disueltos).

6.1 Índice para determinar la calidad de las aguas superficiales.

Para determinar la calidad de las aguas superficiales en esta investigación, se eligió el ICANSF establecido por la National Sanitation Foundation por sus siglas en inglés –NSF- de los Estados Unidos.

Para el cálculo de los índices en este método, son necesarios factores de ponderación que ya están propuestos por NSF para cada parámetro y factores de escala Q_i que se calculan por medio de ajustes polinómicos a las curvas de estandarización asociadas a cada variable. Estos diagramas también son propuestos por la NSF y calculados mediante una calculadora virtual “**Calculating NSF Water Quality Index**” (Oram, www.water-research.net, 2013).

Tabla 7. Ponderación de los parámetros del índice WQINSF

Parámetros	Factor W_i
Oxígeno Disuelto	0.17
Coliformes Fecales	0.16
pH	0.11
Demanda bioquímica de oxígeno	0.11
Nitratos	0.1
Fosfatos	0.1
Temperatura	0.1
Turbiedad	0.08
Sólidos Totales	0.07

Fuente: (Krenkel & Novotny, Water Quality Index (WQI), 1980)

En las curvas de estandarización se debe de considerar lo siguiente:

- “Si fosfato total es mayor que 10 ppm (mg/l), el índice de calidad es igual a 2” (Oram, www.water-research.net, 2013).
- “Si el nitrógeno de nitrato es mayor que 100 ppm (mg/l), el índice de calidad es igual a 1” (Oram, www.water-research.net, 2013).
- “Si la demanda bioquímica de oxígeno es mayor que 30 ppm (mg/l), el índice de calidad es igual a 2” (Oram, www.water-research.net, 2013).
- “Si la turbidez es mayor que 100 NTU, el índice de calidad es igual a 5” (Oram, www.water-research.net, 2013).
- “Si el p {H} es menor que 2,0 o mayor que 12,0, el índice de calidad es igual a 0” (Oram, www.water-research.net, 2013).
- “Si el oxígeno disuelto es mayor que 140%, el índice de calidad es igual a 50” (Oram, www.water-research.net, 2013).
- “Si sólidos totales es mayor que 500 ppm, el índice de calidad es igual a 20” (Oram, www.water-research.net, 2013).
- “Si el número de colonias de coliformes totales es mayor que 100,000 el índice de calidad es igual a 2 esta relación es equivalente a coliformes fecales. Aunque las coliformes totales comprenden la totalidad del grupo de coliformes y los coliformes fecales solo aquellos de origen intestinal.

Tabla 8. Clasificación de las aguas superficiales según el Índice WQINSF

Clasificación (nivel de calidad)	Leyenda (nivel de calidad)	Valor de Índice
Calidad muy mala (MM)		0 – 25
Calidad mala (M)		26 – 50
Calidad media (R)		51 – 70
Calidad buena (B)		71 – 90
Calidad excelente (E)		91 – 100

Fuente: (Krenkel & Novotny, Water Quality Index (WQI), 1980)

6.2 Inventario de las fuentes Hídricas Superficiales de los municipios de Almolonga y Zunil.

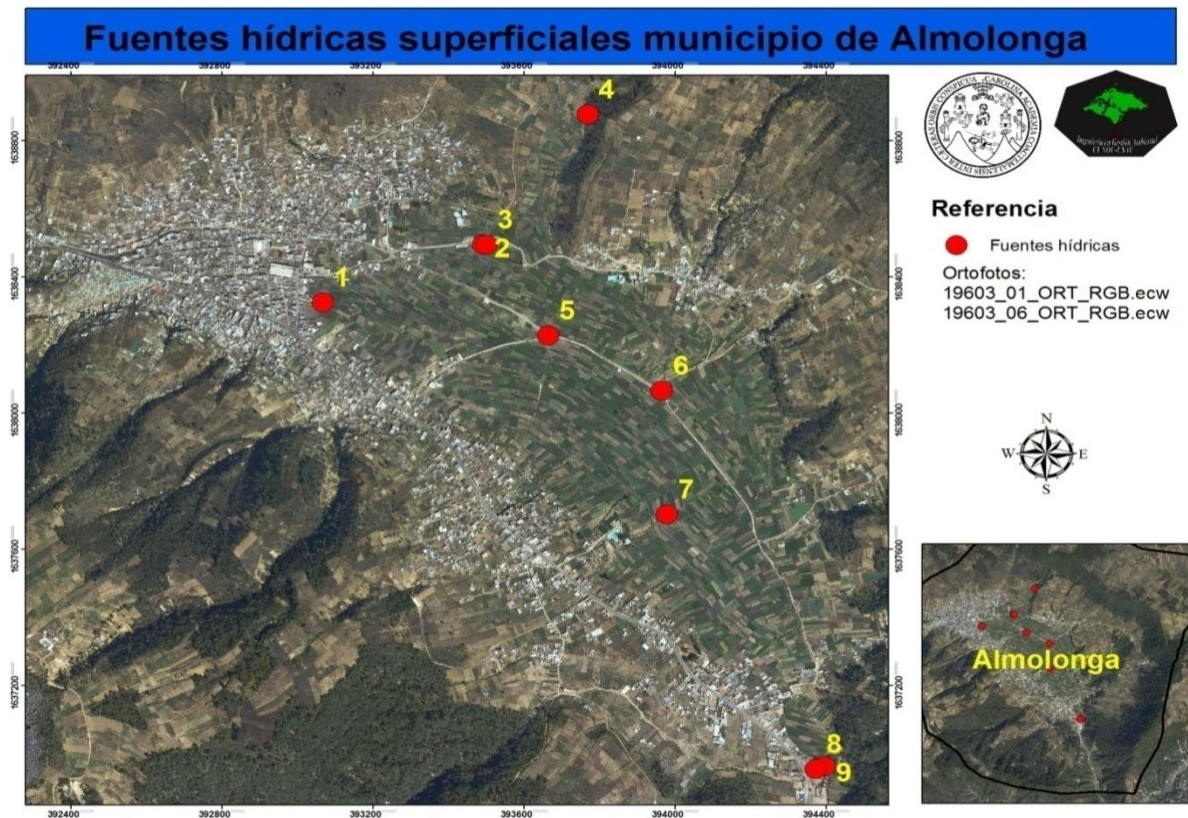
En el siguiente cuadro se detallan las fuentes hídricas superficiales que fueron consideradas entre la población total para esta investigación.

Tabla 9 Identificación y ubicación con coordenadas GTM y UTM de las fuentes hídricas superficiales del Municipio de Almolonga.

Código de la fuente	Descripción	Ubicación	Coordenadas			
			UTM		GTM	
			X	Y	X	Y
1	Nacimiento I	Zona La Esperanza	393066	1638320	662108	1638310
2	Nacimiento II	Aldea Las Delicias	393491	1638500	662531	1638480
3	Nacimiento III	Aldea Las Delicias	393500	1638500	662540	1638480
4	Nacimiento IV	Aldea Pacajá	393768	1638880	662804	1638870
5	Riachuelo I	Cantón Solswana	393663	1638230	662706	1638220
6	Riachuelo II	Cantón Chinima	393964	1638070	663009	1638060
7	Riachuelo III	Cantón Los Chorros	393978	1637700	663027	1637690
8	Nacimiento V	Aldea Los Baños	394371	1636960	663428	1636950
9	Riachuelo IV	Aldea Los Baños	394396	1636960	663453	1636960

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 6. Fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga



Fuente: Elaboración propia.

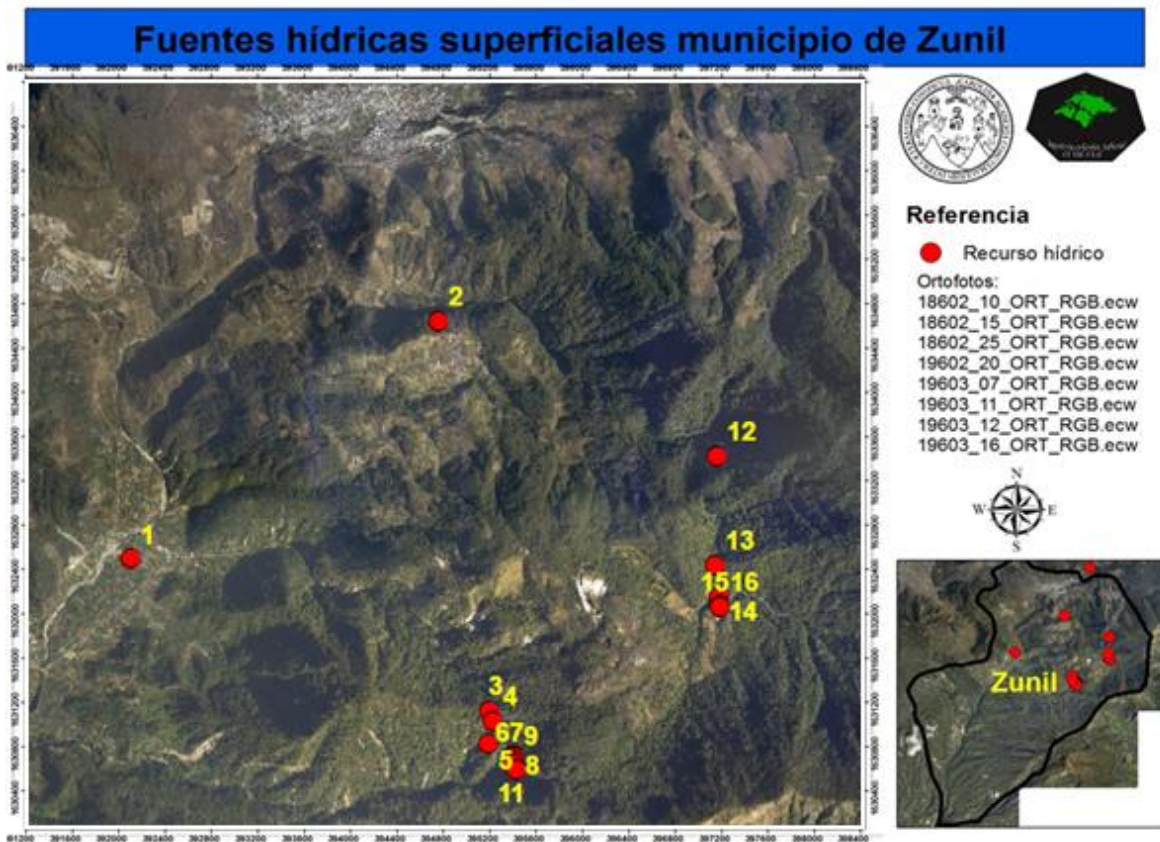
Tabla 10. Identificación y ubicación con coordenadas GTM y UTM de las fuentes hídricas superficiales del Municipio de Zunil.

Código de la fuente	Descripción	Ubicación	Coordenadas			
			UTM		GTM	
			X	Y	X	Y
1	Río Samalá	Aldea Estancia de la Cruz	392224	1632050	661342	1631819
2	Río	Aldea Chuimucubal	394462	1633790	663560	1633583
3	Nacimiento VII	Aldea Chuimucubal	394832	1630940	663962	1630738
4	Nacimiento VI	Aldea Chuimucubal	394858	1630870	663989	1630668
5	Nacimiento VIII	Aldea Chuimucubal	394824	1630968	663957	1630498
6	Nacimiento I	Aldea Chuimucubal	395009	1630610	664143	1630410
7	Nacimiento II	Aldea Chuimucubal	395013	1630610	664147	1630410
8	Nacimiento III	Aldea Chuimucubal	395021	1630600	664155	1630400

Código de la fuente	Descripción	Ubicación	Coordenadas			
			UTM		GTM	
			X	Y	X	Y
9	Nacimiento IV	Aldea Chuimucubal	395013	1630580	664147	1630380
10	Nacimiento V	Aldea Chuimucubal	395004	1630550	664138	1630350
11	Nacimiento IX	Aldea Chuimucubal	395028	1630520	664163	1630320
12	Nacimiento Xecampana I	Aldea Chuimucubal	396492	1632800	665601	1632616
13	Nacimiento X	Aldea Chuimucubal	396479	1632010	665597	1631826
14	Nacimiento Xetanatic III	Aldea Chuimucubal	396504	1631780	665625	1631596
15	Nacimiento de agua Xetanatic II	Aldea Chuimucubal	396515	1631710	665636	1631526
16	Nacimiento de agua Xetanatic I	Aldea Chuimucubal	396510	1631700	665632	1631516

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 7. Fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil.



Fuente: *Elaboración propia.*

Nota: Para ambos municipios, en la tabla de inventario, se asignó un número como código a cada fuente para facilitar el trabajo posterior.

6.2.1 Determinación de la población y muestra.

Población

La población total de fuentes hídricas del municipio se consideró en base a datos del inventario actualizado.

La población total de fuentes hídricas superficiales para el municipio de Almolonga es de 9 (ver tabla 12) y para el municipio de Zunil es de 16 (ver tabla 13).

6.2.1.1 Muestra representativa de la población total de fuentes hídricas superficiales por municipio.

Para la estimación de la muestra representativa para este estudio, se utilizó la fórmula para poblaciones finitas con un margen de error del 10% considerando que se encuentra dentro del rango aceptable (15% a 20%) comúnmente utilizado por investigadores, con el objetivo de minimizar los costos de la investigación sin afectar drásticamente la calidad de los resultados.

Fórmula para determinar la muestra representativa de poblaciones finitas:

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

En donde:

n= tamaño de la muestra

N=tamaño de la población

σ = sigma

Z= valor de la tabla de áreas bajo la curva normal estandarizada que depende del nivel de confianza.

e=error aceptable

a. Muestra representativa para el municipio de Almolonga:

N = 09 fuentes de agua superficial

Σ = 0.5

Z = es del 95% equivalente al 1.96

e = 10 % equivalente al 0.1

Aplicación de la fórmula:

$$n = \frac{9 * 0.5^2 * 1.96^2}{(9 - 1)0.1^2 + 0.5^2 * 1.96^2}$$

$$n = \frac{8.6436}{1.0404} = 8.3079$$

$n = 8$ Fuentes hídricas de muestras

b. Muestra representativa para el municipio de Zunil:

N = 16 fuentes de agua superficial

Σ = 0.5

Z = es del 95% equivalente al 1.96

e = 10 % equivalente al 0.1

Aplicación de la fórmula:

$$n = \frac{16 * 0.5^2 * 1.96^2}{(16 - 1)0.1^2 + 0.5^2 * 1.96^2}$$

$$n = \frac{15.3664}{1.1104} = 13.8386$$

$n = 14$ Fuentes hídricas de muestras

6.2.1.2 Selección de las fuentes hídricas muestreadas en el estudio.

Para evitar sesgos en los resultados de la investigación, las fuentes seleccionadas para considerarlas en el muestreo se determinaron con la función de números aleatorios de una calculadora.

Las fuentes seleccionadas para cada municipio se describen en el siguiente cuadro, especificándose con códigos establecidos en el inventario.

Tabla 11. Fuentes hídricas superficiales muestreadas y analizadas de los municipios de Almolonga y Zunil

Municipio	Código de fuentes			Total
	Nacimientos	Ríos	Riachuelos	
Almolonga	1,2,3,4		5,6,7,9	8
Zunil	3,4,5,6,7,8,9,10,12,14,15,16	1,2	0	14

Fuente: Elaboración propia.

En el municipio de Almolonga la fuente no seleccionada fue el nacimiento con código 8 y para Zunil son los nacimientos con códigos 11 y 13 respectivamente.

6.3 Resultado de parámetros analizados para el índice WQINSF.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de laboratorio de los nueve parámetros evaluados (Oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno, coliformes fecales, demanda biológica de oxígeno, nitratos, fosfatos, turbiedad, sólidos disueltos totales y temperatura) para determinar la calidad de las a través del índice WQINSF.

La calidad de las aguas superficiales se determinó para dos épocas, época lluviosa (septiembre de 2012) y para época seca (febrero de 2013). También se presentan los valores del ICANSF para cada parámetro (ajuste polinómico) y finalmente los valores del ICA WQINSF para cada fuente y su respectiva clasificación.

6.3.1 Parámetros analizados en el municipio de Almolonga

En la siguiente tabla se presentan los resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, las unidades de coliformes fecales, el potencial de hidrogeno, la demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, diferencial de temperatura (temperatura ambiente menos temperatura del agua), turbidez y sólidos totales disueltos en las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga, todos estos parámetros son componentes del ICA WQINSF.

Tabla 12. Magnitud de parámetros analizados en los dos muestreos de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga.

Código de la fuente. (Ref. Tabla 12)	Muestreo	OD (%)	COLF (UFC)	pH (Unidades)	DBO ₅ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Diferencial de Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	STD (ppm)
1	M1	83.8	4	7.90	1.00	1.50	0.25	3.20	0.21	73.15
	M2	85.8	3	7.98	1.00	3.00	0.67	3.20	0.18	199.5 0
2	M1	90.2	0	7.92	0.00	1.60	0.29	2.20	0.28	61.46
	M2	80.8	0	7.80	0.00	1.10	0.52	3.30	0.26	177.1 0
3	M1	92.6	0	8.01	1.00	1.30	0.30	2.30	0.21	60.83
	M2	89.4	0	7.85	0.00	1.30	0.82	3.50	0.19	175.7 0
4	M1	79.5	42	7.39	1.00	2.00	0.31	1.40	2.51	74.20
	M2	92	56	7.60	1.00	1.50	0.50	1.30	2.09	201.6 0
5	M1	66.2	6936	8.34	7.00	1.30	1.02	0.60	0.88	84.49
	M2	70	9282	8.03	7.00	2.20	1.45	0.90	0.69	380.8 0
6	M1	65.6	13563	8.09	8.00	1.00	0.67	2.60	11.61	69.51
	M2	65.8	16926	7.65	12.00	1.30	0.90	1.50	9.22	186.2 0
7	M1	71.8	11960	8.22	7.00	3.10	1.35	0.50	3.62	141.5 4
	M2	76.9	13715	8.20	9.00	1.40	1.36	0.70	3.00	245.7 0

Código de la fuente. (Ref. Tabla 12)	Muestreo	OD (%)	COLF (UFC)	pH (Unidades)	DBO ₅ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Diferencial de Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	STD (ppm)
9	M1	40.4	12093	8.84	9.00	2.60	1.79	0.10	7.12	105.5 6
	M2	41.1	14573	8.46	10.00	2.20	1.52	1.60	6.58	246.4 0

OD (%) = oxígeno disuelto en porcentaje; COLF (UFC) = coliformes fecales en unidades fecales; pH (unidades) = potencial de hidrogeno en unidades de 1 a 14; (mg/L) = miligramos por litro; DBO₅ demanda bioquímica de oxígeno; NO₃ = nitrato; PO₄ = fosfato; °C= cambio de temperatura en grados centígrados (temperatura ambiente menos temperatura del agua); Turbiedad (NTU); turbiedad del agua expresada en unidades nefelométricas; STD (ppm)= sólidos totales suspendidos expresado en partes por millón; M1= primer muestreo (época lluviosa); M2= segundo muestreo (época seca).

Fuente: *Elaboración propia.*

6.3.2 Parámetros analizados en el municipio de Zunil.

Los resultados de porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, las unidades de coliformes fecales, el potencial de hidrogeno, la demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, diferencial de temperatura (temperatura ambiente menos temperatura del agua), turbidez y sólidos totales disueltos de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil, todos estos parámetros son componentes del ICA WQINSF y se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 13. Magnitudes de parámetros analizados en los dos muestreos de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil.

Código de la fuente. (Ref. Tabla 12)	Muestreo	OD (%)	COLF (UFC)	pH (Unidades)	DBO ₅ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Cambio de Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	STD (ppm)
1	M1	52.9	132,119	8.03	64.00	1.60	1.95	0.90	11.20	205.80
	M2	50.3	120,000	7.98	42.00	1.90	1.62	1.50	9.39	139.09
2	M1	82.9	13	8.29	1.00	1.00	0.19	3.30	0.66	95.20
	M2	101.3	214	7.86	3.00	0.70	0.56	3.90	0.40	100.24
3	M1	99.7	0	7.22	0.00	0.80	0.19	2.80	0.20	89.32
	M2	104.5	0	6.20	0.00	0.70	0.33	5.00	0.18	91.84
4	M1	99.1	0	7.15	0.00	0.83	0.31	1.10	0.14	85.61
	M2	101.5	0	6.37	0.00	1.00	0.38	4.20	0.11	92.12
5	M1	99.3	0	7.20	0.00	0.85	0.27	2.80	0.20	89.32
	M2	97.3	0	7.11	0.00	0.60	0.49	4.50	0.20	89.25
6	M1	102.4	0	7.18	0.00	0.60	0.32	1.20	0.62	93.31
	M2	99.6	0	6.70	0.00	0.90	0.33	4.60	0.48	92.89
7	M1	98.7	0	7.07	0.00	0.60	0.79	1.30	0.21	91.49
	M2	100.3	0	6.71	0.00	0.80	0.42	4.40	0.19	93.03
8	M1	100	0	7.24	0.00	0.70	0.28	1.20	0.33	87.64
	M2	100	0	6.69	0.00	1.00	0.38	4.50	0.25	94.29
9	M1	101	0	7.09	0.00	0.70	0.28	1.30	0.23	92.05
	M2	108.7	0	6.94	0.00	0.60	0.37	4.10	0.20	89.95

Código de la fuente. (Ref. Tabla 12)	Muestreo	OD (%)	COLF (UFC)	pH (Unidades)	DBO ₅ (mg/L)	NO ₃ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)	Cambio de Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	STD (ppm)
10	M1	97.2	0	7.03	0.00	0.90	0.30	0.90	0.23	90.93
	M2	101.8	0	6.90	0.00	0.90	0.37	4.50	0.22	86.73
12	M1	87.1	0	7.23	0.00	0.80	0.20	3.10	0.21	92.26
	M2	97.9	0	7.12	0.00	0.80	0.39	4.60	0.17	91.49
14	M1	83.3	0	7.98	0.00	0.90	0.21	2.70	0.15	98.70
	M2	97.3	0	6.91	1.00	1.00	0.39	3.30	0.12	95.13
15	M1	91.2	0	7.22	0.00	1.00	0.23	2.90	0.13	99.05
	M2	97.9	0	7.01	0.00	1.00	0.51	4.30	0.10	94.36
16	M1	93.9	0	7.14	0.00	1.20	0.23	3.00	0.18	95.90
	M2	95.9	0	7.02	0.00	1.00	0.30	4.10	0.14	102.41

OD (%) = oxígeno disuelto en porcentaje; COLF (UFC) = coliformes fecales en unidades fecales; pH (unidades) = potencial de hidrogeno en unidades de 1 a 14; (mg/L) = miligramos por litro; DBO₅ = demanda bioquímica de oxígeno; NO₃ = nitrato; PO₄ = fosfato; °C= cambio de temperatura en grados centígrados (temperatura ambiente menos temperatura del agua); Turbidez (NTU); turbiedad del agua expresada en unidades nefelométricas; STD (ppm)= sólidos totales suspendidos expresado en partes por millón. M1= primer muestreo (época lluviosa); M2= segundo muestreo (época seca).

Fuente: Elaboración propia.

6.4 Calidad del agua de las fuentes hídricas superficiales

La calidad del agua de las fuentes hídricas en mención, se realizó en base a la clasificación por el índice WQINSF el cual fue utilizado para esta investigación.

6.4.1 Ajuste polinómico de los parámetros para el municipio de Almolonga

Resultados del cálculo de ajuste polinómico para cada parámetro analizado utilizando los factores de ponderación establecidos por NSF para cada parámetro y factores de escala Q_i que se calcularon por medio de ajustes polinómicos a las curvas de estandarización asociadas a cada variable (se presentan en la sección de anexos). Estos diagramas son propuestos por la NSF y calculados mediante una calculadora virtual “Calculating NSF Water Quality Index” (Oram, www.water-research.net, 2013).

Tabla 14. Ajuste polinómico de los dos muestreos realizados en el municipio de Almolonga

Código de la fuente (Ref. Tabla 12)	Muestreo	Q_{OD}	Q_{COLT}	Q_{Ph}	Q_{DBO5}	$Q_{NITRA.}$	$Q_{FOSF.}$	Q_T^*	Q_{TURB}	Q_{STD}	WQI
1	M1	90	82	87	95	96	87	80	98	86	89
	M2	92	86	85	95	90	52	80	98	73	84
2	M1	95	100	86	100	95	82	84	98	87	93
	M2	88	100	90	100	96	59	80	98	75	88
3	M1	97	100	44	95	96	81	84	98	87	88
	M2	95	100	89	100	96	46	79	98	76	88
4	M1	86	54	93	95	95	80	87	91	86	83
	M2	97	51	92	95	96	60	88	93	72	82
5	M1	68	12	72	46	96	40	91	96	85	63
	M2	75	10	83	46	94	32	89	97	49	61

Código de la fuente (Ref. Tabla 12)	Muestreo	Q _{OD}	Q _{COLT}	Q _{Ph}	Q _{DBO5}	Q _{NITRA.}	Q _{FOSF.}	Q _{T°}	Q _{TURB}	Q _{STD}	WQI
6	M1	67	9	81	42	96	52	83	74	76	61
	M2	68	9	92	28	96	43	87	78	74	60
7	M1	77	10	76	46	88	33	91	89	80	62
	M2	83	9	77	38	96	33	90	90	67	62
9	M1	31	8	54	38	92	29	93	82	83	50
	M2	32	7	68	34	94	31	87	83	66	50

Q= ajuste polinómico; OD = oxígeno disuelto; COLF = coliformes fecales; pH = potencial de hidrogeno; DBO₅ = demanda bioquímica de oxígeno; NO₃ = nitrato; PO₄ = fosfato; °C= cambio de temperatura en grados centígrados (temperatura ambiente menos temperatura del agua); TURB = Turbiedad del agua; STD = sólidos totales suspendidos; M1= primer muestreo (época lluviosa); M2= segundo muestreo (época seca); WQI = Valor del ICANSF en el rango de 1 a 100, para cada una de las fuentes.

Fuente: Elaboración propia.

6.4.2 Ajuste polinómico de los parámetros para el municipio de Zunil

El procedimiento fue el mismo utilizado para los datos del municipio de Zunil, y los resultados se presentan en la tabla 18.

Tabla 15. Ajuste polinómico de los resultados para el primer y segundo muestreo realizado en el municipio de Zunil.

Código de la fuente (Ref. Tabla 13)	Muestreo	Q_{OD}	Q_{COLT}	Q_{Ph}	Q_{DBO5}	$Q_{NITRA.}$	$Q_{FOSF.}$	Q_{T^o}	Q_{TURB}	Q_{STD}	WQI
1	M1	48	2	83	2	95	27	89	77	76	50
	M2	44	2	85	2	95	30	87	74	72	50
2	M1	89	64	74	95	96	92	80	97	84	84
	M2	99	37	88	67	96	57	77	98	83	76
3	M1	98	100	92	100	96	42	82	98	84	90
	M2	98	100	60	100	96	78	73	98	84	89
4	M1	99	100	91	100	96	80	89	99	85	94
	M2	99	100	67	100	96	73	76	99	84	90
5	M1	99	100	92	100	96	85	82	98	84	94
	M2	99	100	90	100	96	61	75	98	84	91
6	M1	99	100	92	100	96	79	88	97	84	94
	M2	99	100	79	100	96	78	75	98	84	91
7	M1	99	100	89	100	96	47	88	98	84	90
	M2	99	100	80	100	96	69	75	98	84	90
8	M1	99	100	92	100	96	83	88	98	84	94
	M2	99	100	79	100	96	73	75	98	84	91
9	M1	99	100	90	100	96	83	88	98	84	94
	M2	96	100	87	100	96	74	77	98	84	91

Código de la fuente (Ref. Tabla 13)	Muestreo	Q _{OD}	Q _{COLT}	Q _{pH}	Q _{DBO5}	Q _{NITRA.}	Q _{FOSF.}	Q _{T°}	Q _{TURB}	Q _{STD}	WQI
10	M1	99	100	89	100	96	81	89	98	84	94
	M2	99	100	86	100	96	74	75	98	85	92
12	M1	93	100	92	100	96	92	81	98	84	94
	M2	99	100	90	100	96	72	75	98	84	92
14	M1	89	100	85	100	96	91	82	99	83	92
	M2	99	100	86	95	96	72	80	99	84	91
15	M1	96	100	92	100	96	89	81	99	83	94
	M2	99	100	88	100	96	60	76	99	84	91
16	M1	98	100	91	100	96	89	81	98	84	94
	M2	98	100	88	100	96	81	77	99	83	92

Q= ajuste polinomico; OD = oxígeno disuelto; COLF = coliformes fecales; pH = potencial de hidrogeno; DBO₅ demanda bioquímica de oxigeno; NO₃ = nitrato; PO₄ = fosfato; °C= cambio de temperatura en grados centígrados (temperatura ambiente menos temperatura del agua); TURB = Turbiedad del agua; STD = sólidos totales suspendidos; M1= primer muestreo (época lluviosa); M2= segundo muestreo (época seca); WQI = Valor del ICANSF en el rango de 1 a 100, para cada una de las fuentes .

Fuente: *Elaboración propia.*

6.5 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Para determinar el nivel de calidad de las aguas superficiales en este trabajo, se utilizó el valor promedio obtenido del índice en las dos épocas muestreadas (época lluviosa y época seca). Y los niveles de calidad promedio obtenidos también se utilizaron para calcular los usos potenciales y conflictos de uso.

Se decidió utilizar el promedio debido a que en el municipio de Almolonga no se presentaron cambios en el nivel de calidad del agua en siete de las ocho fuentes analizadas en el segundo muestreo comparado con el primero.

Para el caso del municipio de Zunil solo una de las 14 fuentes analizadas presento cambios en el segundo muestreo con una variación de 4 unidades en la escala de 1 al 100 y el nivel de calidad bajó de excelente en el primer muestreo (WQI 94) a nivel bueno en el segundo muestreo (WQI 90),

6.5.1 CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN EL MUNICIPIO DE ALMOLONGA

De acuerdo a los resultados, utilizando el promedio de ambas épocas, el 12.5% de las fuentes hídricas analizadas presento excelente calidad de sus aguas, 37.50% de las fuentes presento buena calidad, 37.5% de estos cuerpos hídricos presentaron aguas de calidad media y 12.5% restante de fuentes presento agua de mala calidad.

Dividido por tipo de fuente, el 75% de los nacimientos de agua presenta una buena calidad de agua, el 25% de estos nacimientos presento agua de excelente calidad, en riachuelos el 75% presento agua de calidad media y en el 25% restante de riachuelos se comprobó que cuenta con agua de mala calidad.

Los resultados de calidad del agua en de las fuentes superficiales del municipio de Almolonga se presentan en la tabla 19.

Tabla 16. Calidad del agua en de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga según el Índice WQINSF.

Código de la fuente (Ref. Tabla 12)	Descripción	6.5.2 Época lluviosa		Época seca		Promedio	
		Índice (WQI-NSF)	Nivel de calidad	Índice (WQI-NSF)	Nivel de calidad	Índice (WQINSF)	Nivel de calidad
1	Nacimiento, Zona La Esperanza	89	(B)	84	(B)	86	(B)
2	Nacimiento, Aldea Las Delicias	93	(E)	88	(B)	91	(E)
3	Nacimiento, Aldea Las Delicias	88	(B)	88	(B)	88	(B)
4	Nacimiento, Aldea Pacajá	83	(B)	82	(B)	83	(B)
5	Riachuelo, Cantón Solswana	63	(R)	61	(R)	62	(R)
6	Riachuelo, Cantón Chinima	61	(R)	60	(R)	60	(R)
7	Riachuelo, Cantón Los Chorros	62	(R)	62	(R)	62	(R)
9	Riachuelo, Aldea Los Baños	50	(M)	50	(M)	50	(M)

Código de la fuente (1,...9)= código asignado para representar a cada una de las fuentes hídricas; WQI = Valor del ICANSF en el rango de 1 a 100, para cada una de las fuentes; Clasificación = nivel de calidad del agua, según el ICA WQINSF.

(E)= excelente calidad; (B)= calidad buena; (R)= calidad media; (M)= calidad mala.

Fuente: Elaboración propia.

La calidad del agua en los nacimientos, utilizando el valor promedio de los dos muestreos realizados, para las fuentes uno, tres y cuatro es buena, con índices que se ubican entre 86, 88 y 83 respectivamente, (rango de calidad buena 71 a

90) y la fuente dos presenta calidad excelente con valor índice promedio de 91. Esto se explica porque los nacimientos son menos susceptibles a recibir descargas directas de contaminantes que puedan alterar su calidad.

De las fuentes cinco, seis, siete y nueve (riachuelos), las primeras tres tienen calidad media de sus aguas y agua de mala calidad en la fuente nueve. Los tres primeros se encuentran entre las áreas agrícolas en donde son utilizadas para riego y limpieza de equipo de trabajo impactando negativamente en su calidad. Otros de los factores que alteran su calidad son: el uso de materia orgánica que se incorpora en los suelos y las fertilizaciones químicas que se realizan. Es importante mencionar que estas aguas provienen principalmente de los nacimientos que son utilizados para lavado de ropa, descargas de aguas servidas de algunas casas y aguas que son utilizadas en balnearios.

La fuente nueve presentó agua de calidad mala, influenciado porque en él, se descargan las aguas servidas provenientes de la agricultura y parte de las aguas servidas en los hogares impactando negativamente en su calidad.

Un factor que es importante mencionar es, que en el municipio no existe ningún método de tratamiento para las aguas servidas y estas llegan a unirse al cauce principal de Río Samalá en el municipio de Zunil.

6.5.2 CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL DEL MUNICIPIO DE ZUNIL

En los resultados de calidad del agua superficial para el municipio de Zunil, una de las catorce fuentes analizadas (fuente 4) presentó cambios en el nivel de calidad en el segundo muestreo comparado con el primero. Las trece fuentes restantes mantuvieron su nivel de calidad en ambas épocas de muestreo.

La fuente que presentó cambio en el segundo muestreo es la identificada con el código 4. (Nacimiento VI, Aldea Chuimucubal) En el primer muestreo (época lluviosa) la fuente presentó una calidad excelente con un valor índice de 94, y en el segundo muestreo (época seca) presentó una calidad buena con un valor índice de 90 (límite superior para la calidad buena), el promedio fue de 92 en el valor índice para un nivel de calidad excelente. Considerando que el límite superior de la calidad buena es 90 y el límite inferior de la calidad excelente es 71, el cambio es mínimo.

Los resultados de calidad del agua en de las fuentes superficiales del municipio de Zunil se detallan en la tabla 20.

Tabla 17. Calidad del agua en de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil según el Índice WQINSF.

Código de la fuente (Ref. Tabla 13)	Descripción	Época lluviosa		Época seca		Promedio	
		Índice (WQI-NSF)	Nivel de calidad	Índice (WQI-NSF)	Nivel de calidad	Índice (WQI-NSF)	Nivel de calidad
1	Río Samalá, Aldea Estancia de la Cruz	50	(M)	50	(M)	50	(M)
2	Río, Aldea Chuimucubal	84	(B)	76	(R)	80	(B)
3	Nacimiento VII, Aldea Chuimucubal	90	(B)	89	(B)	90	(B)
4	Nacimiento VI, Aldea Chuimucubal	94	(E)	90	(B)	92	(E)
5	Nacimiento VIII, Aldea Chuimucubal	94	(E)	91	(E)	93	(E)
6	Nacimiento I, Aldea Chuimucubal	94	(E)	91	(E)	93	(E)
7	Nacimiento II, Aldea Chuimucubal	90	(B)	90	(B)	90	(B)
8	Nacimiento III, Aldea Chuimucubal	94	(E)	91	(E)	93	(E)
9	Nacimiento IV, Aldea Chuimucubal	94	(E)	91	(E)	93	(E)
10	Nacimiento V, Aldea Chuimucubal	94	(E)	92	(E)	93	(E)
12	Nacimiento Xecampana I, Aldea Chuimucubal	94	(E)	92	(E)	93	(E)
14	Nacimiento Xetanatic III, Aldea Chuimucubal	92	(E)	91	(E)	92	(E)
15	Nacimiento Xetanatic II, Aldea Chuimucubal	94	(E)	91	(E)	93	(E)
16	Nacimiento Xetanatic I, Aldea Chuimucubal	94	(E)	92	(E)	93	(E)

Código de la fuente (1,...9)= código asignado para representar a cada una de las fuentes hídricas; WQI = Valor del ICANSF en el rango de 1 a 100, para cada una de las fuentes; Clasificación = nivel de calidad del agua, según el ICA WQINSF.

(E)= calidad excelente; (B)= calidad buena; (M)= calidad mala.

Fuente: Elaboración propia.

La calidad promedio general de las aguas superficiales del municipio de Zunil es buena con un valor índice promedio de 88. Separados por tipo de fuente, la calidad promedio de los ríos (fuentes 1 y 2) es media con valor índice promedio de 65 y la calidad promedio de nacimientos (fuentes 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15 y 16) es excelente con valor índice promedio de 92.

El 50% de los ríos tienen calidad de agua mala con valor índice promedio de 50 y el 50% restante calidad buena con valor índice promedio de 80.

El 17% de los nacimientos cuenta con agua de buena calidad (fuentes 3 y 7), y el 83% cuenta con agua de excelente calidad (fuentes: 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15 y 16).

De los dos ríos analizados (fuente 1 y 2), el Río Samalá (fuente 1) presentó mala calidad. Este resultado se debe a que este ha sido y sigue siendo utilizado como desfogue o para descarga de las aguas servidas de todos los municipios que conforman la Cuenca del Río Samalá; el problema de contaminación se agrava cada vez más con el incremento de la población que demanda mayor cantidad de productos y servicios y al mismo tiempo desecha mayor cantidad de los mismos. Este es un tema que se ha discutido por diversos sectores de la sociedad, pero no se ha mostrado interés por parte del sector público, a nivel local ni nacional, para recuperar la calidad del agua de este río. El río con código de fuente dos, presentó buena calidad de sus aguas.

El problema de la contaminación del río Samalá no concierne solamente a los municipios en la parte alta y parte media de la cuenca, sino también a los de la parte baja, que es donde este problema puede provocar más daños a la salud por el uso del agua.

En relación a los nacimientos que presentaron calidad buena (fuente 3 y 7) y calidad excelente (fuentes 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15 y 16) de sus aguas, se debe a que estas se encuentran en áreas de bosque natural que están catalogadas como Áreas Protegidas, lo que impide a los pobladores poder realizar actividades que degraden la calidad de los bosques y que puedan afectar directamente la calidad de los nacimientos.

6.6 USOS POTENCIALES DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Para determinar las potencialidades de uso de las fuentes hídricas superficiales de los municipios de Almolonga y Zunil, se utilizó como base la clasificación establecida en el índice WQINSF, que se presenta a continuación.

Tabla 18. Clasificación de los usos potenciales de las aguas superficiales, según valores del ICA WQINSF

Rango, según el ICA WQINSF	Criterio General (nivel de calidad)	Abastecimiento público	Recreación	Uso en pesca y vida acuática	Agricultura	Industria
91-100	(E)	No requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático	Pesca y vida acuática abundante	No requiere purificación para riego	No se requiere purificación
71-90	(B)	Ligera purificación	Cualquier tipo de deporte acuático	Límite para peces muy sensitivos	Purificación menor para cultivos que requieran alta calidad	Purificación menor para industrias que requieran alta calidad
51-70	(R)	Dudoso su consumo sin purificación	Precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias	Dudosa la pesca sin riesgos de salud	Utilizable en la mayoría de los cultivos	No requiere tratamiento para industrias de operación manual
26-50	(M)	Tratamiento potabilizado necesario	Dudosa para contacto con el agua	Vida acuática limitada a especies muy resistentes	Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos	Tratamiento para mayoría de usos
0-25	(MM)	Dudosa para consumo	Contaminación visible, evitar cercanía	Inaceptable para la pesca y vida acuática	Inaceptable para riego	Uso restringido
(E) = calidad excelente; (B) = calidad buena; (R) = calidad media; (M) = calidad mala; (MM) = calidad muy mala						

Fuente: Elaboración propia.

6.6.1 Usos potenciales de las aguas superficiales del municipio de Almolonga

Los resultados de la clasificación por usos potenciales de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga se describen en la siguiente tabla.

Tabla 19. Clasificación de los usos potenciales de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga, según valores del ICA WQINSF.

Código de la fuente (Ref. Tabla 12)	Color	Abastecimiento Público	Recreación	Uso en pesca y vida acuática	Agricultura	Industria
2	(E)	No requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático	Pesca y vida acuática abundante	No requiere purificación para riego	No se requiere purificación
1	(B)	Ligera purificación	Cualquier tipo de deporte acuático	Límite para peces muy sensitivos	Purificación menor para cultivos que requieran alta calidad	Purificación menor para industrias que requieran alta calidad
3						
4						
5	(R)	Dudoso su consumo sin purificación	Precaución si se ingiere dada la posibilidad de presencia de bacterias	Dudosa la pesca sin riesgos de salud	Utilizable en la mayoría de los cultivos	No requiere tratamiento para industrias de operación manual
6	(R)					
7	(R)					
9	(M)	Tratamiento o potabilizador necesario(x)	Dudosa para contacto con el agua	Vida acuática limitada a especies muy resistentes	Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos	Tratamiento para mayoría de usos

(E) = calidad buena; (B) = calidad buena; (R) = calidad media; (M) = calidad mala

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la determinación de los usos potenciales de las aguas superficiales del municipio de Almolonga, establecen que el 25% de nacimientos (fuente 2) es apto para todos los usos establecidos sin ningún tipo de restricción. El 75% de los nacimientos (fuentes 1, 3 y 4) son aptos para abastecimiento público con ligera purificación, son aptos para recreación, aptos para uso en pesca y vida acuática, aptos para agricultura e industrias considerando un proceso menor de purificación para cultivos e industrias requieran estándares de alta calidad.

El 100% de los riachuelos (códigos de fuente; 5, 6, 7, y 9) no son aptos para abastecimiento público y esto se explica porque los riachuelos con códigos 5, 6, y 7 se encuentran con calidad media y su consumo es dudoso sin purificación y el riachuelo con código de fuente 9, es de mala calidad y no puede consumirse sin un tratamiento potabilizador. De estas cuatro fuentes, ninguna es apta para recreación, ni para uso en pesca y vida acuática y únicamente tres son aptas para uso en industrias de operación manual y para la mayoría de cultivos (códigos 5, 6 y 7) según la tabla de clasificación; la fuente con código 9 queda excluida de los usos en agricultura e industria debido a que para la mayoría de estas actividades se hace necesario aplicarle un proceso de purificación.

6.6.2 Usos potenciales de las aguas superficiales del municipio de Almolonga

Los resultados de la clasificación por usos potenciales de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil se describen en la siguiente tabla.

Tabla 20. Clasificación de los usos potenciales de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil, según valores del ICA WQINSF.

Código de la fuente (Ref. Tabla 13)	Color	Abastecimiento Público	Recreación	Uso en pesca y vida acuática	Agricultura	Industria
1	(M)	Tratamiento potabilizador necesario	Dudosa para contacto con el agua	Vida acuática limitada a especies muy resistentes	Tratamiento requerido para la mayoría de los cultivos	Tratamiento para mayoría de usos

Código de la fuente (Ref. Tabla 13)	Color	Abastecimiento Público	Recreación	Uso en pesca y vida acuática	Agricultura	Industria
2	(B)	Ligera purificación	Cualquier tipo de deporte acuático	Límite para peces muy sensitivos	Purificación menor para cultivos que requieran alta calidad	Purificación menor para industrias que requieran alta calidad
3						
7						
4	(E)	No requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático	Pesca y vida acuática abundante	No requiere purificación para riego	No se requiere purificación
5						
6						
8						
9	(E)	No requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático	Pesca y vida acuática abundante	No requiere purificación para riego	No se requiere purificación
10						
12						
14						
15						
16						

(E) = calidad excelente; (B) = calidad buena; (R) = calidad media; (M) = calidad mala.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la clasificación del agua para usos potenciales en base a la calidad obtenida del ICA WQINSF, para el municipio de Zunil el 7% del total de las aguas superficiales la fuente 1 no es apta para ninguno de los usos establecidos (abastecimiento público, recreación, uso en pesca y vida acuática, agricultura e industria) sin tratamientos de purificación requerido. El 21.5 % es apto para todos los usos establecidos con tratamientos ligeros de purificación y el 71.5% es apta para todos los usos establecidos sin restricciones.

El 50% de los ríos (fuente 1) no tiene aptitud para ninguna de los usos establecidos (abastecimiento público, recreación, uso en pesca y vida acuática,

agricultura e industria) y el 50% restante (fuente 2) es apta para todos los usos con tratamientos ligeros de purificación.

El 17% de los nacimientos (fuentes 3 y 7) tienen aptitud para todos los usos establecidos (abastecimiento público, recreación, uso en pesca y vida acuática, agricultura e industria) con tratamientos ligeros de purificación y el 83% restante de nacimientos (fuentes: 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15 y 16) son aptos para todos los usos sin restricción alguna.

6.7 CONFLICTOS DE USO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Se considero existencia de conflictos de uso de las fuentes hídricas superficiales en los municipios de Almolonga y Zunil, cuando los usos actuales, no fueron acordes a su uso potencial principal.

Para determinar los conflictos de uso de las aguas superficiales, se hizo necesario conocer los usos actuales de cada una de las fuentes analizadas. Este proceso se realizó con información de las autoridades municipales competentes en el tema (Departamento de Áreas Protegidas y Medio Ambiente del Municipio de Zunil y Comisión de Medio Ambiente del Municipio de Almolonga) y fue corroborada en campo al momento de realizar la actualización de los respectivos inventarios y durante los muestreos realizados en ambas épocas.

Los usos actuales de las fuentes hídricas superficiales en el municipio de Almolonga se presentan en la tabla 24.

Tabla 21. Usos actuales de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga.

Código de fuente	Usos
1	Consumo por parte de agricultores y en caso de desastres naturales cuando falla el servicio municipal sirve para consumo en los hogares.
2	Lavado de Ropa diario, consumo esporádico y riego
3	Lavado de ropa, consumo esporádico y riego agrícola sin ningún tratamiento.
4	Riego agrícola sin tratamiento en cultivos de hortalizas
5	Uso agrícola sin Tratamiento (cultivos hortícolas)
6	
7	
9	Descarga de aguas servidas y desechos sólidos

Fuente: Elaboración propia.

Los usos actuales de las fuentes hídricas superficiales en el municipio de Zunil se presentan en la tabla 25.

Tabla 22. Usos actuales de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil.

Código de fuente	Usos
1	Generación de energía Hidroeléctrica con tratamiento de eliminación de sólidos).
2	Actividades Agrícolas sin ningún tipo de tratamiento
3	
4	Abastecimiento Público (consumo humano y usos domésticos) sin ningún tipo de tratamiento
5	Sin uso de beneficio directo para las personas.
6	Actividades Agrícolas sin ningún tipo de tratamiento.
7	
8	
9	
10	
12	Abastecimiento Público (consumo humano y usos domésticos) sin tratamiento.
14	
15	
16	

Fuente: Elaboración propia.

6.7.1 Conflictos de uso en las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga

Los resultados de los conflictos de usos detectados en las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga se presentan en la tabla 25. Estos se consideran de relevante importancia debido a que el municipio demanda de este recurso para riego en la agricultura, especialmente para cultivos de hortalizas y la aparente disminución de la cantidad y pérdida de calidad de este recurso ha llevado a algunos productores agrícolas locales a la extracción de agua subterránea utilizando el método de bombeo pero la mayoría de agricultores utiliza el agua superficial con este fin.

Tabla 23. Conflictos de uso en las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga.

Código de fuente (Ref. Tabla 12)	Usos actuales	Calidad	Usos potenciales					Conflictos de uso
			AP	RE	UPVA	AG	IN	
1	AP, (sin tratamiento).	(B)	Con ligera purificación para consumo	Apta	Apta	Purificación menor para cultivos que requieran alta calidad	Apta	✓
2	AP (lavado de Ropa diario, consumo esporádico y riego)	(E)	No requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático	Pesca y vida acuática abundante	No requiere purificación para riego	No se requiere purificación	X
3	agrícola en cultivos de hortalizas, todos sin tratamiento	(B)	Con ligera purificación para consumo	Apta	Apta	Purificación menor para cultivos que requieran alta calidad	Apta	✓
4	Riego agrícola sin tratamiento en cultivos de hortalizas							✓

Código de fuente (Ref. Tabla 12)	Usos actuales	Calidad	Usos potenciales					Conflictos de uso
			AP	RE	UPVA	AG	IN	
5	Uso agrícola sin Tratamiento (cultivos hortícolas)	(R)	No apta	No apta	No apta	Utilizable en la mayoría de los cultivos (no hortalizas)	Aptas (en industrias de operación manual)	✓
6		(R)						✓
7		(R)						✓
9	Descarga de aguas servidas	(M)	No apta	No apta	No apta	No apta (sin tratamiento)	No apta (sin tratamiento)	X

✓ = existencia de conflictos de uso; X = No existe conflicto de uso
 AP = Abastecimiento Público; RE = Recreación; UPVA = Uso para Pesca y Vida Acuática; AG = Agricultura; IN= Industria
 (E) = calidad excelente; (B) = calidad buena; (R) = calidad media; (M) = calidad mala.

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados de la comparación de los usos actuales con los usos potenciales de las fuentes hídricas superficiales en el municipio de Almolonga, se confirmó la existencia de conflictos de uso en seis de las ocho fuentes analizadas.

El conflicto de uso de la fuente uno se genera debido a su uso constante para consumo por parte de agricultores sin un previo tratamiento de potabilización lo cual es requerido de acuerdo a la recomendación establecida para este uso.

El conflicto de uso en las fuentes tres y cuatro se generan porque el agua de la fuente tres debe pasar por un proceso leve de tratamiento antes de ser utilizado en abastecimiento público (principalmente para consumo humano) y uso en cultivos que requieran alta calidad y actualmente es utilizado para riego agrícola y

consumo humano esporádico sin ningún tratamiento. En el caso de la fuente cuatro, es utilizada para riego de hortalizas y según los usos potenciales, para poder utilizarla en esta actividad, el agua deberá pasar por un proceso ligero de tratamiento.

Las fuentes cinco, seis y siete son utilizadas en actividades agrícolas, específicamente para riego de hortalizas, limpieza de equipo de trabajo, y lavado de las verduras que se cosechan para luego llevarlas al mercado local para su comercialización, debido a que estas fuentes cuentan con nivel de calidad media con presencia de coliformes totales en sus aguas, estas no son recomendadas para esta actividad.

Enmarcados dentro de la clasificación utilizada en este trabajo, el riachuelo restante (fuente 9) no presento conflicto de uso, pero es necesario aclarar que es incorrecto utilizar o descargar aguas servidas en cauces sin previo tratamiento.

En cuanto a la fuente dos, esta no presenta conflicto de uso, cuenta con calidad promedio excelente y según sus usos potenciales son aptas para todos los usos establecidos sin ningún tratamiento o restricción.

6.7.2 Conflictos de uso en las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil

Zunil es un municipio dedicado principalmente a la agricultura y el agua de riego proviene de nacimientos, haciéndose necesario conocer si el uso actual concuerda con el uso potencial que se le da a estas fuentes hídricas, para garantizar la calidad de los productos agrícolas.

Los resultados de los conflictos de usos detectados en las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil se presentan en la tabla 27.

Tabla 24. Conflictos de uso en las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil.

Código de la fuente (Ref. Tabla 13)	Usos actuales	Calidad	Usos potenciales					Conflictos de uso
			AP	RE	UPVA	AG	IN	
1	Generación de energía Hidroeléctrica (con eliminación de sólidos) y descarga de desechos sólidos y líquidos.	(M)	No apta	No apta	No apta	No apta (sin tratamiento)	Tratamiento para mayoría de usos	X
2	Actividades Agrícolas sin ningún tipo de tratamiento	(B)	Con ligera purificación para consumo	Apta	Apta	Purificación menor para cultivos que requieran alta calidad	Apta	✓
3	Abastecimiento Publico (consumo humano y usos domésticos) sin ningún tipo de tratamiento							✓
4	Abastecimiento Publico (consumo humano y usos domésticos) sin ningún tipo de tratamiento	(E)	No requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático	Pesca y vida acuática abundante	No requiere purificación para riego	No se requiere purificación	X
5	Sin uso humano directo (mantenimiento del equilibrio ecológico)							X

Código de la fuente (Ref. Tabla 13)	Usos actuales	Calidad	Usos potenciales					Conflictos de uso
			AP	RE	UPVA	AG	IN	
6	Actividades Agrícolas sin ningún tipo de tratamiento							X
7	Actividades Agrícolas sin ningún tipo de tratamiento	(B)	Con ligera purificación para consumo	Apta	límite para peces muy sensitivos	purificación menor para cultivos que requieran alta calidad	Purificación menor para industrias que requieran alta calidad	X
8	Actividades Agrícolas sin ningún tipo de tratamiento	(E)	No requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático	Pesca y vida acuática abundante	No requiere purificación para riego	No se requiere purificación	X
9								X
10								X
								X
12	Abastecimiento Público (consumo humano y usos domésticos) sin tratamiento.	(E)	No requiere purificación	Cualquier tipo de deporte acuático	Pesca y vida acuática abundante	No requiere purificación para riego	No se requiere purificación	X
14								X
15								X
16								X

✓ = existencia de conflictos de uso; X = No existe conflicto de uso
 AP= Abastecimiento Publico; RE = Recreación; UPVA = Uso para Pesca y Vida Acuática;
 AG = Agricultura; IN= Industria
 (E) = calidad excelente; (B) = calidad buena; (R) = calidad media; (M) = calidad mala.

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados de la comparación de los usos actuales con los usos potenciales de las fuentes hídricas superficiales en el municipio de Zunil, se confirmó la existencia de conflictos de uso en dos de las catorce fuentes analizadas.

Los conflictos de uso existen en la fuente dos y tres, para el caso específico de la fuente dos la razón del conflicto es porque es utilizado en riego para cultivos de hortalizas en donde la parte comestible tiene contacto directo con el agua de riego y en el análisis bacteriológico se determinó presencia de coliformes fecales.

El conflicto de uso en la fuente tres, es generado porque esta es utilizada para abastecimiento público (consumo humano y actividades domésticas) sin ningún tipo de tratamiento previo a su distribución y para que este uso sea adecuado, se necesita que el agua pase por un proceso ligero de purificación.

Las fuentes cuatro, doce, catorce, quince y dieciséis (nacimientos) no presentaron conflicto de uso debido a que son aptas para todos los usos establecidos (abastecimiento público, recreación, uso en pesca y vida acuática, agricultura e industria) sin ninguna restricción y estas son utilizadas para abastecimiento público sin ningún tratamiento de purificación lo cual concuerda con sus usos potenciales.

Las fuentes seis, siete, ocho, nueve y diez, son utilizadas en actividades agrícolas sin ningún tratamiento previo a su uso, lo cual concuerda con sus usos potenciales, que establece su aptitud para todos los usos establecidos sin ninguna restricción.

La fuente cinco (nacimiento) no presenta conflicto de uso, debido a que no es intervenida por las personas y sigue su curso de forma natural cumpliendo su función en el proceso para mantener el equilibrio ecológico.

La fuente uno (Rio Samalá) no presenta conflicto de uso, debido a que durante la fase de campo de esta investigación no se detectó que las aguas de esta fuente no son utilizadas en ningún proceso productivo que implique contacto directo o consumo por parte de las personas. El agua de esta fuente, es utilizada para la generación de energía eléctrica con un proceso previo para la eliminación de residuos sólidos lo cual concuerda con el uso potencial en industrias (de operación manual) con tratamiento para su uso.

Aun cuando no se presenta conflicto de uso en la fuente uno, es necesario aclarar que al descargar desechos en esta fuente, se está contribuyendo a agravar la degradación de la calidad en sus aguas.

6.8 Análisis de los datos por Hipótesis

La calidad del agua se determinó en base al promedio de los dos muestreos realizados (época lluviosa y época seca). Para validar la hipótesis se establece que las aguas están contaminadas cuando se encuentran en los rangos de calidad; media, mala y muy mala.

6.8.1 Hipótesis 1:

Más del 45% de las fuentes de agua superficial de los municipios de Almolonga y Zunil se encuentran contaminadas.

- La hipótesis se acepta para el municipio de Almolonga, al considerar que existe contaminación en el 50% del total de las fuentes hídricas superficiales analizadas (cuatro de 8 fuentes): el 37.5% presentan calidad regular y 12.5% presenta calidad mala).
- Se rechaza la hipótesis para el municipio de Zunil al considerando que únicamente el 7% de las fuentes hídricas superficiales analizadas presenta contaminación.

6.8.2 Hipótesis 2:

Existe incongruencia entre los usos actuales y las potencialidades de uso en más del 45% de las fuentes de agua superficial de los municipios de Almolonga y Zunil.

- Se acepta la hipótesis para el municipio de Almolonga donde el 50% de fuentes hídricas presentó conflictos de uso.
- Se rechaza la hipótesis para el municipio de Zunil, debido a que solamente el 14% de sus fuentes hídricas analizadas presentó conflictos de uso.

7 CONCLUSIONES

Conclusiones para el municipio de Almolonga

- Se constató que el 37.5 % de las aguas superficiales del municipio de Almolonga presentan calidad media y que son utilizadas en actividades agrícolas, principalmente para riego y lavado de los productos cosechados, esto genera una situación de riesgo que afecta la calidad de los productos principalmente las hortalizas y por ende es un grave riesgo para la salud de los consumidores.
- Para contrarrestar la contaminación y mejorar la calidad de las aguas en los riachuelos, deberán tomarse acciones como: una suficiente asignación de recursos y una adecuada coordinación entre las autoridades locales y la población para buscar solución a los problemas que presenta la calidad del agua que es indispensable en las actividades agrícolas del municipio.
- Los resultados encontrados, facilitaran la toma de decisiones de las autoridades locales y los usuarios del recurso hídrico para realizar un adecuado uso y prevenir la utilización de aguas contaminadas en las actividades agrícolas principalmente, debido a que las fuentes que presentaron mayor grado de contaminación, son utilizadas para esta actividad.
- Al comparar los usos actuales con los usos potenciales de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Almolonga, se determinó que estas no son acordes (existe conflicto de uso) en el 75% de estos cuerpos de agua.
- En el 75% de riachuelos se presentó incongruencia entre los usos actuales y los usos potenciales, estas fuentes son utilizadas en actividades agrícolas para las cuales no son aptas si no tienen tratamiento, por contar con calidad regular, estas situaciones de incongruencia representan potenciales problemas para la calidad de los productos que se cosechan y por ende un riesgo para la salud de los consumidores.

Conclusiones para el municipio de Zunil

- Por la ubicación de los nacimientos en áreas protegidas, el 83% de estas fuentes cuenta con agua de excelente calidad y el 17% presentó agua de buena calidad, siendo este resultado un elemento muy importante para los agricultores locales que la utilizan para riego y una garantía para las autoridades municipales que las utilizan en abastecimiento público. Continuar con la excelente y buena calidad del agua en los nacimientos y el río de la Aldea Chuimucubal, depende de la continuidad de las acciones de protección y manejo que se les ha dado a estas fuentes hasta el momento, acciones que han sido coordinadas entre autoridades locales y las comunidades usuarias del recurso.
- Se comprobó que en uno de los dos ríos de Zunil se cuenta con agua de buena calidad, en el otro río (río Samalá), se presentó aguas de mala calidad lo cual confirma la ya conocida situación de este río, pues es utilizado como desagüe de las poblaciones de todos los municipios que conforman la cuenca del Samalá debido a la falta de tratamiento de las aguas servidas de todos los municipio. Para recuperar la calidad del agua de este río y poder contar con él para diferentes actividades en el futuro, deberán realizarse acciones correctivas a nivel de cuenca entre los municipios que la conforman.
- Las autoridades y usuarios del recurso hídrico del municipio de Zunil podrán hacer una gestión adecuada de sus fuentes hídricas superficiales si consideran los usos potenciales de cada una de las fuentes analizadas en este trabajo.
- Las incongruencias de uso en el 14% de las fuentes hídricas superficiales del municipio de Zunil (fuentes 2 y 3), se deben a que la fuente dos es utilizada en actividades agrícolas (cultivo de hortalizas) sin previo tratamiento, aun cuando esta fuente cuenta con agua de buena calidad, el parámetro de coliformes fecales se encuentra mayor que el aceptable en ambas épocas de muestreo representando riesgo para la salud de los consumidores de los productos hortícolas. La fuente tres se utiliza para Abastecimiento Público (consumo humano y usos domésticos) sin ningún tipo de tratamiento y de acuerdo a la matriz utilizada, su uso para abastecimiento público está condicionado por un tratamiento ligero de purificación.

8 RECOMENDACIONES

Recomendaciones para mejorar la gestión del recurso hídrico superficial en el municipio de Almolonga

- Que las autoridades municipales de Almolonga consideren la implementación de un proyecto que permita el fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico en su territorio. (Ver propuesta en anexo 10.1).
- Que las autoridades municipales de Almolonga en conjunto con los usuarios de los nacimientos, mantengan limpio el perímetro de los nacimientos, implementen cajas de captación adecuadas y perímetros con barreras vivas o muertas para prevenir la contaminación del agua por efectos de escorrentía principalmente y se implementen rótulos con recomendaciones generales para el cuidado y protección de los mismos.
- Que las autoridades municipales realicen proyectos que puedan hacer eficiente el uso de los nacimientos que cuentan con agua de buena y excelente calidad principalmente en abastecimiento público, agricultura y otras alternativas productivas como la acuicultura.
- Debido a lo imprescindible que son los riachuelos en las actividades agrícolas del municipio de Almolonga, no es posible impedir su uso, es necesario que las autoridades municipales y representantes de los agricultores con apoyo o asesoría técnica de profesionales en la materia, planifiquen e implementen proyectos integrales a corto, mediano y largo plazo para hacer una gestión adecuada del recurso hídrico. Las acciones podrán ir enfocadas en la reducción de las fuentes contaminantes del agua, implementación gradual de un sistema de riego con mayor eficiencia que el actual, capacitaciones sobre buenas prácticas agrícolas, que pueden ser coordinadas con el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Ministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente y empresas proveedoras de insumos agrícolas en el municipio.
- Las autoridades municipales, deberán considerar una asignación adecuada de recursos económicos a la comisión de medio ambiente del Consejo Municipal dentro de su presupuesto y fomentar la participación de los agricultores principalmente con apoyo que sea de beneficio en sus actividades y puedan servir de ejemplo para que se unan al trabajo más

productores y así elevar el nivel de calidad de los productos agrícolas mejorando su competitividad en mercados exigentes.

- Establecer estrategias para socializar la necesidad de reforestar y proteger las zonas de recarga hídrica en el municipio.
- Que la municipalidad por medio de la Comisión de Medio Ambiente realice convenios con los centros educativos y aporte recursos para campañas de sensibilización sobre el manejo del recurso hídrico.
- Hacer monitoreos de la calidad del agua en los puntos de muestreos utilizados en este estudio para conocer cambios que puedan suceder y que agraven la calidad de este recurso.
- Que en un futuro cercano la municipalidad pueda iniciar con la gestión de proyectos para el tratamiento de las aguas residuales antes de ser descargadas a un ambiente natural.
- Que se continúe con la recuperación y mejora del uso de la planta para el manejo de residuos sólidos.

Recomendaciones para mejorar la gestión del recurso hídrico superficial en el municipio de Zunil.

- Que las autoridades municipales de Zunil consideren la implementación de un proyecto que permita el fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico en su territorio. (Ver propuesta en anexo 10.1).
- Que el Departamento de Áreas Protegidas y Medio Ambiente en coordinación con los comités de aguas, continúen con las labores de protección de los nacimientos y se incrementen las actividades de educación y concientización ambiental.
- Que se realice un acercamiento más estrecho con representantes de la población civil para implementar acciones de limpieza y concientización sobre el cuidado del recurso hídrico principalmente para permitir posteriores estudios y acciones relacionados con el recurso hídrico.
- Que las autoridades municipales con asesoría técnica de profesionales en la materia puedan plantear proyectos enfocados a la reducción y eliminación de las fuentes contaminantes del recurso hídrico.

- Realizar un estudio de viabilidad para la implementación de un proyecto de captación y desinfección del agua necesaria para riego agrícola del río ubicado en la aldea Chuimucubal (fuente 2) o conducir agua de otras fuentes con mejor calidad (que no estén contaminadas principalmente con coliformes totales).
- Hacer monitoreos de la calidad del agua en los puntos de muestreos utilizados en este estudio para conocer cambios que puedan suceder y pongan en riesgo la calidad y disponibilidad de este recurso.
- Realizar convenios con empresas que comercializan insumos agrícolas para intensificar programas de concientización ambiental relacionado con el uso adecuado de agroquímicos y buenas prácticas agrícolas.
- Que la municipalidad gestione y establezca proyectos piloto conjuntos con agricultores y el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación para el manejo y conservación de suelos en áreas con pendientes pronunciadas para evitar escorrentía fuerte y arrastre de sólidos, residuos químicos y materiales orgánicos que degradan la calidad del agua y que se capacite a los agricultores sobre el uso adecuado de materiales orgánicos especialmente estiércoles en los cultivos, también considerar otros sistemas productivos como la acuacultura para aprovechar los excedentes de agua de excelente y buena calidad, agua que es utilizada principalmente para riego agrícola, tomando en cuenta que en época lluviosa no es utilizada y en época seca existe rebalse en los tanques de almacenamiento y distribución.
- Que en un futuro cercano la municipalidad pueda iniciar con la gestión de proyectos para el manejo y tratamiento de desechos sólidos y tratamiento de las aguas residuales antes de ser descargadas a un ambiente natural.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado Quiroa, H. (2012). Indicadores de calidad ambiental. Quetzaltenango.
- Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropriada -CEMAT-. (2010). –CEMAT. Consultado el 27 de Junio de 2012, de <http://www.cemat.org/c4.html>
- Comisión Guatemalteca de Normas. (1999). Norma Obligatoria para Agua Potable. Guatemala.
- Congreso de La Republica de Guatemala. (1993). Constitución Política de la República de Guatemala. Guatemala.
- Ejecutivo, O. (2009). Reglamento de Normas Sanitarias para la Administración, Construcción, Operación y Mantenimiento de los Servicios de Abastecimiento de Agua Potable para Consumo Humano, Acuerdo Gubernativo No. 113-2009. Guatemala.
- Ejecutivo, O. (2009). Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento, Acuerdo Gubernativo 178-2009. Guatemala.
- Fistera. (s.f.). Consultado el 27 de Junio de 2012, de www.fistera.com
- Fundación Universitaria Católica del Norte. (2012). Biblioteca Virtual Católica del Norte, Fundación Universitaria. Recuperado el 08 de Julio de 2012, de http://biblioteca.ucn.edu.co/repositorio/Administraciones/hidrologia/documentos/ciclo_hidrologico.pdf
- Guatemala, C. d. (1986). Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto No. 68-86. Guatemala.
- Guatemala, C. d. (1997). Código de Salud, Decreto 90-97. Guatemala.
- Guatemala, C. d. (2002). Código Municipal, Decreto No. 12-2002. Guatemala.
- Gutiérrez Cotro, A. J., & Vaz Pardal, M. d. (2007). Análisis del agua. Andalucía, España.

- Ingeniería civil y medio ambiente -Miliarium-. (2004). Consultado el 12 de Agosto de 2012, de <http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm>
- Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente -IARNA-. (2012). IARNA.ORG. Consultado el 08 de Julio de 2012, de http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/7_Agua_superficial.pdf
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente IARNA. (2005). Situación del Recurso Hídrico en Guatemala. Guatemala.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología-INSIVUMEH. (2003). Sanidad de los ríos de la república de Guatemala. Guatemala.
- Ministerio de Salud, Perú. (2010). Dirección General de Salud Ambiental, Ministerio de Salud, Perú. Consultado el 09 de Mayo de 2012, de <http://www.digesa.minsa.gob.pe/>
- Municipalidad de Almolonga. (2011-2025). Plan de Desarrollo Municipal. Almolonga, Quetzaltenango.
- Municipalidad de Zunil, Q. (2011). Plan de Desarrollo Municipal. Zunil, Quetzaltenango.
- Programa Regional de Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental-PREVDA-. (2008). Diagnóstico de la cuenca alta del río Samalá.
- Red Telemática Educativa de Cataluña. (2012). Consultado el 24 de Agosto de 2012, de <http://www.xtec.cat/~gjimene2/llicencia/students/07aguas.html>
- Universidad de Puerto Rico. (2010). consultado el 16 de Agosto de 2012, de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-temperatura.pdf>
- Zumaeta, M. A. (2004). Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS/OPS).

10 ANEXOS:

10.1 Propuesta de perfil de proyectos para la gestión del recurso hídrico superficial en los municipios de Almolonga y Zunil.

10.1.1 Presentación

El agua es vital para la supervivencia, además de ser un recurso fundamental para el desarrollo; los recursos de agua dulce se encuentran bajo una creciente presión, y su inadecuada gestión da como resultado que varias personas carezcan de servicios que provean de este recurso para satisfacer sus necesidades básicas; el mal uso del recurso, altera el equilibrio de los ecosistemas. La gestión del recurso hídrico tiene como fin alcanzar su sostenibilidad, tomando en cuenta el planteamiento de propuestas integrales dando mayor importancia a la población civil en el proceso de decisión y planeamiento de las diversas actividades que contribuyan en la mejora de su gestión. A partir de los resultados de la evaluación de la calidad de las aguas superficiales, usos potenciales y conflictos de usos en los municipios de Almolonga y Zunil se plantea el presente perfil como propuesta de proyecto para implementarlo en los municipios mencionados para aportar positivamente a la gestión del vital líquido.

En este trabajo, se propone la implementación de un equipo integral que gestione y administre el recurso hídrico en cada uno de los municipios, tomando en cuenta que su gestión a nivel municipal demanda la activa participación de la población civil, las autoridades municipales, instituciones gubernamentales y no gubernamentales para realizar acciones que contribuyan a un manejo sustentable del agua. Permitiendo su disponibilidad para los diversos usos humanos y de los ecosistemas.

10.1.2 Propuesta de perfil de proyecto

Generación y/o fortalecimiento de un departamento de gestión del recurso hídrico superficial en los municipios de Almolonga y Zunil.

10.1.3 Planteamiento del Proyecto

El agua es un factor determinante en el desarrollo económico y social al mismo tiempo, cumple la función básica de mantener la integridad del entorno natural. A pesar de ello, el agua es solo uno de los recursos naturales vitales y resulta imperativo que los temas hídricos no sean tratados de forma aislada.

Los gestores, tanto gubernamentales como del sector privado, han de tomar decisiones complicadas sobre la asignación del uso, costo y manejo referente al agua. Con mayor frecuencia, éstos se enfrentan a una oferta que disminuye frente a una demanda creciente. Factores como los cambios demográficos y climáticos también incrementan la presión sobre los recursos hídricos.

Por lo que se hace necesario la integración o fortalecimiento de un departamento que permita cambiar el enfoque tradicional fragmentado del manejo del recurso hídrico por un enfoque holístico que comprenda a la población, instituciones públicas y privadas como a las organizaciones no gubernamentales para la gestión del agua, garantizando su disponibilidad y calidad tanto para consumo humano, para industria, para agricultura, para recreación y para mantener la vida en ambientes naturales (equilibrio ecológico).

10.1.4 Justificación

A partir de los resultados obtenidos en el estudio de la evaluación de la calidad realizado durante el año 2012-2013 referente al recurso hídrico superficial del municipio de Almolonga y Zunil, se determinó que el 50% de las aguas superficiales del municipio de Almolonga se encuentra en los rangos de calidad mala y media, y están siendo utilizadas en actividades para las cuales no son aptas, para contrarrestar este problema y evitar daños a la salud humana y al ambiente es importante implementar un equipo gestor del recurso.

En el caso de Zunil, el 93% de las aguas superficiales se encuentran en los rangos de buena y excelente calidad lo cual concuerda en su mayoría con su aptitud para los usos en Abastecimiento Público, Recreación, Uso en Pesca y Vida Acuática, Agricultura e Industria, con leves tratamientos para el caso de las fuentes con calidad buena y sin restricciones para fuentes con calidad excelente, lo cual tiene relación con un bajo porcentaje de fuentes que presentan conflictos de uso en el municipio (14%).

Para este municipio el proyecto cobra importancia para mantener estos niveles de calidad que hasta el momento son buenos y mayoritariamente excelentes.

10.1.5 Localización

La propuesta de proyecto está dirigida al municipio de Almolonga y Zunil, los cuales se encuentran ubicados dentro la jurisdicción del departamento de Quetzaltenango.

10.1.6 Objetivos

10.1.6.1 General

Contribuir en el proceso de Gestión Integrada del Recurso Hídrico, en el municipio de Almolonga y Zunil.

10.1.6.2 Específicos

- a. Integrar un departamento para la gestión y manejo del recurso hídrico superficial en el municipio de Almolonga y Zunil.
- b. Establecer líneas generales de acción para el equipo de trabajo conformado para la gestión y manejo del recurso hídrico superficial en los municipios de Almolonga y Zunil.

10.1.7 Productos

Para el objetivo a.

a.1 Establecer un equipo de trabajo integrado por el sector comunitario y representantes municipales plenamente reconocido por ambas partes que conformen el departamento de gestión del recurso hídrico superficial.

a.2 Establecer convenios con universidades, entes estatales y organizaciones no gubernamentales –ONGs- para contar con apoyo técnico.

a.3 Capacitar a los integrantes del equipo conformado para la gestión del recurso hídrico.

Para el objetivo b.

b.1 Definir las prioridades para la gestión del recurso hídrico superficial a nivel comunitario e integrarlas a nivel municipal

b.2 Elaboración de proyectos enmarcados en las líneas de acción y acordes a las prioridades identificadas

b.3 Gestión de recursos económicos para el financiamiento de los proyectos.

10.1.8 Actividades

Para el producto a.1: Establecer un equipo de trabajo integrado por el sector comunitario y representantes municipales y plenamente reconocido por ambas partes.

a.1.1 Convocar por medio de la municipalidad a los presidentes de los Consejos Comunitarios de Desarrollo –COCODES- y comités de agua de cada comunidad.

a.1.2 Planteamiento y discusión del proyecto que determine su aprobación o denegación.

Para el producto a.2: Establecer convenios con universidades, entes estatales y organizaciones no gubernamentales -ONGs- para contar con apoyo técnico

a.2.1 Identificar universidades a nivel regional que cuenten con carreras en ciencias naturales (Ingeniería Ambiental, Ingeniería Agronómica, maestrías en temas relacionados con el manejo del recurso hídrico entre otras), -ONGs- que trabajen con el tema del recurso hídrico y cuenten con personal calificado en el tema.

a.2.2 Elaborar y firmar convenios institucionales para la capacitación del equipo de trabajo, que permita cumplir con los lineamientos propuestos por el departamento.

Para el producto a.3: Capacitar a los integrantes del equipo conformado para la gestión del recurso hídrico.

a.3.1 Programación y ejecución de las capacitaciones referentes a la gestión del recurso hídrico superficial con las universidades, -ONGs-, entidades estatales en un intervalo de tiempo bimestral.

a.3.2 Identificar proyectos relacionados con la gestión del recurso hídrico y generar convenios para intercambio de información y experiencias.

Para el producto b.1: Definir las prioridades para la gestión del recurso hídrico superficial a nivel comunitario e integrarlas a nivel municipal.

b.1.1 Identificar y priorizar conjuntamente las causas de la degradación del recurso hídrico.

b.1.2 Comunicara la población de cada comunidad, los resultados de la priorización realizada, promover la participación ciudadana.

Para el producto b.2: Elaboración de proyectos enmarcados en las líneas de acción y acordes a las prioridades identificadas.

b.2.1 A partir de los resultados obtenidos en priorización, el departamento de gestión de recurso hídrico elaborará perfiles de proyectos con apoyo de personal técnico de las entidades con quienes previamente se han establecido convenios.

b.2.2 Validar los perfiles de proyectos en coordinación con las comunidades.

Para el producto b.3: Gestión de recursos económicos para el financiamiento de los proyectos

b.3.1 Identificar organizaciones estatales, locales e internacionales como posibles fuentes de financiamiento de proyectos ambientales, con énfasis en la gestión del recurso hídrico.

b.3.2 Establecer la relación de aporte económico entre las entidades cooperantes, la municipalidad y la comunidad para la sostenibilidad del proyecto.

10.1.9 Líneas de acción

No.	Línea de acción	Alianzas estratégicas/acciones prioritarias	Justificación
1	Coordinación con la sociedad civil e interinstitucional	<p>Mantener comunicación constante y participativa con la población para conocer sobre las necesidades y propuestas relacionadas al recurso hídrico.</p> <p>Coordinar actividades con instituciones públicas, como los ministerios: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-, Instituto Nacional de Bosques –INAB-, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-, Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP-, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social –MSPAS-, entidades privadas (empresarios locales, empresas de insumos agrícolas, hidroeléctricas, Geotérmica, fincas, etc), con ONGs que ejecutan proyectos a nivel regional.</p> <p>Coordinar actividades como campañas de limpieza, reforestación, concursos de pintura entre otros, con centros educativos de nivel primario, básico y diversificado a nivel local y universidades a nivel regional.</p>	<p>Socializar las necesidades y propuestas garantiza la sostenibilidad del proyecto y se evitan conflictos relacionados.</p> <p>Un trabajo en equipo técnico y profesional garantiza éxito, mayor disponibilidad de recursos y experiencias exitosa, evitando duplicar trabajo para optimizar tiempo y recursos.</p> <p>Los centros educativos son indispensables para fomentar la educación ambiental y contar con personas de diferentes niveles educativos favoreciendo un mejor desarrollo de las actividades.</p>
2	Protección de fuentes hídricas	Identificar las fuentes hídricas del municipio, en las que se esté perdiendo la cobertura vegetal y otras fuentes de contaminación (por	Para realizar un trabajo puntual, es importante identificar las áreas o zonas afectadas

No.	Línea de acción	Alianzas estratégicas/acciones prioritarias	Justificación
		<p>aguas servidas, por desechos sólidos, por pesticidas agrícolas, por arrastre de sólidos, entre otros posibles).</p> <p>Reforestar las áreas circundantes a las fuentes hídricas, recolectar los desechos sólidos, implementar barreras vivas y muertas para proteger las fuentes.</p>	<p>Las acciones concretas deben responder a las necesidades puntuales.</p>
3	Planificación y gestión de proyectos	<p>Identificar proyectos exitosos relacionados con la gestión del recurso hídrico y generar convenios para intercambio de información y experiencias.</p> <p>Solicitar apoyo técnico a universidades, ministerios del estado y ONGs, que dentro de sus líneas de acción trabajen con la gestión del recurso hídrico.</p> <p>Fomentar la participación ciudadana en el proceso de planificación de proyectos.</p> <p>Identificar fuentes de financiamiento y gestionar recursos económicos para la implementación de los proyectos que se planifiquen.</p>	<p>Contar con experiencias previas permite evitar errores que pongan en riesgo la sostenibilidad y éxito de los proyectos.</p> <p>Para la planificación y gestión de proyectos es imprescindible contar con asesoría técnica y profesional.</p> <p>Que la población asuma la necesidad de implementar un proyecto es importante para contar con el respaldo comunitario en todo momento.</p> <p>Un proyecto puede estar bien planteado pero sin financiamiento no es útil, actualmente existe apoyo estatal e internacional que enfocan sus esfuerzos hacia la gestión ambiental.</p>

No.	Línea de acción	Alianzas estratégicas/acciones prioritarias	Justificación
4	Control y seguimiento de proyectos implementados	<p>Monitorear el estado de las fuentes hídricas en periodos acordes al aspecto de importancia.</p> <p>Para monitorear aspectos muy específicos deberá realizarse con personal capacitado en la materia, ya sea por medio de contratación o convenios con otras organizaciones que cuenten con el personal, equipo y recursos necesarios.</p>	<p>Después de implementar o ejecutar un proyecto, es imprescindible evaluar los resultados y monitorear su permanencia a lo largo del tiempo y no abandonarlos en caso de que requieran mantenimiento constante.</p> <p>Para contar con un control y seguimiento adecuado de los proyectos, es necesario que este se realice de manera conjunta entre los representantes comunitarios y personal técnico-profesional que sustente los resultados y pueda emitir sugerencias en caso de ser necesarias.</p>

Fuente: *Elaboración propia.*

10.1.10 Cronograma de ejecución del proyecto

Año	AÑO 1						AÑO 1						AÑO 3						AÑO4					
	1 ^{er} bimestre	2 ^{do} bimestre	3 ^{er} bimestre	4 ^{to} bimestre	5 ^{to} bimestre	6 ^{to} bimestre	1 ^{er} bimestre	2 ^{do} bimestre	3 ^{er} bimestre	4 ^{to} bimestre	5 ^{to} bimestre	6 ^{to} bimestre	1 ^{er} bimestre	2 ^{do} bimestre	3 ^{er} bimestre	4 ^{to} bimestre	5 ^{to} bimestre	6 ^{to} bimestre	1 ^{er} bimestre	2 ^{do} bimestre	3 ^{er} bimestre	4 ^{to} bimestre	5 ^{to} bimestre	6 ^{to} bimestre
Establecer un equipo de trabajo integrado por el sector comunitario y representantes municipales y plenamente reconocido por ambas partes.	X	X																						
Establecer convenios con universidades, entes estatales y ONGs para contar con apoyo técnico.	X						X						X						X					
Capacitar a los integrantes del equipo conformado para la gestión del recurso hídrico.			X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Definir las prioridades para la gestión del recurso hídrico superficial a nivel comunitario e integrarlas a nivel municipal				X			X		X				X		X				X			X		
Elaboración de proyectos enmarcados en las líneas de acción y acordes a las prioridades identificadas							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gestión de recursos económicos para el financiamiento de los proyectos.		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

10.1.11 Presupuesto y recursos necesarios (Orientativo)

El monto para la ejecución del proyecto se estima en Q.125, 000.00 durante un año, tiempo en el cual se espera contar con el equipo organizado y capacitado para iniciar sus operaciones de manera que puedan gestionar sus propios recursos.

10.1.12 Responsables de la ejecución

En primera instancia, la responsabilidad de organizar y determinar quiénes integraran o fortalecerán el equipo de trabajo para la gestión del recurso hídrico superficial estará a cargo de la comisión de medio ambiente y recursos naturales del concejo municipal; estableciendo la convocatoria a los Concejos Comunitarios de Desarrollo -COCODE-, comités de agua e instituciones para que conformen el equipo de trabajo para la gestión del recurso hídrico.

El concejo municipal en coordinación con el equipo de trabajo consolidado, establecerá y validará los instrumentos administrativos que rijan el funcionamiento y la estructura de trabajo. La estructura organizacional establecida será de mando horizontal en donde tendrá representatividad la municipalidad, Concejos Comunitarios de Desarrollo -COCODE- y comités de agua. Para la toma de decisiones se considerarán a las instituciones gubernamentales y no gubernamentales con las que el equipo de trabajo realice alianzas estratégicas que permitan la realización de proyectos que se planteen en pro del desarrollo sustentable del municipio de Cantel y San Mateo.

Una vez se logren los objetivos planteados, el equipo organizado podrá trabajar independiente, aunque dentro de su estructura se integrará personal de la comisión de medio ambiente del consejo municipal y de las oficinas ambientales municipales, la mayoría estará representada por representantes comunitarios, para evitar cambios drásticos que afecten sus objetivos con los cambios de gobiernos locales.

10.1.13 Identificación de posibles fuentes de Financiamiento

Para el financiamiento de los proyectos se establecen líneas de aporte económico en relación tripartita, bipartita. Entre las posibles fuentes de financiamiento se encuentran: las embajadas de los países desarrollados (Alemania, España, Canadá, Estados Unidos, Japón, Noruega, Suecia entre otros), Banco Interamericano de Desarrollo –BID-, Banco Mundial, Gobernación Departamental, Municipalidades y Empresas Privadas.

10.2 GLOSARIO

Aguas Residuales: Es el tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales

Cloración: Es un proceso que se emplea para la desinfección de aguas mediante el empleo de cloro o compuestos clorados

Código de Salud, Decreto No. 90-97: Hace referencia a que todos los habitantes de la República de Guatemala tienen derecho a la prevención, promoción, recuperación y rehabilitación de su salud, sin discriminación alguna.

Código Municipal, Decreto No. 12-2002: Establece al municipio como unidad básica de organización territorial del Estado y permite la participación ciudadana en los asuntos públicos. A su vez tiene como objeto desarrollar los principios constitucionales referentes a la organización, gobierno, administración y funcionamiento del mismo.

COGUANOR: Comisión Guatemalteca de Normas

COLF: Coliformes fecales

COLT: Coliformes totales

CPRG: Constitución Política de República de Guatemala es considerada también como la Carta Magna; en la cual se establece la protección de las personas, los deberes de Estado garantizando; la vida, la justicia, la seguridad, la paz y el desarrollo integral de las personas.

DBO₅: Demanda biológica de oxígeno, medición realizada en cinco días consecutivo

Desechos Líquidos: Es la fracción líquida descargada, donde el grado de contaminación depende de la calidad del cuerpo receptor, de la cantidad de carga contaminante en las descargas y de la densidad de las fuentes de vertido

Desechos Sólidos: Son todos aquellos materiales considerados como desperdicio de actividades humanas de tipo orgánico e inorgánico.

DQO: Demanda química de oxígeno

ICA: Índice de calidad de agua

In Situ: significa en el lugar, que es comúnmente utilizada para designar un fenómeno observado en el lugar.

Intemperización Física: es causada por cambios en las tensiones y fuerzas de las capas por cambios en las tensiones y fuerzas de las capas terrestres superficiales, temblores, erosión fluvial, eólica, y otros fenómenos naturales

Intemperización Química: es la que ocurre por reacciones entre las sustancias componentes de las rocas con el agua, los gases atmosféricos y las sales.

Ley de Protección y Mejoramiento de Medio Ambiente, Decreto No. 68-86: Rige la protección y mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales y culturales, fundamentando el desarrollo social y económico del país, de manera sostenida.

Nacimiento: Los nacimientos son también llamados: manantial, fuente, ojo de agua, debido a que son afloramientos naturales del agua de la capa freática en un punto de la superficie del terreno

NSF: National Sanitation Foundation (Fundación Nacional de Sanidad)

OD: Oxígeno disuelto

pH: Potencial de hidrogeno

Planta de Tratamiento de Agua Residual: Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales

Potabilización: proceso que se lleva a cabo sobre cualquier agua para transformarla en agua potable y de esta manera hacerla absolutamente apta para el consumo humano

Reglamento de Normas Sanitarias para la Administración, Construcción, Operación, y Mantenimiento de los Servicios de Abastecimiento de Agua Potable para Consumo Humano. Acuerdo Gubernativo No. 113 – 2009: Se refiere al control sanitario de los servicios de abastecimiento para consumo humano correspondiente a los prestadores de servicio, a las municipalidades.

Reglamento para la Certificación de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Proyectos de Abastecimiento, Acuerdo Gubernativo No. 178-2,009: Establece criterios técnicos y administrativos aplicables al proceso de certificación de la calidad de agua para consumo en proyectos de abastecimiento.

Río: es una corriente natural de agua que fluye con continuidad

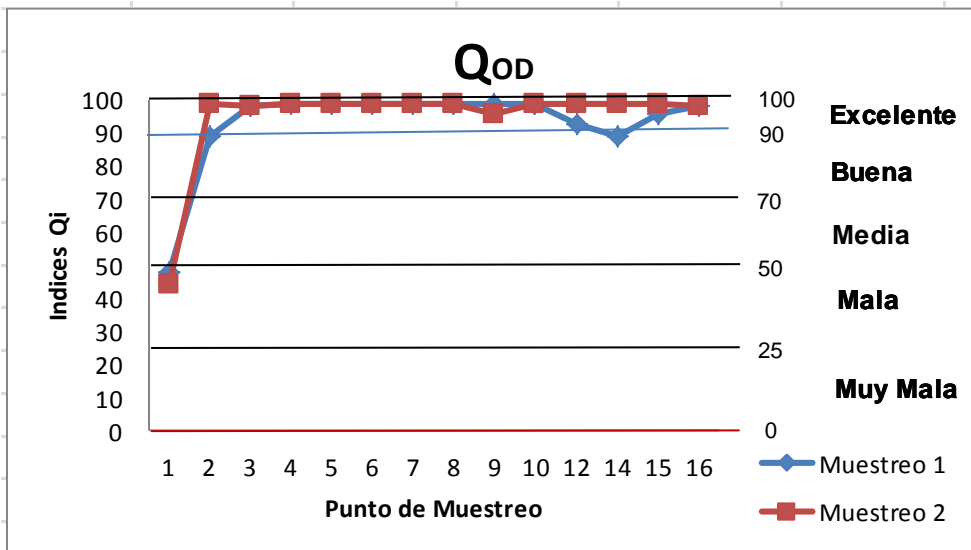
STD: Sólidos totales disueltos

WQI: Water quality index “Índice de calidad de agua”

10.3 GRÁFICOS DE TENDENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN BASE A CADA UNO DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE ZUNIL.

En estas gráficas, se muestran los niveles de calidad que presentaron cada uno de los parámetros analizados en cada fuente hídrica muestreadas. Estas graficas permiten visualizar cuales fueron los parámetros que influyeron en una alta o baja calidad de las fuentes.

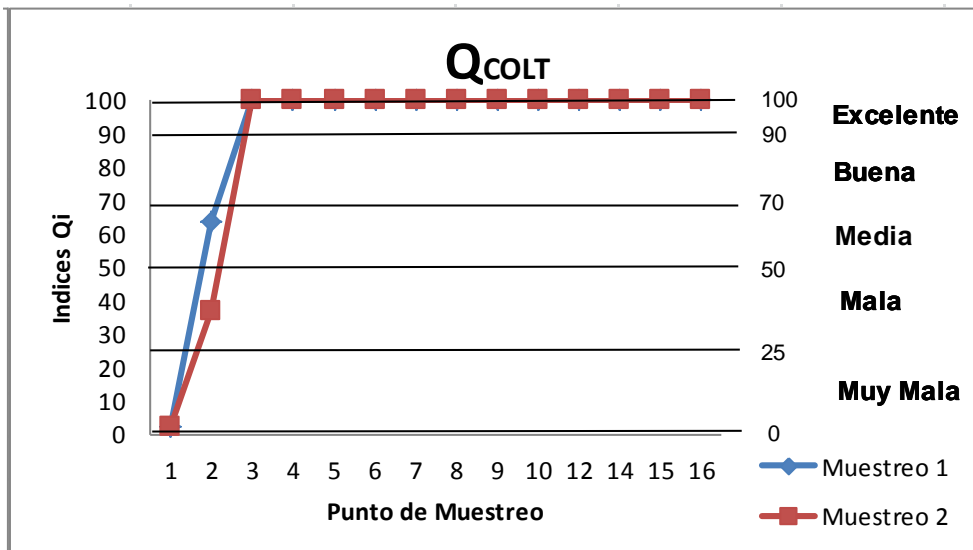
Grafica 1. Calidad del agua en base al % de Oxígeno Disuelto.



Fuente: Elaboración propia.

La grafica anterior, demuestra que los niveles de oxígeno disuelto se mantuvieron en el rango de excelente calidad en ambos muestreos para todas las fuentes muestreadas, a excepción de la fuente uno que se mantuvo en el rango de mala calidad en ambos muestreos y la fuente dos y catorce que en el primer muestreo se ubicaron en el rango de buena calidad.

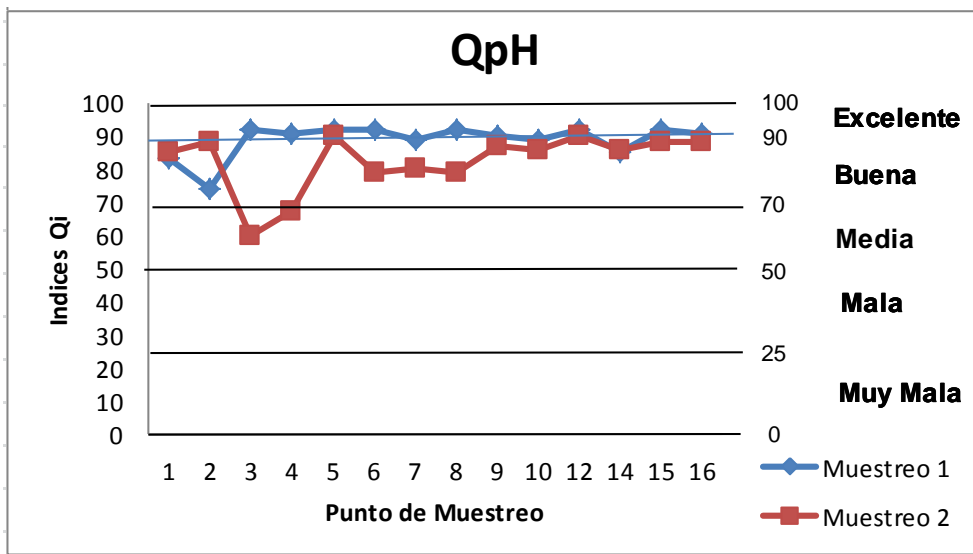
Grafica 2. Calidad del agua en base Coliformes Totales.



Fuente: Elaboración propia.

Los coliformes totales se mantuvieron en el rango de excelente calidad a excepción de la fuente 1 que se mantuvo en el rango de muy mala calidad y la fuente dos que para el primer muestreo presento calidad media y para el segundo muestreo calidad mala.

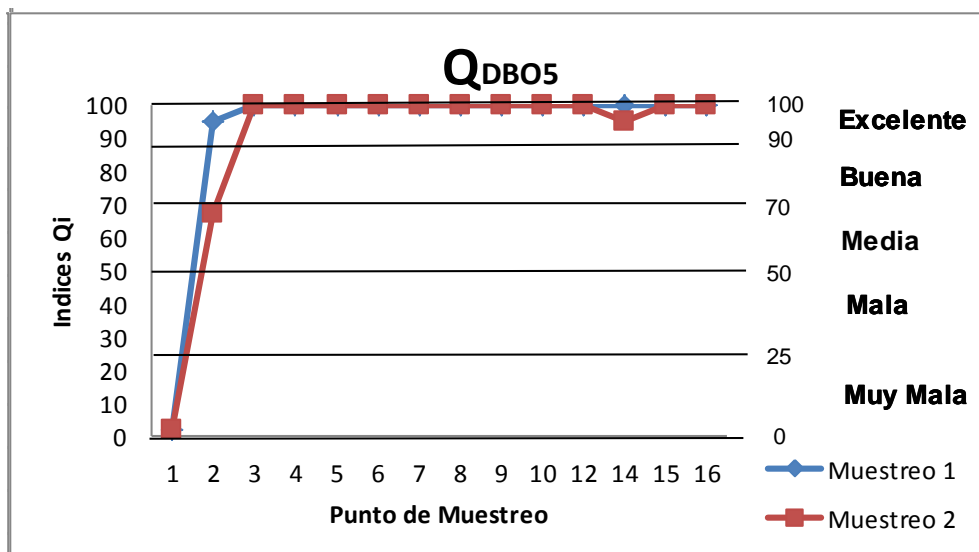
Grafica 3. Calidad del agua en base al pH.



Fuente: Elaboración propia.

Los valores de pH, para el primer muestreo se ubicaron en el rango de buena calidad a excepción de las fuentes uno y dos, que se ubicaron en el rango de calidad buena. Para el segundo muestreo el valor de este parámetro se mantuvo en el rango de buena calidad a excepción de las fuentes tres y cuatro que bajaron al rango de calidad media.

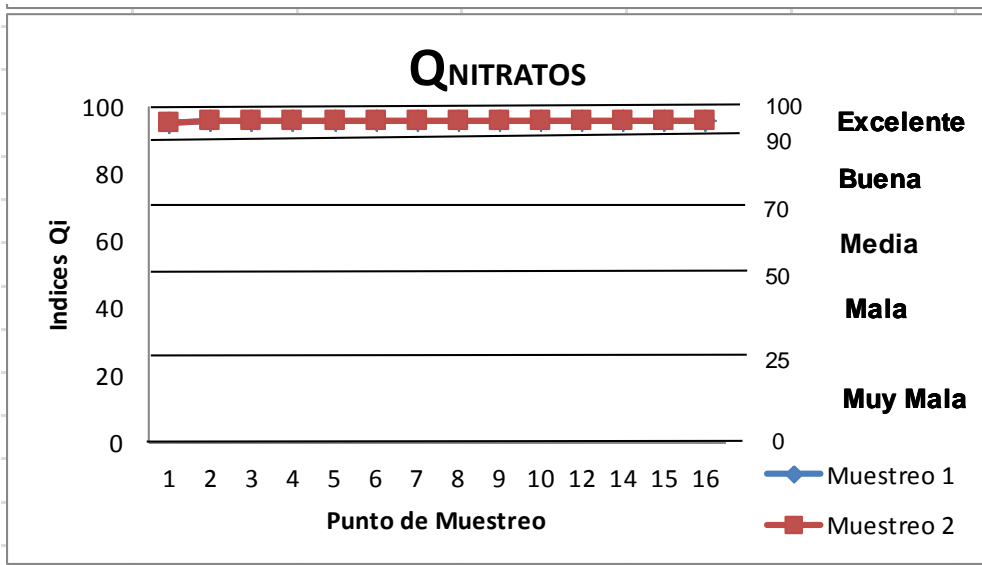
Grafica 4. Calidad del agua en base a la Demanda Bioquímica de Oxígeno.



Fuente: Elaboración propia.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, se mantuvo en el rango de excelente calidad en ambos muestreos a excepción de las fuentes uno y dos. La fuente uno presento calidad muy mala en ambos muestreos y la fuente dos presento calidad excelente calidad en el primer muestreo y calidad media en el segundo.

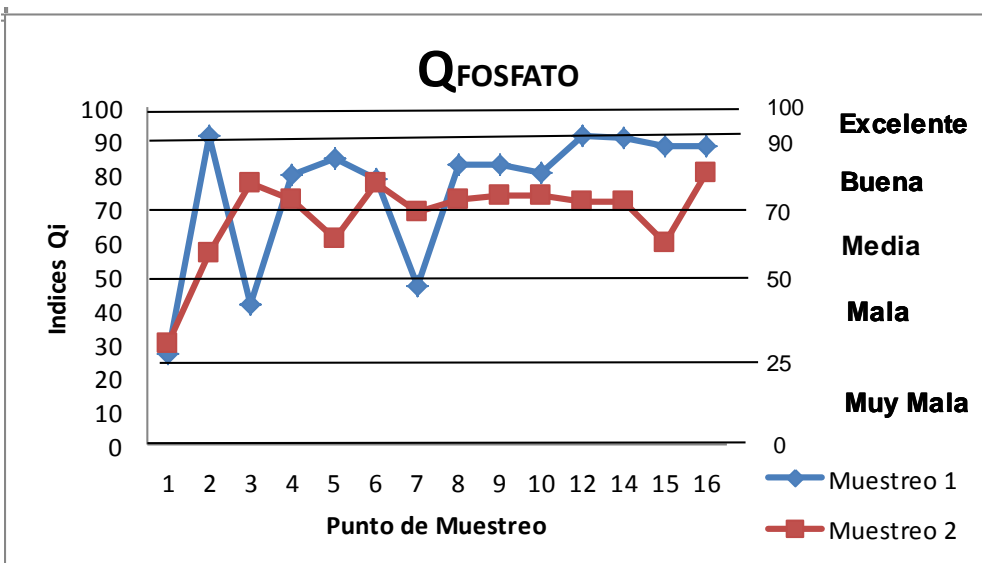
Grafica 5. Calidad del agua en base Nitratos.



Fuente: Elaboración propia.

Los valores de nitratos se mantuvieron en el rango de excelente calidad para todas las fuentes muestreadas y en ambos muestreos realizados.

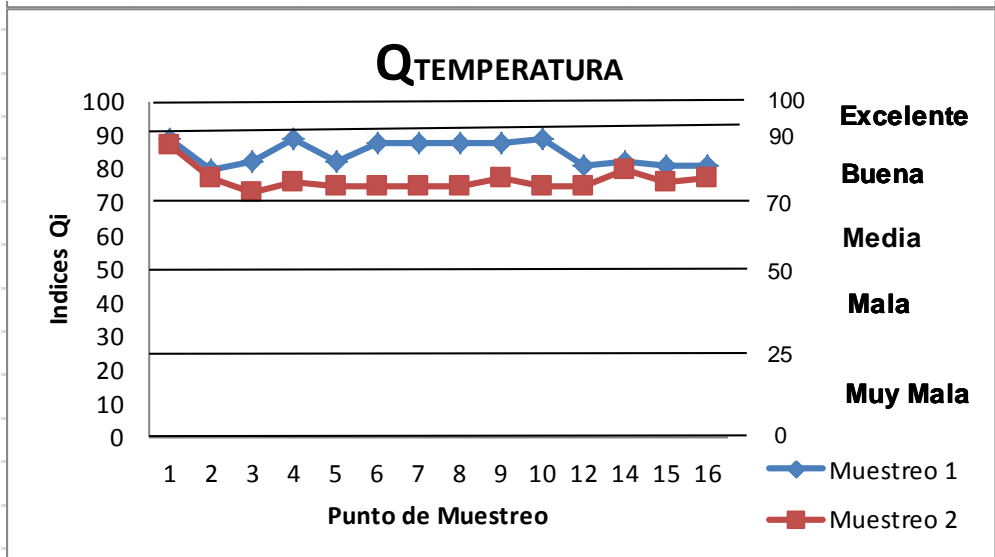
Grafica 6. Calidad del agua en base a Fosfatos.



Fuente: Elaboración propia.

Los valores de fosfatos que se presentaron, se ubicaron en el rango de calidad buena y media, a excepción de la fuente uno que presentó mala calidad en ambos muestreos y las fuentes tres y siete que durante el primer muestreo presentaron mala calidad.

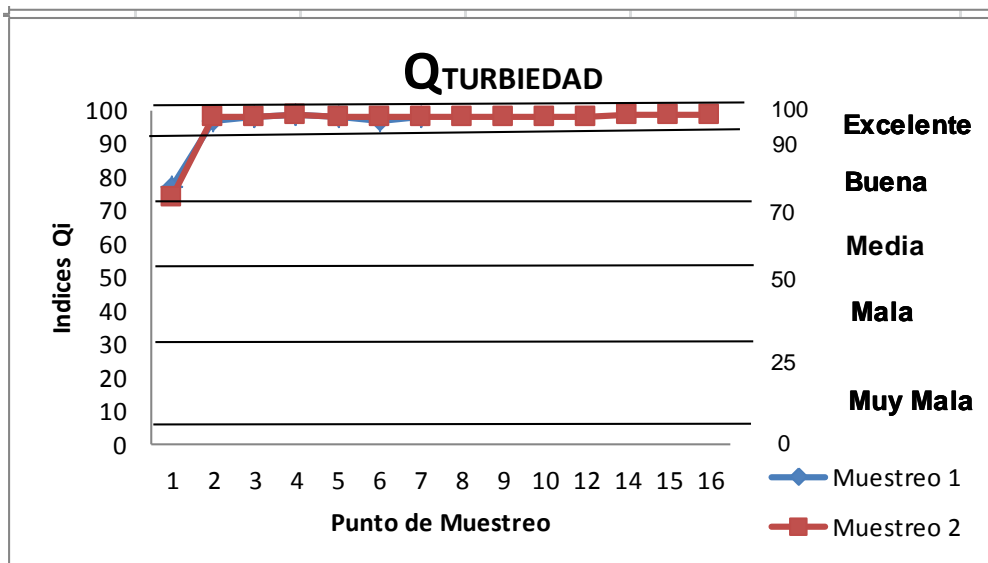
Grafica 7. Calidad del agua en base al Cambio de Temperatura.



Elaboración propia.

El cambio de temperatura de todas las fuentes muestreadas y durante los dos muestreos realizados se mantuvo en el rango de buena calidad.

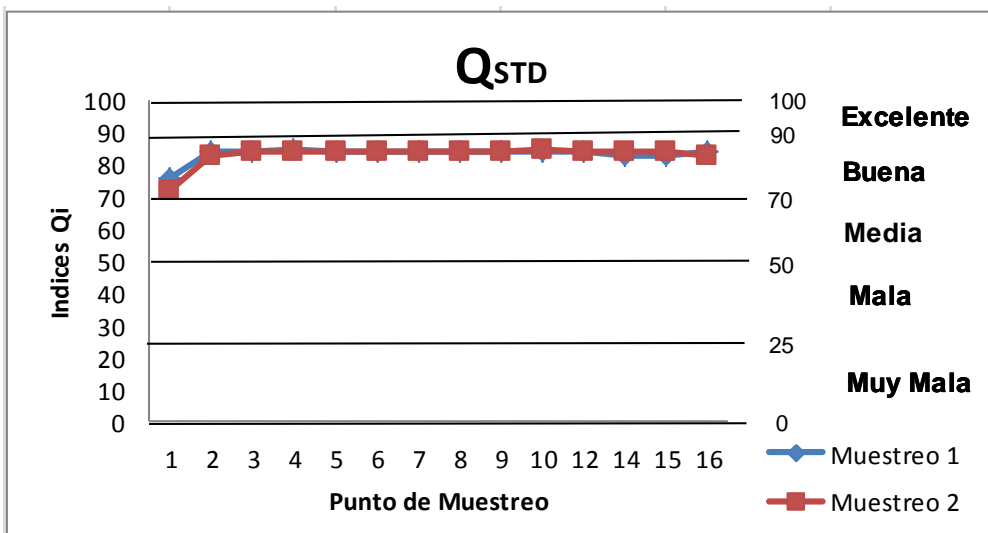
Grafica 8. Calidad del agua en base la Turbiedad.



Elaboración propia.

La turbiedad presento excelente calidad en ambos muestreos y en todas las fuentes analizadas a excepción de la fuente uno que presento calidad buena.

Grafica 9. Calidad del agua en base a Sólidos Totales Disueltos.

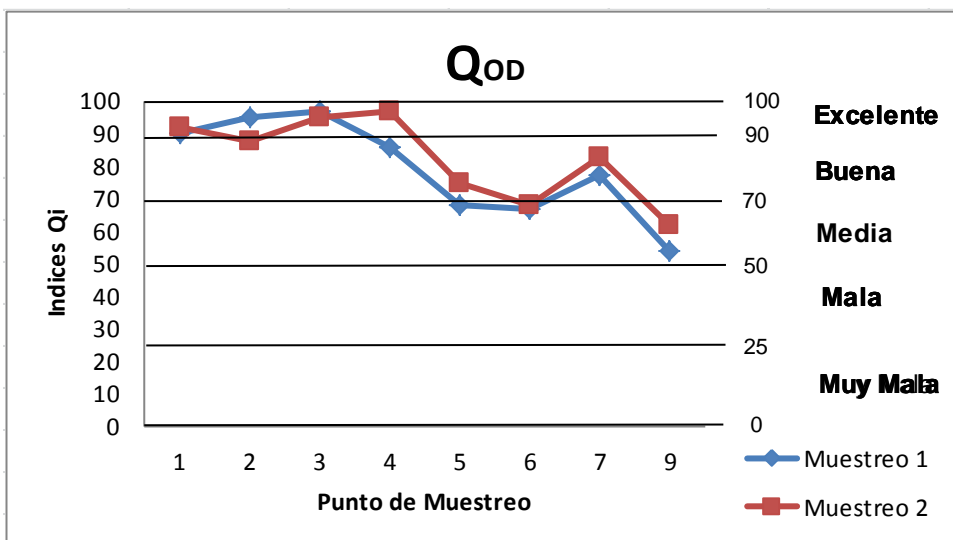


Elaboración propia.

Los valores de sólidos totales disueltos no fueron alarmantes y tampoco presentaron grandes cambios en ambas épocas de muestreo. Este parámetro se ubicó en el rango de buena calidad.

10.4 GRÁFICOS DE TENDENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA EN BASE A CADA UNO DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS EN EL MUNICIPIO DE ALMOLONGA.

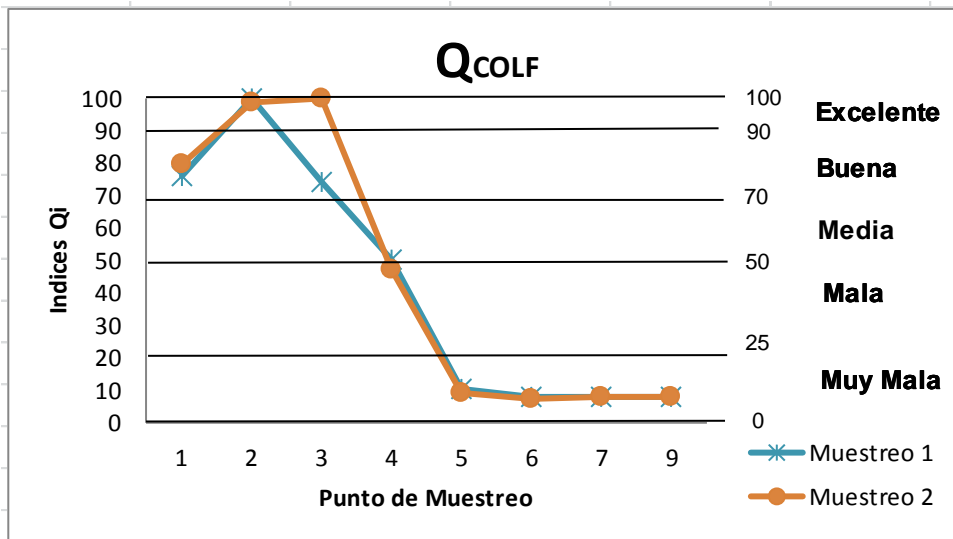
Grafica 10. Calidad del agua en base al % de Oxígeno Disuelto.



Fuente: Elaboración propia.

Como pudo observarse en la gráfica anterior, los niveles de oxígeno disuelto se mantuvieron en los rangos de calidad de buena y excelente en ambos muestreos a excepción de las fuentes seis y nueve que se mantuvo en el rango de calidad media durante ambos muestreos.

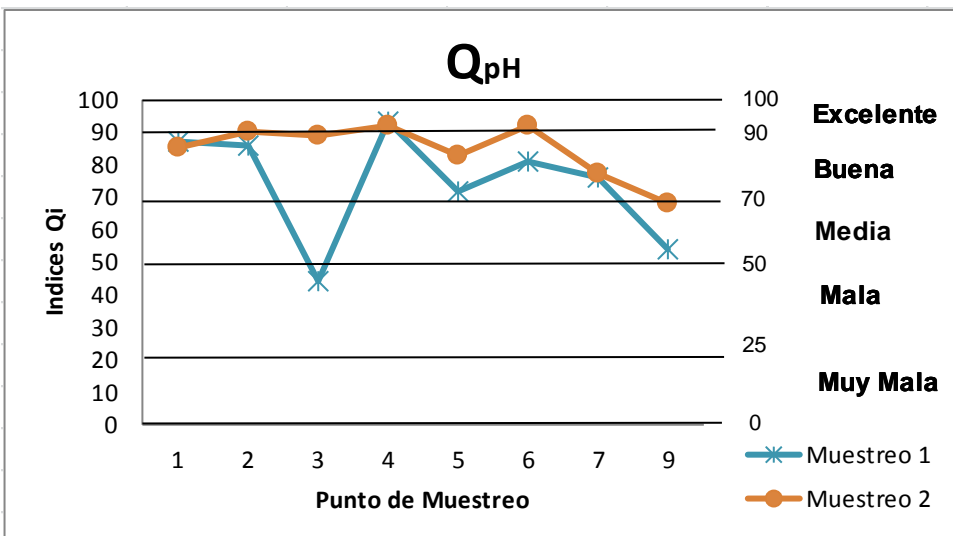
Grafica 11. Calidad del agua en base Coliformes Fecales.



Fuente: Elaboración propia.

Los coliformes totales afectaron se mantuvieron en el rango de calidad muy mala en las fuentes cinco, seis, siete y nueve, la fuente cuatro se estuvo en el límite entre los rango de calidad mala y media y las fuentes uno, dos y tres mantuvieron su calidad en los rangos bueno a excelente.

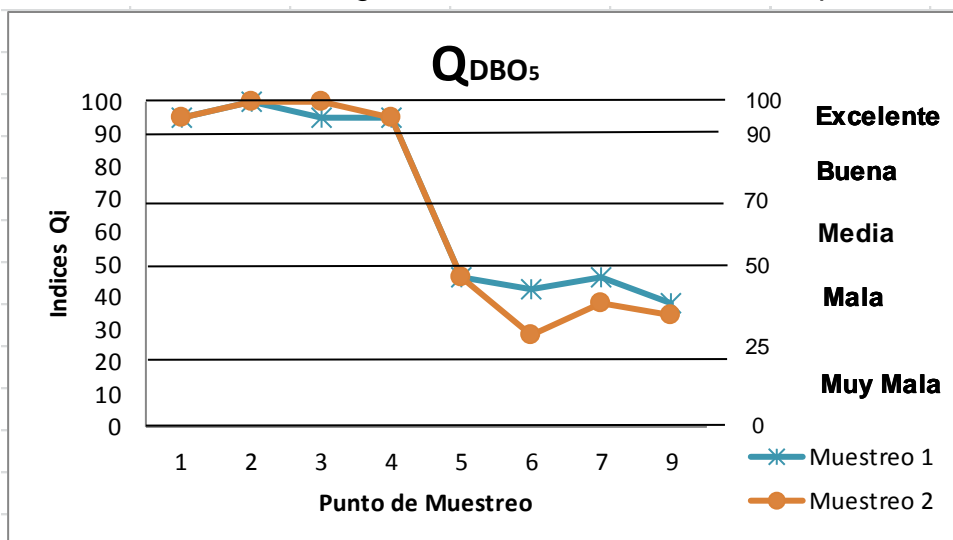
Grafica 12. Calidad del agua en base al pH.



Elaboración propia.

Los valores de pH, durante el primer muestreo se ubicaron en el rango de buena calidad durante los dos muestreos realizados, con excepción de la fuente tres y nueve que para el segundo muestreo se mantuvieron en calidad mala y media respectivamente.

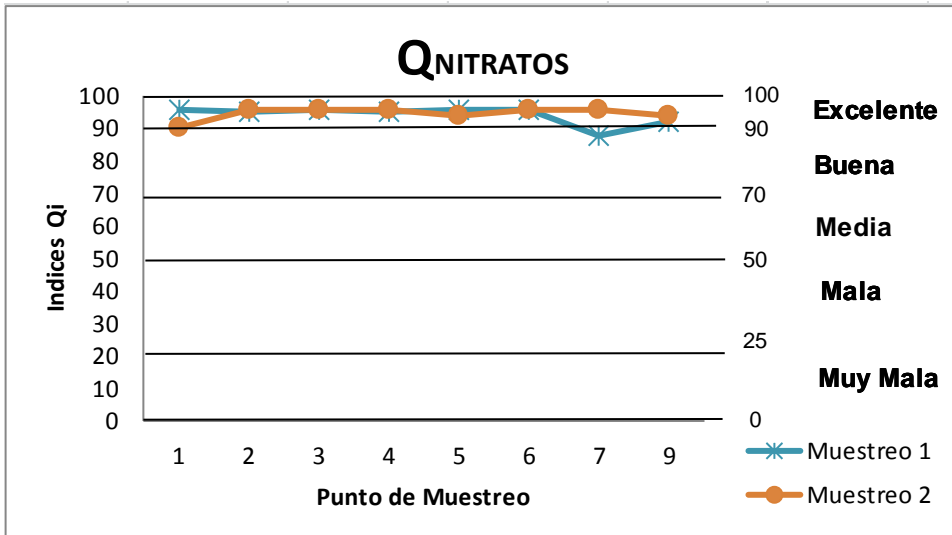
Grafica 13. Calidad del agua en base a LA Demanda Bioquímica de Oxígeno.



Elaboración propia.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, permaneció en el rango de excelente calidad para las fuentes, uno, dos, tres y cuatro en ambos muestreos y para las fuentes cinco, seis, siete y nueve se mantuvo en el rango de mala calidad en los dos muestreos realizados.

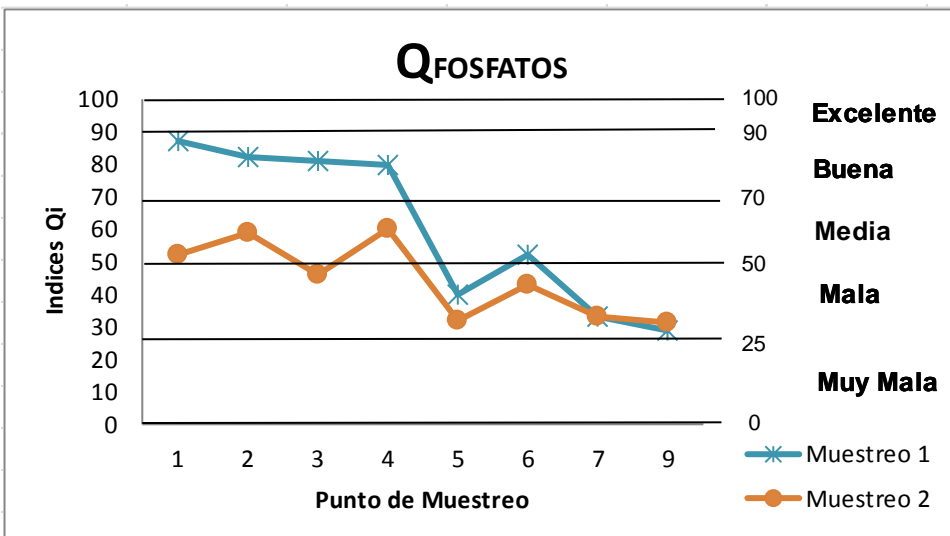
Grafica 14. Calidad del agua en base Nitratos.



Fuente: Elaboración propia.

La calidad de la agua en las fuentes analizadas en base a los valores de nitritos, se mantuvo en el rango de excelente calidad para ambos muestreos con excepción de la fuente siete que se ubicó en el rango de calidad buena.

Grafica 15. Calidad del agua en base Fosfatos.

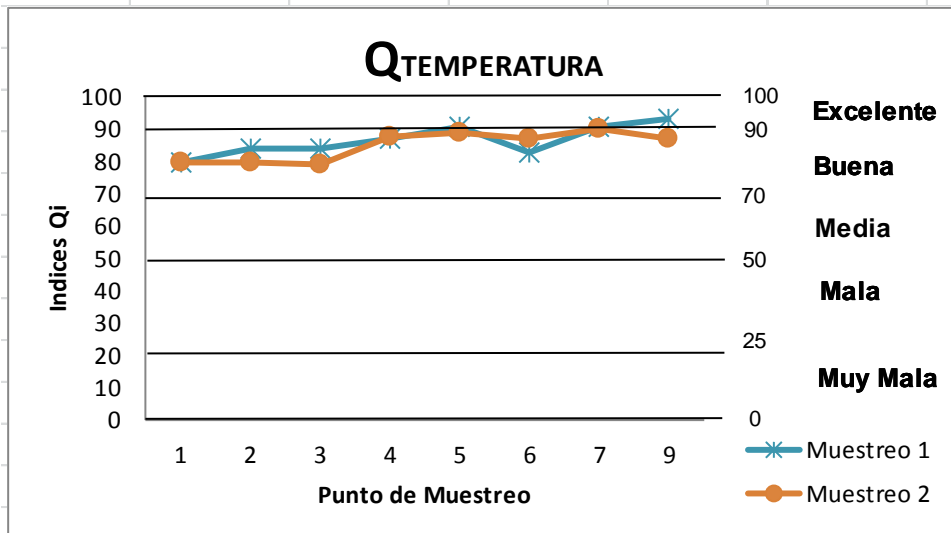


Fuente: Elaboración propia.

Los valores de fosfatos para las fuentes uno, dos, tres y cuatro, se ubicaron en el rango de buena calidad y durante el segundo muestreo presentaron con calidad

media. Los mismos valores de las fuentes cinco, seis, siete y nueve permanecieron en el rango de calidad mala en ambos muestreos.

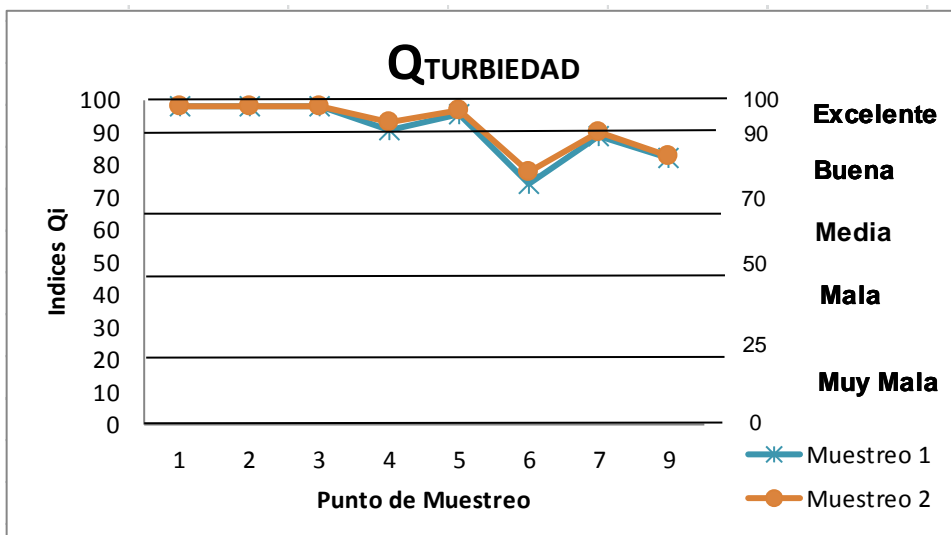
Grafica 16. Calidad del agua en base al Cambio de Temperatura.



Fuente: Elaboración propia.

La temperatura se mantuvo en el rango de calidad buena para todas las fuentes en ambos muestreos, a excepción de la fuente 9 que presentó calidad excelente durante el primer muestreo.

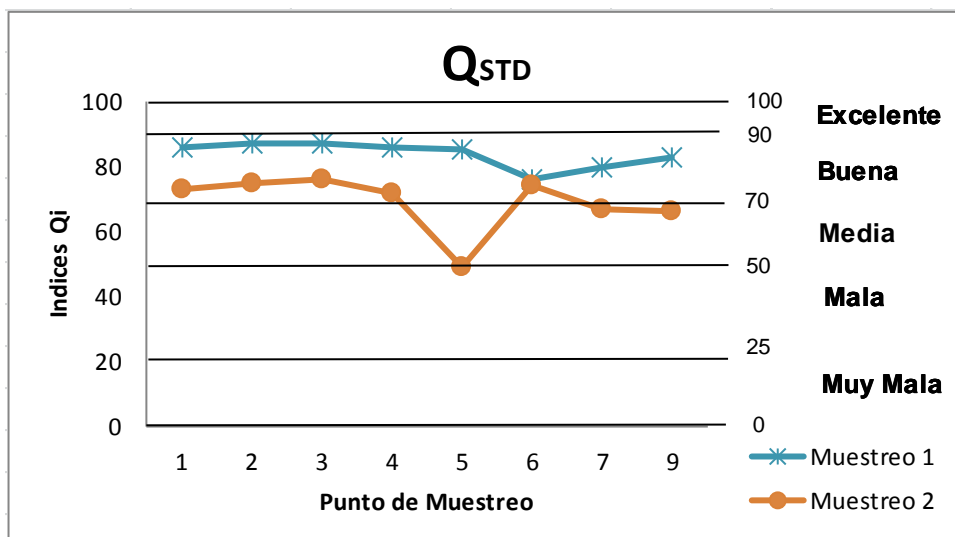
Grafica 17. Calidad del agua en base a la Turbiedad



Fuente: Elaboración propia.

La calidad del agua en base a la temperatura se mantuvo en el nivel excelente para las fuentes, uno, dos, tres, cuatro y cinco en ambos muestreos y para las fuentes, seis, siete y nueve fue de buena calidad en los dos muestreos realizados.

Grafica 18. Calidad del agua en base a los Sólidos Totales Disueltos.



Fuente: Elaboración propia.

La calidad del agua en base a los sólidos totales disueltos se mantuvo en el rango de buena calidad para todas la fuentes durante el primer muestreo y durante el segundo muestreo se presentó variación en las fuentes cinco, siete y nueve ubicándose en el rango de calidad media, las otras fuentes permanecieron en el nivel de calidad excelente.

10.5 Parámetros adicionales analizados a las muestras de agua.

Tabla 25. Parámetros adicionales analizados en las muestras de agua superficial del municipio de Almolonga.

MUESTREO	PARÁMETRO	CÓDIGO DE FUENTE							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Muestreo 1	Conductividad Ms/cm	104.5	87.8	86.9	106	120.7	99.3	202.2	150.8
Muestreo 2		285	253	251	288	544	266	351	352
Muestreo 1	Temperatura °C	20.7	16.1	1.6	17.6	20.1	17.2	20	21.32
Muestreo 2		21.4	27	25	19.7	19.9	19.8	20.8	20.5
Muestreo 1	Nitritos Mg/L	0.003	0.001	0.003	0.005	0.029	0.025	0.06	0.187
Muestreo 2		0.001	0.001	0.001	0.001	0.029	0.013	0.012	0.03
Muestreo 1	Sulfatos Mg/L	6	6	6	9	7	6	14	11
Muestreo 2		6	6	6	8	16	5	8	8
Muestreo 1	Dureza total Mg/L	80	60	80	80	180	80	120	120
Muestreo 2		100	80	100	100	220	100	140	140
Muestreo 1	Amonio Mg/L	0.6	0.4	0.6	0.8	1.4	1.2	1.5	1.8
Muestreo 2		0.07	0.08	0.05	0.07	0.1	0.1	0.13	0.15

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Parámetros adicionales analizados en las muestras de agua superficial del municipio de Zunil.

MUESTREO	PARÁMETRO	CÓDIGO DE FUENTE						
		1	2	3	4	5	6	7
Muestreo 1	Conductividad Ms/cm	198.7	136	127.6	122.3	127.6	133	130.7
Muestreo 2		294	143.2	131.2	131.6	127.5	133	132.9
Muestreo 1	Temperatura °C	18	16.5	18.2	18.15	18.2	18.2	18.1
Muestreo 2		18.5	17	12	12	12	10	11
Muestreo 1	Nitritos Mg/L	0.1	0.003	0.001	0.001	0.001	0	0.001
Muestreo 2		0.082	0.002	0.001	0.001	0.001	0	0.002
Muestreo 1	Sulfatos Mg/L	3	2	4	3	1	4	3
Muestreo 2		4	3	5	4	1	4	4
Muestreo 1	Dureza total Mg/L	80	60	60	60	60	60	80
Muestreo 2		100	80	60	60	60	60	80
Muestreo 1	Amonio Mg/L	0.8	0.8	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06
Muestreo 2		1.95	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Parámetros adicionales analizados en las muestras de agua superficial del municipio de Zunil.

MUESTREO	PARÁMETRO	CÓDIGO DE FUENTE						
		8	9	10	12	14	15	16
Muestreo 1	Conductividad Ms/cm	125.2	131.5	129.9	131.8	141	141.5	137
Muestreo 2		134.7	128.5	123.9	130.7	136	134.8	146
Muestreo 1	Temperatura °C	18.1	18.03	18.4	14.8	12	11.7	11.6
Muestreo 2		12	11	12	13	12	12	13
Muestreo 1	Nitritos Mg/L	0.001	0.001	0.001	0.002	0	0.001	0
Muestreo 2		0.001	0.001	0.001	0.001	0	0.001	0
Muestreo 1	Sulfatos Mg/L Mg/L	3	3	2	1	1	1	1
Muestreo 2		4	3	3	1	1	1	1
Muestreo 1	Dureza total Mg/L	60	60	60	60	60	60	60
Muestreo 2		60	60	60	60	60	60	60
Muestreo 1	Amonio Mg/L	0.07	0.08	0.07	0.4	0.4	0.4	0.6
Muestreo 2		0.06	0.06	0.05	0.06	0.08	0.05	0.07

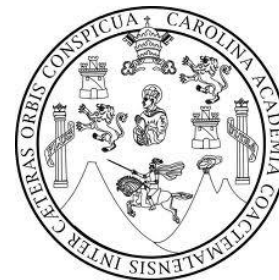
Fuente: Elaboración propia.

10.6 Instrumentos

10.6.1 Guía para la realización de visitas técnicas a las fuentes de agua superficial:

Fecha:			
Lugar:			
Coordenadas geográficas			
Latitud	Longitud	Altitud	
Tipo de fuente o agua superficial			
Nacimiento	Río	Corriente permanente	Otro (especifique)
Estado actual del entorno:			
Fuentes de contaminación:			Distancia (Metros)
Pastoreo			
Vertido de aguas residuales			
Presencia de desechos			
Áreas de cultivos agrícolas			
Otros (especifique)			

Fuente: *Elaboración propia.*



10.6.2 Boleta para muestreo de aguas superficiales

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente
Laboratorio de Gestión Ambiental Local

Evaluación de la calidad de aguas superficiales, usos potenciales y conflictos de uso en el municipio de Almolonga y Quetzaltenango.

Fecha de recolección de la muestra: _____

Hora de recolección de la muestra: _____

Lugar de recolección de la muestra: _____

Propósito del muestreo:

Recolector de la muestra: _____

Numero de muestra _____

Volumen de la muestra: _____

Tipo de muestra: Simple _____ Compuesta _____ Integrada _____

Método de preservación de la muestra:

Descripción del punto y método del muestreo:

Método de transporte de la muestra:

Usos actuales del agua:

Consumo humano _____

Riego _____

Industria _____

Otro: _____

Observaciones de campo:

Análisis a realizar:

En el lugar de la toma de muestra:

Análisis fisicoquímico:

pH				Oxígeno disuelto					Conductividad		
Hora	pH	mV	T °C	Hora	Mg/L	T °C	%	hPa	Hora	mS/cm	T

mV: mili voltios. T °C: temperatura en grados centígrados

Análisis químico:

En laboratorio

Amonio	Nitrito	Nitrato	Fosfato	Dureza	DBO
Mg/L	Mg/L	Mg/L	Mg/L		

Bacteriológico:

_____ UHF/100 ml.

Otros análisis:

f. _____
Responsable del muestreo

f. _____
Responsable del muestreo

Observaciones:

10.7 Fuentes de consulta bibliográfica

10.7.1 Comisión Guatemalteca de Normas – COGUANOR- 29001.

Parámetros definidos en la Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR -NGO 29001:99- 1ra. Revisión, abril 1999. Para agua potable.

FISICOQUÍMICO BÁSICO			
PARÁMETRO	DIMENSIONALES	LMA	LMP
pH	Unidades de pH	7.0-7.5	6.5-8.5
Conductividad eléctrica	μSiemens/cm		≤1500
Salinidad	0/00	-	-
Temperatura	°C	15-25	34
Apariencia	-	-	-
Color	Unidades de color	5	35
Turbiedad	UNT	5	15
Cloro residual	Mg/L (ppm)	0.5	1
Hierro total	Mg/L	0.1	1
Manganeso	Mg/L	0.05	0.5
Nitritos	Mg/L	-	1
Sulfatos	Mg/L	100	250
Nitratos	Mg/L	-	10
Fluoruros	Mg/L	-	1.7
Dureza total	Mg CaCO ₃ /L	100	500
Calcio	Mg/L	75	150
Magnesio	Mg/L	50	100
Cloruros	Mg/L	100	250
Alcalinidad pH 8.3	Mg CaCO ₃ /L	-	-
Alcalinidad pH 4.0	Mg CaCO ₃ /L	-	-
Total de sólidos disueltos (TSD)	Mg/L	500	1000
Microbiología en agua			
Parámetro	Dimensionales	LMA	LMP
Coliformes totales	NMP/100 ml	-	≤ 2-≤ 3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	≤ 2-≤ 3
E. coli	NMP/100 ml	-	≤ 2-≤ 3
Metales pesados en el agua			
Parámetro	Dimensionales	LMA	LMP
Arsénico	Mg/L	-	0.010
Bario	Mg/L	-	0.700
Boro	Mg/L	-	0.300
Cadmio	Mg/L	-	0.003
Zinc	Mg/L	3	70.000
Aluminio	Mg/L	0.05	0.1000
Cobre	Mg/L	0.05	1.500

FISICOQUÍMICO BÁSICO			
PARÁMETRO	DIMENSIONALES	LMA	LMP
Cromo	Mg/L	-	0.050
Mercurio	Mg/L	-	0.001
Plomo	Mg/L	-	0.010
Selenio	Mg/L	-	0.010
Parámetros adicionales agua potable			
Parámetro	Dimensionales	LMP	
Cianuro	Mg/L	0.07	
Nota:			
Límite máximo aceptable (LMA): es el valor de cualquier característica del agua, arriba del cual pasa a ser rechazable por los consumidores.			
Límite máximo permisible (LMP): es el valor de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual no es adecuada para el consumo humano.			

Fuente: (Laboratorio Biológico Industrial, 2011)

10.7.2 Directrices para interpretar la calidad de las aguas para el riego. FAO 1987

PROBLEMA POTENCIA	UNIDADES		GRADO DE RESTRICCIÓN		
			NINGUNA	LIGERA A MODERADA	SEVERO
Salinidad (afecta disponibilidad de agua para cultivo) ²					
Eca	ds/m		< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
TSS	mg/l		< 450	450-2000	> 2000
Infiltración (Reduce infiltración: Evaluar usando a la vez Eca y el RAS) ³					
		RAS			
Eca =		0 – 3	>0.7	0.7- 0.2	< 0.2
		3 – 6	> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
		6 – 12	> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
		12 – 20	> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
		20 – 40	> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9
Toxicidad de iones específicos (afecta cultivos sensibles)					
Sodio (Na) ⁴					
Riego por superficie	RAS		< 3	3 – 9	> 9
Riego por aspersión	Mmq/l		< 3	> 3	
Cloro (Cl) ⁴					
Riego por superficie			< 4	4.0 – 10	> 10
Riego por			< 3	> 3	

PROBLEMA POTENCIA	UNIDADES		GRADO DE RESTRICCIÓN		
			NINGUNA	LIGERA A MODERADA	SEVERO
aspersión					
Boro (B)			< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Oligolmntos					
Varios (Afecta cultivos sensibles)					
Nitrógeno (NO ₃ -N) ⁵			< 5	5.0 – 30	> 30
Bicarbonato (HCO ₃) (Aspersión foliar únicamente)			< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
pH		Amplitud normal: 6.5 – 8.4			

Fuente: (Vilchez Ochoa, 2012)

10.8 IMÁGENES CAPTADAS DURANTE EL LA FASE CAMPO

Imagen 8 Georreferenciación de los fuentes hidricas



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 9. Fuentes hidricas del municipio de Zunil



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 10. Toma de las muestras de agua en las fuentes



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 11. Muestras listas para ser transportadas al laboratorio en cadena de frío.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 12. Medición de parámetros insitu.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 13. Manejo de muestras en cadena de frío para su posterior transporte al laboratorio.



Fuente: Elaboración propia.