



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E  
INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE  
RIESGOS NATURALES**

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO  
DEL CANAL ABIERTO PARA EL AGUA POTABLE EN EL  
SECTOR DE OROLOMA PERTENECIENTE A LA PARROQUIA  
CANGAHUA, CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE  
PICHINCHA”**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES**

**EDWIN SANTIAGO VILLAGÓMEZ PÉREZ**

**DIRECTOR: ING. VALLADARES BORJA HUGO MAURICIO**

**Quito, junio, 2017**

© Universidad Tecnológica Equinoccial. 2017

Reservados todos los derechos de reproducción

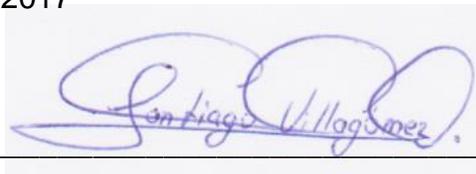
## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **VILLAGÓMEZ PÉREZ EDWIN SANTIAGO**, CI 1723151419 autor/a del proyecto titulado: **Evaluación de la calidad del agua de consumo del canal abierto para el agua potable en el sector de Oroloma perteneciente a la parroquia Cangahua, Cantón Cayambe, provincia de Pichincha** previo a la obtención del título de **GRADO ACADÉMICO COMO APRECE EN EL CERTIFICADO DE EGRESAMIENTO** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 24 de mayo del 2017

f: \_\_\_\_\_

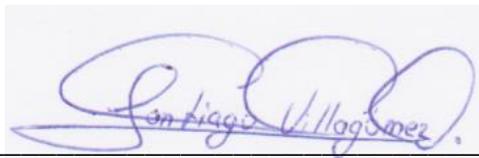


VILLAGÓMEZ PÉREZ EDWIN SANTIAGO  
1723151419

## DECLARACIÓN

Yo **EDWIN SANTIAGO VILLAGÓMEZ PÉREZ**, declaro que el trabajo descrito aquí es de mi autoría; que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y normativa institucional vigente.



EDWIN SANTIAGO VILLAGÓMEZ PÉREZ

C.I. 1723151419

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Evaluación de la calidad del agua de consumo del canal abierto para el agua potable en el sector de Oroloma perteneciente a la parroquia Cangahua, Cantón Cayambe, provincia de Pichincha.**”, que, para aspirar al título **de Ingeniero Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales** fue desarrollado por **Villagómez Pérez Edwin Santiago**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 18 y 25.



Ing. Mauricio Valladares Borja

**DIRECTOR DEL TRABAJO**

C.I. 1708523855

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios mi padre celestial por darme salud y vida, ser mi fortaleza, y permitirme finalizar una etapa más de mi formación profesional.

De igual manera, dedico esta tesis a mis padres Germán Eugenio y Janeth Jaqueline, quienes, con su apoyo incondicional, me motivaron día a día a concluir con esta meta y han sido el pilar fundamental en mi formación personal la cual me ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles en mi permanencia lejos de casa.

A mi hermano Germán Josué para el cual soy espejo y ejemplo, y es mi motivación para superarme y ser mejor cada nuevo día.

A mis abuelos que en la paz de Dios descansen María Rosario, Juan Manuel, Isabel Graciela y Segundo David, quienes desde el cielo siempre me protegieron y me dieron la fuerza que necesitaba para salir adelante con mis estudios.

A mi familia en general y personas que aprecio con sinceridad, quienes han estado pendientes de cada paso que doy y han sido mi apoyo.

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa.” **Mahatma Gandhi**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por su infinito amor y bondad al haberme acompañado y protegido durante todo el camino de mi carrera universitaria y darme la fortaleza para vencer los obstáculos y dificultades de la vida.

A mis padres y hermano por su incondicionalidad, apoyo y formación, por enseñarme a luchar y extenderme su mano al caer, sin ellos este triunfo no hubiera podido ser posible.

A mi tía Lourdes del Pilar por abrirme las puertas de su casa y ofrecerme amor de madre durante mi carrera universitaria.

A Jennifer Graciela por ser la compañera de vida y apoyarme incondicionalmente a lo largo de mi carrera universitaria.

A mis amigos quienes estuvieron en los buenos y malos momentos, me brindaron su apoyo y ayuda incondicional cuando lo necesitaba.

A todo el personal docente de la Carrera de Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales, quienes con sus enseñanzas, generosidad y paciencia me impartieron sus conocimientos.

Hago un extensivo agradecimiento a mi director de tesis Ing. Mauricio Valladares, quien con su predisposición y conocimiento me ha guiado en la realización y culminación de este proyecto.

## FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

### PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1723151419
APELLIDO Y NOMBRES:	VILLAGÓMEZ PÉREZ EDWIN SANTIAGO
DIRECCIÓN:	CALLE SEYMOUR Y HUMBERTO FIERRO 0e 1-59
EMAIL:	santy.v17@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	2363109
TELÉFONO MOVIL:	0987709969

DATOS DE LA OBRA	
TITULO:	EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO DEL CANAL ABIERTO PARA EL AGUA POTABLE EN EL SECTOR DE OROLOMA PERTENECIENTE A LA PARROQUIA CANGAHUA, CANTÓN CAYAMBE, PROVINCIA DE PICHINCHA
AUTOR O AUTORES:	VILLAGÓMEZ PÉREZ EDWIN SANTIAGO
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	2017
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	INGENIERO MAURICIO VALLADARES BORJA
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	El presente estudio tiene como objetivo principal determinar la calidad del agua de riego y de consumo humano del sistema de riego Guanguilquí - Porotog, el cual tiene gran importancia para el desarrollo comunitario y agrícola de las parroquias rurales de Cangahua, Otón, Cusubamba y Ascázubi pertenecientes al cantón Cayambe. De manera particular, se caracterizó la

calidad del agua (físico, química y biológica) con el propósito de establecer una línea base para la actividad productiva prevista en la hacienda Oroloma, la misma que se destinará a la producción de leche cruda de ganado bovino. Es importante mencionar que la calidad del agua hace referencia a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a las características físicas, químicas y biológicas que inciden directamente en la salud de los ecosistemas y el ser humano.

A través del análisis de las características hídricas, geológicas y actividades humanas previstas en el sector, se establecieron los sitios de muestreo y los parámetros a ser analizados para cada caso. Cabe indicar que los parámetros de medición fueron tomados del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA). La metodología de toma de muestras fue realizada en base a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras. Posteriormente las muestras fueron llevadas a un laboratorio certificado para la realización de los respectivos análisis. Una vez obtenidos los resultados fueron comparados con las concentraciones establecidas en el TULSMA Libro VI Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097 Tabla 1 para la Calidad del Agua de Consumo Humano y Tabla 3 para la Calidad del Agua de Riego. El análisis de los resultados concluye que la

	<p>calidad del agua de riego agrícola es adecuada y apta para el desarrollo de actividades agrícolas ya que cumple con la mayoría de los parámetros establecidos en la normativa, a excepción del molibdeno y el oxígeno disuelto, pero los cuales no representan un peligro significativo para el correcto desarrollo de los cultivos a ser irrigados y los animales que consuman esta agua. Con respecto al agua de consumo humano, se pudo determinar que cumple con la mayoría de parámetros establecidos en la normativa, a excepción del D.B.O5 y el D.Q.O, los cuales sobrepasan los límites permisibles, su excesiva concentración supone la presencia de microorganismos patógenos los cuales pueden ser causantes de enfermedades a personas que consuman esta agua, razón por la cual se estableció un tratamiento provisional de agua el cual se lo puede aplicar de manera doméstica o a gran escala y consiste en la cloración con el cual se mejorará la calidad del agua de consumo humano.</p>
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	<p>Calidad del agua, muestreo de agua, TULSMA, agua de riego, agua consumo humano.</p>
<b>ABSTRACT:</b>	<p>The main objective of this study is to determine the quality of irrigation water and human consumption of the Guanguilquí - Porotog irrigation system, which is of great importance for the community and agricultural development of the rural parishes of Cangahua, Otón, Cusubamba and Ascázubi to the Cayambe canton, the</p>

quality of the water (physical, chemical and biological) was characterized in order to establish a baseline for the productive activity envisaged in the Hacienda Oroloma, which will be used for the production of raw milk from cattle. It is important to mention that water quality refers to the conditions in which the water is in relation to the physical, chemical and biological characteristics that directly affect the health of the ecosystems and the human being.

Through the analysis of the water, geological and human activities predicted in the sector, the sampling sites and the parameters to be analyzed for each case were established. It should be noted that the measurement parameters were taken from the Unified Text of Secondary Legislation (TULSMA). The sampling methodology was carried out based on the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 2169: 98. Water: Water quality, sampling, handling and conservation of samples. Subsequently the samples were taken to a certified laboratory for the respective analysis. Once obtained the results were compared with the concentrations established in the TULSMA Book VI Annex 1 of the Ministerial Agreement 097 Table 1 for the Quality of Human Consumption Water and Table 3 for Irrigation Water Quality. The analysis of the results concludes that the quality of agricultural irrigation water is adequate and suitable for the development of agricultural

	<p>activities since it meets most of the parameters established in the regulations, with the exception of molybdenum and dissolved oxygen, but which They do not represent a significant danger for the correct development of the crops to be irrigated and the animals that consume this water. With respect to water for human consumption, it was possible to determine that it complies with the majority of parameters established in the regulations, with the exception of BOD5 and COD, which exceed the allowable limits, its excessive concentration involves the presence of pathogenic microorganisms which Can cause illness to people consuming this water, which is why a temporary water treatment was established which can be applied domestically or on a large scale and consists of chlorination with which to improve the water quality of human consumption.</p>
<p><b>KEYWORDS</b></p>	<p>Water quality, water sampling, TULSMA, irrigation water, water for human consumption.</p>

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.

f: \_\_\_\_\_



VILLAGÓMEZ PÉREZ EDWIN SANTIAGO

1723151419

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 OBJETIVO GENERAL .....	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
2.1 RECURSOS HÍDRICOS EN EL ECUADOR.....	6
2.1.1 ESTADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL ECUADOR.....	7
2.1.2 CLASIFICACIÓN DEL AGUA EN EL ECUADOR .....	9
2.2 IMPORTANCIA DEL RECURSO AGUA .....	10
2.3 FUENTES DE AGUA .....	11
2.3.1 AGUA SUPERFICIAL .....	11
2.3.1.1 Aguas Lóticas.....	12
2.3.1.2 Agua Lénticas .....	12
2.3.2 AGUA SUBTERRÁNEA .....	12
2.4 CALIDAD DEL AGUA .....	13
2.5. CONTAMINACIÓN DEL AGUA .....	14
2.5.1. FUENTES DE CONTAMINACIÓN .....	14
2.5.1.1 Fuente Puntual.....	14
2.5.1.2 Fuente Difusa.....	15
2.6. GESTIÓN DEL AGUA.....	15
2.6.1 GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA.....	16
2.6.2 ORGANIZACIONES CAMPESINAS .....	16
2.6.3 JUNTAS DE AGUA .....	17

2.7 MARCO LEGAL DEL AGUA EN ECUADOR .....	17
2.7.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008.....	18
2.7.2. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.....	20
2.7.3. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA .....	29
NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES:	29
RECURSO AGUA.....	29
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>31</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO .....	31
3.2 PLAN DE MUESTREO .....	32
3.2.1 SITIOS DE MUESTREO .....	32
3.2.2 MATERIALES Y EQUIPOS PARA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA .....	33
3.2.2.1 Materiales.....	33
3.2.2.2 Equipo de seguridad personal:.....	33
3.2.2.3 Herramientas / Técnicas .....	33
3.2 MUESTREO.....	34
3.3.1 PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS DE AGUA.....	34
3.3.2 IDENTIFICACION, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS .....	35
3.3.2.1 Identificación de muestras .....	35
3.3.2.2 Almacenaje de las muestras .....	36
3.3.2.3 Transporte de las muestras.....	36
3.4 PARAMETROS A SER ANALIZADOS.....	37
3.4.1 PARÁMETROS FISICO, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS .....	37
3.4.2 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS A ANALIZARSE .....	39
3.4.2.1 Aluminio .....	39
3.4.2.2 Arsénico .....	39
3.4.2.3 Bicarbonatos .....	39
3.4.2.4 Boro .....	39
3.4.2.5 Cadmio.....	40

3.4.2.6 Cloruros .....	40
3.4.2.7 Cobre .....	40
3.4.2.8 Coliformes Fecales .....	41
3.5.2.9 Color .....	41
3.4.2.10 Conductividad .....	41
3.4.2.11 Cromo VI .....	41
3.4.2.12 Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.Q.O5) .....	42
3.4.2.13 Demanda Química De Oxígeno .....	42
3.4.2.14 Fluoruros .....	43
3.4.2.15 Hierro .....	43
3.4.2.16 Huevos De Parásitos .....	43
3.4.2.17 Litio .....	44
3.4.2.18 Mercurio .....	44
3.4.2.19 Molibdeno.....	44
3.4.2.20 Nitratos.....	44
3.4.2.21 Nitritos.....	45
3.4.2.22 Oxígeno Disuelto.....	45
3.4.2.23 Potencial Hidrogeno (pH).....	45
3.4.2.24 Sodio.....	46
3.4.2.25 Sólidos Totales Disueltos.....	46
3.4.2.26 Sulfatos .....	46
3.4.2.27 Turbidez .....	46
3.4.2.28 Zinc .....	47
3.5 MÉTODO DE LABORATORIO .....	47
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>52</b>
4.1 RECONOCIMIENTO DE CAMPO.....	52
4.1.1 UBICACIÓN POLÍTICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	52
4.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	54
4.1.3 DENSIDAD POBLACIONAL .....	56
4.1.4 HIDROLOGÍA.....	57
4.1.4.1 Sistema de riego Guanguilquí – Porotog .....	59

4.4.1.1 Captaciones de agua .....	61
4.1.5 CLIMA .....	64
4.1.5.1 Isotermas .....	64
4.1.5.2 Isoyetas.....	64
4.1.6 SUELO .....	67
4.2 PLAN DE MUESTREO .....	70
4.2.1 SITIOS DE MUESTREO .....	70
4.2.1.1 Estación de muestreo para el agua de riego agrícola .....	70
4.2.1.2 Estación de muestreo para el agua de consumo humano .....	70
4.3 MUESTREO DE AGUA.....	72
4.3.1 TOMA DE MUESTRAS PARA LOS ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS. ....	72
4.3.1.1 Toma de muestras para agua de riego agrícola.....	72
4.3.1.2 Toma de muestras para agua de consumo humano.....	73
4.3.2 ETIQUETADO, TRANSPORTE Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS .....	74
4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO AGRÍCOLA DEL SISTEMA DE RIEGO GUANGUILQUÍ – POROTOG .....	75
4.4.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA DE RIEGO AGRÍCOLA DEL SISTEMA DE RIEGO GUANGUILQUÍ – POROTOG.....	80
4.4.1.1 Aluminio .....	80
4.4.1.2 Arsénico .....	80
4.4.1.3 Bicarbonatos .....	81
4.4.1.4 Boro .....	81
4.4.1.5 Cloruros .....	82
4.4.1.6 Conductividad .....	82
4.4.1.7 Cobre .....	83
4.4.1.8 Coliformes Fecales. ....	84
4.4.1.9 Fluoruros.....	84
4.4.1.10 Hierro .....	85
4.4.1.11 Huevos de Parásitos .....	86
4.4.1.12 Litio .....	86
4.4.1.13 Mercurio .....	87

4.4.1.14 Molibdeno.....	87
4.4.1.15 Nitratos.....	88
4.4.1.15 Nitritos.....	89
4.4.1.16 Oxígeno Disuelto.....	89
4.4.1.17 Potencial Hidrogeno (pH).....	90
4.4.1.18 Sodio.....	91
4.4.1.19 Sólidos Totales Disueltos.....	92
4.4.1.20 Sulfatos.....	92
4.4.1.21 Zinc.....	93
4.4.2 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO AGRÍCOLA.....	94
4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL SECTOR OROLOMA.....	94
4.5.1 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LOS ANALIS DE AGUA CONSUMO HUMANO DEL SECTOR OROLOMA.....	99
4.5.1.1 Arsénico.....	99
4.5.1.2 Cadmio.....	99
4.5.1.3 Cobre.....	100
4.5.1.4 Color.....	100
4.5.1.5 Cromo VI.....	101
4.5.1.6 Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	102
4.5.1.7 Demanda Química de Oxígeno.....	102
4.5.1.8 Fluoruros.....	103
4.5.1.9 Hierro.....	104
4.5.1.10 Nitritos Y Nitratos.....	104
4.5.1.11 Nitratos.....	105
4.5.1.12 Nitritos.....	105
4.5.1.13 Potencial Hidrogeno (pH).....	106
4.5.1.14 Turbidez.....	106
4.5.2 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	107
4.6 TRATAMIENTO DE AGUAS.....	108
4.6.1 PLANTA MODULAR DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA ORGANIZACIÓN COINCA.....	108

4.7 PROPUESTA DE TRATAMIENTO DESINFECCIÓN DE AGUA DE CONSUMO HUMANO .....	110
4.7.1 CLORACION DE AGUA.....	110
4.7.2 MECANISMO DE ACCIÓN DE LA CLORACIÓN.....	111
4.7.3 PARÁMETROS QUE DISMINUYEN LA EFECTIVIDAD DE LA DESINFECCIÓN CON CLORO .....	111
4.7.3.1 pH .....	112
4.7.3.2 Turbiedad.....	112
4.7.3.3 Temperatura.....	112
4.7.3.4 Tiempo de contacto.....	113
4.7.4 EFECTO DEL CLORO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA .....	114
4.7.4.1 pH y Conductividad .....	114
4.7.4.2 Turbiedad.....	114
4.7.4.3 Demanda química de oxígeno (DQO).....	115
4.7.5 DOSIFICACIÓN .....	116
4.7.5.1 Preparación de las soluciones de los productos .....	116
4.7.6 CLORACION DOMÉSTICA DEL AGUA .....	117
4.8 CALIDAD DEL AGUA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LECHE DE GANADO VACUNO EN EL SECTOR OROLOMA .....	118
4.8.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	118
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>122</b>
5.1. CONCLUSIONES GENERALES .....	122
5.2 CONCLUSIONES ESPECIFICAS.....	122
5.2.1 AGUA DE CONSUMO HUMANO .....	122
5.2.2 AGUA DE RIEGO AGRÍCOLA.....	124
5.3 RECOMENDACIONES .....	126
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>128</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
<b>Tabla 1.</b>	Fuentes de información usada para la descripción de la zona de estudio.	31
<b>Tabla 2.</b>	Etiqueta para identificación de muestras	36
<b>Tabla 3.</b>	Parámetros de calidad a analizarse para el agua de riego agrícola.	37
<b>Tabla 4.</b>	Parámetros de calidad a analizarse para el agua de consumo humano del sector Oroloma.	38
<b>Tabla 5.</b>	Métodos utilizados por el laboratorio (LASA) para análisis de muestras de agua del sistema de riego Guanguilquí – Porotog.	48
<b>Tabla 6.</b>	Métodos utilizados por el laboratorio (LASA) para análisis de muestras de agua de consumo humano del sector Oroloma.	49
<b>Tabla 7.</b>	Captaciones de agua del sistema de riego Guanguilquí – Porotog.	62
<b>Tabla 8.</b>	Uso actual del suelo de la parroquia Cangahua.	67
<b>Tabla 9.</b>	Efecto del cloro sobre los principales microorganismos causantes de enfermedades que están presentes en el agua.	113
<b>Tabla 10.</b>	Cantidad de cloro a añadirse en base a la cantidad de agua a desinfectarse.	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.</b> Sistema Hidrográfico del Ecuador.	8
<b>Figura 2.</b> División política del cantón Cayambe y ubicación del sector Oroloma.	53
<b>Figura 3.</b> Descripción de la zona de estudio.	55
<b>Figura 4.</b> Población en la cabecera parroquial de Cangahua y resto de la parroquia.	56
<b>Figura 5.</b> Sistema hídrico de la parroquia Cangahua.	58
<b>Figura 6.</b> Sistema de riego Porotog.	60
<b>Figura 7.</b> Canal de riego Guanguilquí.	60
<b>Figura 8.</b> Sistema de riego Guanguilquí – Porotog.	63
<b>Figura 9.</b> Isotermas del cantón Cayambe.	65
<b>Figura 10.</b> Isoyetas del cantón Cayambe.	66
<b>Figura 11.</b> Uso de suelo del cantón Cayambe.	69
<b>Figura 12.</b> Sitios de muestreo para realización de análisis de agua.	71
<b>Figura 13.</b> Recolección de la muestra para análisis físico - químicos del agua de riego agrícola.	72
<b>Figura 14.</b> Recolección de la muestra para análisis físico - químicos del agua de consumo humano.	73
<b>Figura 15.</b> Etiquetado de muestras de análisis de agua de consumo humano del sector de Oroloma.	74
<b>Figura 16.</b> Criterios de calidad y resultados de análisis físico, químicos para el agua de riego agrícola del sistema de riego Guanguilquí – Porotog.	76
<b>Figura 17.</b> Criterios de calidad y resultados de análisis físico, químicos para el agua de riego agrícola del sistema	77

de riego Guanguilquí – Porotog.

<b>Figura 18.</b>	Criterios de calidad y resultados de análisis físico, químicos para el agua de riego agrícola del sistema de riego Guanguilquí – Porotog.	78
<b>Figura 19.</b>	Comparación entre los criterios de calidad y resultados de análisis para el agua de riego agrícola del sistema de riego Guanguilquí - Porotog.	79
<b>Figura 20.</b>	Criterios de calidad y resultados de análisis físico, químicos para el agua de consumo humano del sector Oroloma.	96
<b>Figura 21.</b>	Criterios de calidad y resultados de análisis físico, químicos para el agua de consumo humano del sector Oroloma.	97
<b>Figura 22.</b>	Comparación entre los criterios de calidad y resultados de análisis para el agua de consumo humano del sector Oroloma.	98
<b>Figura 23.</b>	Esquema de una planta modular de tratamiento de aguas.	108
<b>Figura 24.</b>	Efecto del desinfectante a distintas dosis a diferentes tiempos de contacto sobre la turbiedad del agua.	115
<b>Figura 25.</b>	Efecto del desinfectante sobre la demanda química de oxígeno	116
<b>Figura 26.</b>	Terreno Oroloma.	119
<b>Figura 27.</b>	Terreno Oroloma.	119

## RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo principal determinar la calidad del agua de riego y de consumo humano del sistema de riego Guanguilquí - Porotog, el cual tiene gran importancia para el desarrollo comunitario y agrícola de las parroquias rurales de Cangahua, Otón, Cusubamba y Ascázubi pertenecientes al cantón Cayambe. De manera particular, se caracterizó la calidad del agua (físico, química y biológica) con el propósito de establecer una línea base para la actividad productiva prevista en la hacienda Oroloma, la misma que se destinará a la producción de leche cruda de ganado bovino. Es importante mencionar que la calidad del agua hace referencia a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a las características físicas, químicas y biológicas que inciden directamente en la salud de los ecosistemas y el ser humano.

A través del análisis de las características hídricas, geológicas y actividades humanas previstas en el sector, se establecieron los sitios de muestreo y los parámetros a ser analizados para cada caso. Cabe indicar que los parámetros de medición fueron tomados del Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA). La metodología de toma de muestras fue realizada en base a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras. Posteriormente las muestras fueron llevadas a un laboratorio certificado para la realización de los respectivos análisis. Una vez obtenidos los resultados fueron comparados con las concentraciones establecidas en el TULSMA Libro VI Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097 Tabla 1 para la Calidad del Agua de Consumo Humano y Tabla 3 para la Calidad del Agua de Riego. El análisis de los resultados concluye que la calidad del agua de riego agrícola es adecuada y apta para el desarrollo de actividades agrícolas ya que cumple con la mayoría de los parámetros establecidos en la normativa, a excepción del molibdeno y el oxígeno disuelto,

pero los cuales no representan un peligro significativo para el correcto desarrollo de los cultivos a ser irrigados y los animales que consuman esta agua. Con respecto al agua de consumo humano, se pudo determinar que cumple con la mayoría de parámetros establecidos en la normativa, a excepción del D.B.O5 y el D.Q.O, los cuales sobrepasan los límites permisibles, su excesiva concentración supone la presencia de microorganismos patógenos los cuales pueden ser causantes de enfermedades a personas que consuman esta agua, razón por la cual se estableció un tratamiento provisional de agua el cual se lo puede aplicar de manera doméstica o a gran escala y consiste en la cloración con el cual se mejorará la calidad del agua de consumo humano.

## **ABSTRACT**

The main objective of this study is to determine the quality of irrigation water and human consumption of the Guanguilquí - Porotog irrigation system, which is of great importance for the community and agricultural development of the rural parishes of Cangahua, Otón, Cusubamba and Ascázubi To the Cayambe canton. In particular, the quality of the water (physical, chemical and biological) was characterized in order to establish a baseline for the productive activity envisaged in the Hacienda Oroloma, which will be used for the production of raw milk from cattle. It is important to mention that water quality refers to the conditions in which the water is in relation to the physical, chemical and biological characteristics that directly affect the health of the ecosystems and the human being.

Through the analysis of the water, geological and human activities predicted in the sector, the sampling sites and the parameters to be analyzed for each case were established. It should be noted that the measurement parameters were taken from the Unified Text of Secondary Legislation (TULSMA). The sampling methodology was carried out based on the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 2169: 98. Water: Water quality, sampling, handling and conservation of samples. Subsequently the samples were taken to a certified laboratory for the respective analysis. Once obtained the results were compared with the concentrations established in the TULSMA Book VI Annex 1 of the Ministerial Agreement 097 Table 1 for the Quality of Human Consumption Water and Table 3 for Irrigation Water Quality. The analysis of the results concludes that the quality of agricultural irrigation water is adequate and suitable for the development of agricultural activities since it meets most of the parameters established in the regulations, with the exception of molybdenum and dissolved oxygen, but which They do not represent a significant danger for the correct

development of the crops to be irrigated and the animals that consume this water. With respect to water for human consumption, it was possible to determine that it complies with the majority of parameters established in the regulations, with the exception of BOD5 and COD, which exceed the allowable limits, its excessive concentration involves the presence of pathogenic microorganisms which Can cause illness to people consuming this water, which is why a temporary water treatment was established which can be applied domestically or on a large scale and consists of chlorination with which to improve the water quality of human consumption.

## **1. INTRODUCCIÓN**

# 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural renovable esencial para el desarrollo de toda forma de vida, incluyendo los seres humanos, por la cantidad de procesos y reacciones químicas, biológicas y físicas en las que participa. La contaminación del agua es uno de los problemas más preocupantes a nivel mundial, la cual se origina por la introducción directa o indirecta por parte del hombre de sustancias o formas de energía que deterioran sus propiedades físicas, químicas y biológicas. (Sierra, 2011).

La disponibilidad, conservación y recuperación de los recursos hídricos se han visto disminuidos en los últimos tiempos, por este motivo es imprescindible determinar el estado en que se encuentra el agua, proceso necesario para protegerla o restaurarla en base a su estado actual, particularmente si no se han realizado estudios de calidad del agua en zonas donde se realizan actividades antropogénicas. (Villa, 2011).

La determinación de la calidad del agua es importante para definir la idoneidad para los distintos usos del recurso hídrico. La descripción de la calidad del agua puede realizarse por la medición de parámetros, concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA); o utilizando el Índice de Calidad del Agua (ICA). Es necesario señalar que la calidad del agua puede presentar variaciones espaciales y temporales debidos a factores internos y externos del cuerpo de agua. (Sierra, 2011).

La gestión del recurso hídrico en el Ecuador es de carácter prioritaria y permanente en todo el territorio nacional y tiene como finalidad racionalizar su conservación y aprovechamiento. La Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA),

es la autoridad única del agua y el organismo encargado de la administración de este recurso. Por su parte, el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) es el organismo responsable de proveer información hidrometeorológica la cual permite determinar la disponibilidad del agua superficial y subterránea. Así mismo existen otros organismos y entidades públicas y privadas que proporcionan y demandan información sobre el estado, situación y gestión del agua. Esta información es importante para la planificación y evaluación de la política hídrica, para el conocimiento y participación de los actores involucrados en la gestión del agua. (CEPAL, 2012).

Según la Constitución vigente desde el 2008, se consideran tres aspectos importantes acerca del manejo de los recursos hídricos. La primera es el derecho del goce del agua y considera como un elemento vital para la naturaleza y personas. La segunda es la gestión integral del agua, ya sea de forma comunitaria o pública, impidiendo sistemas alternativos privados. La tercera considera que el recurso agua es una fuente de capital tomado en cuenta desde el punto de vista de seguridad alimentaria y consumo humano; considerándose la calidad del agua como un factor elemental para la correcta utilización de los diferentes usos a los que es destinado el recurso hídrico.

## **1.1 JUSTIFICACIÓN**

Los esfuerzos para identificar y aplicar las mejores opciones técnicas, socioeconómicas, ambientales y legales, para el establecimiento de soluciones a los efectos causados por el mal uso, la disminución en la calidad y la cantidad de los recursos hídricos, debe ser una prioridad del estado. (León, 2014). Según la Constitución Política de la Republica de Ecuador, en la doctrina de Derecho Constitucional Art. 86, determina que “El Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente

equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza”.

La presente investigación está orientada a la contribución de información acerca de la problemática ambiental por el deterioro de la calidad del agua del sistema de riego Guanguilquí – Porotog, el mismo que abastece el sector de Oroloma, localizado en la parroquia de Cangahua, cantón Cayambe, provincia de Pichincha, mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos establecidos en el TULSMA para cada uso del agua, con lo cual nos va a ayudar a establecer la calidad del agua, el grado de contaminación y la idoneidad del recurso hídrico para los distintos usos como el riego agrícola y el consumo humano.

Un sistema de riego constituye el principal conductor de aguas provenientes de distintas fuentes destinadas al riego agrícola, actividad ganadera y consumo humano en las diferentes zonas rurales del Ecuador. Este es el caso, el sistema de riego Guanguilquí – Porotog que representa la fuente de abastecimiento hídrica de las comunidades rurales del cantón Cayambe, y de modo particular de la parroquia Cangahua. La calidad del agua en el canal de riego Guanguilquí – Porotog se ha visto afectada, por causa de actividades agrícolas, lo que ha contribuido al desarrollo y transmisión de enfermedades causadas por la contaminación del agua. Por esta razón, es importante evaluar la calidad del agua que se consume en este sector, y en base a los resultados obtenidos proponer medidas de saneamiento correctivas y mejores alternativas de manejo del recurso.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar la calidad del agua de consumo del canal abierto para el agua potable en el sector de Oroloma perteneciente a la Parroquia Cangahua, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los parámetros de calidad del agua más representativos establecidos en el TULSMA, para agua de consumo humano y riego agrícola, en el sector Oroloma, localizado en la Parroquia de Cangahua, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha.
- Evaluar la calidad del agua mediante análisis físicos, químicos y biológicos realizados en laboratorios certificados y comparar los resultados con las concentraciones establecidas en la legislación ecuatoriana vigente.
- Proponer medidas correctivas y de prevención para el uso del recurso hídrico, tanto para el consumo humano como para actividades agrícolas.

## **2. MARCO TEÓRICO**

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 RECURSOS HÍDRICOS EN EL ECUADOR**

El agua es el recurso natural de mayor incidencia en el desarrollo económico y social del país. Ecuador es uno de los países a nivel mundial que, en relación con su extensión territorial, posee mayor cantidad de agua. Su disponibilidad o déficit están ligados al desarrollo de las actividades de la población, así como su supervivencia. (CEPAL, 2012).

Los recursos hídricos en nuestro país están sujetos a una presión constante en función de la demanda de agua necesaria para satisfacer los usos a los cuales están destinados; que han sido afectados por el acelerado crecimiento de la población y la desigual distribución del agua tanto en espacio como en el tiempo. La conservación y manejo sustentable del agua es importante para el desarrollo del país, puesto que el desarrollo económico potencial entre las diferentes cuencas hidrográficas y entre los diferentes actores sociales está ligado al acceso al agua. (Galárraga, 2000).

En nuestro país la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), es el ente que administra, regula y proporciona un manejo integral de los recursos hídricos mediante el desarrollo de políticas y leyes asociadas. La Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua, vigente desde el 2014, garantiza el derecho humano a la disponibilidad de agua limpia, salubre, aceptable, para uso personal y doméstico en cantidad, calidad y cobertura. Además, prohíbe la privatización del agua, por la influencia e importancia para la vida, economía y el ambiente. (Secretaria Nacional del Agua , 2016).

### **2.1.1 ESTADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL ECUADOR**

El estado y distribución del agua en el Ecuador tiene relación con la conformación de las cuencas hidrográficas, las cuales están determinadas por la localización de las cordilleras que lo atraviesan de sur a norte formándose dos vertientes, una al Océano Pacífico y otra a la Región Amazónica.

El sistema hidrográfico del Ecuador se encuentra dividido en 31 Sistemas Hidrográficos, los cuales están conformados por 79 cuencas hidrográficas. La vertiente del Amazonas está conformada por 72 cuencas hidrográficas, que tienen un área de 131.726 Km<sup>2</sup>, la cual representa el 51,41% del territorio nacional. Por otra parte, la vertiente del Pacífico está conformada por 7 cuencas hidrográficas, que tienen un área de 123.726 Km<sup>2</sup>, la cual representa el 48,07% del territorio nacional. La superficie insular aledaña a la región continental tiene un área de 1.325 Km<sup>2</sup>, la cual representa el 0,52 % del área total del territorio nacional. (Galárraga, 2000).

De acuerdo a datos establecidos en por el Ministerio de Medio Ambiente la contribución total de la red hidrográfica del país es de 110 billones de m<sup>3</sup> por año en la vertiente del Océano Pacífico, por su parte la vertiente Amazónica aporta 290 billones de m<sup>3</sup> por año. Ello determina la existencia de heterogeneidad en la distribución de los caudales en las distintas regiones geográficas de nuestro país, debido a las condiciones físico-climáticas dominantes en el territorio nacional. (Galárraga, 2000).

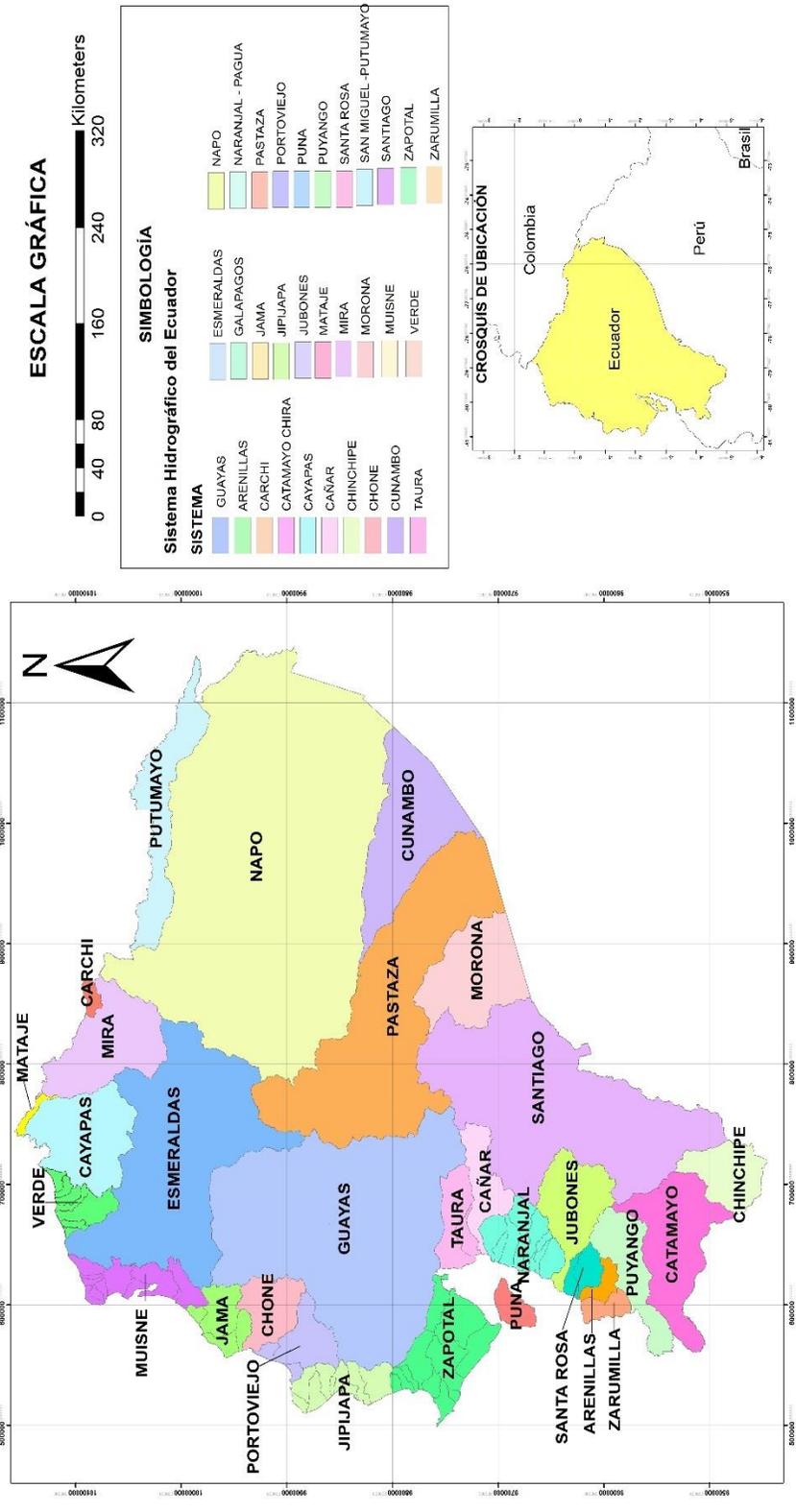


Figura 1. Sistema Hidrográfico del Ecuador.

## 2.1.2 CLASIFICACIÓN DEL AGUA EN EL ECUADOR

Según la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del agua, (2014), el agua se clasifica en:

- **Aguas continentales:** las que se encuentran en la parte continental del territorio nacional; e insulares las aguas que se encuentran en el archipiélago de Galápagos y otras islas.
- **Aguas superficiales:** las que se encuentran en la superficie terrestre o que discurren sobre ella.
- **Aguas meteóricas o atmosféricas:** Las que se encuentran en la fase atmosférica del ciclo hidrológico.
- **Aguas superficiales retenidas o encharcadas:** las que naturalmente se encuentran acumuladas en depresiones naturales, humedales o zonas húmedas, reservorios, represas, embalses, con independencia del tiempo de renovación en predio de propiedad pública, privada o comunitaria;
- **Aguas subterráneas:** las que se encuentran bajo la superficie terrestre, afloradas o no, alumbradas o no, renovables o no.
- **Aguas minerales, termales o minero medicinal:** las que contienen sustancias minerales que, por su composición o temperatura, son utilizadas con fines medicinales.
- **Aguas solidificadas:** las que se encuentran de modo natural en estado sólido.

- **Aguas marítimas:** las que conforman el mar, incluidas las aguas que se encuentra en humedales marino costeros, playas, bahías y manglares.
- **Aguas residuales:** las que luego de un primer uso o aprovechamiento pueden ser utilizadas en otro uso o aprovechamiento previo su debido tratamiento.
- **Aguas sagradas:** las que nacen y fluyen en los sitios sagrados como pukyus, pakchas, vertientes, cascadas, lagos, lagunas y manantiales en donde las comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, afro ecuatorianas y montubias, practican rituales propios de su religiosidad y cultura;
- **Agua potable:** la que ha cumplido un proceso de tratamiento de potabilización para el consumo humano o “como elemento de procesos industriales”. Y
- **Agua virtual:** la que ha sido utilizada para producir un determinado producto o servicio; herramienta esencial para calcular el uso real del agua en un país o huella hídrica.

## 2.2 IMPORTANCIA DEL RECURSO AGUA

El agua es el elemento abiótico más importante de la tierra y unos de los principales constituyentes del medioambiente, así como de la materia viva. La vida depende del agua, tanto para organismos acuáticos como para organismos que se desarrollan en ambientes aeroterrestres. (Hernández, 2005).

El agua en la naturaleza se constituye en un recurso imprescindible para el desarrollo de los procesos que ocurren en el ecosistema de forma natural, se ve reflejado en las funciones hidrológicas, bioquímicas y ecológicas de los sistemas acuáticos. Además, el acceso, disponibilidad y calidad del agua son factores de vital importancia para el correcto desarrollo de actividades humanas, tales como procesos industriales, agrícolas, generación de energía y salud. (Contreras, 2008).

Puesto que la mayoría de sustancias son solubles en agua, se lo considera como un disolvente universal. El agua puede combinarse con sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de metal formando ácidos. También, actúa como catalizador en muchas reacciones químicas. Sin la presencia del agua no se podrían realizar reacciones químicas naturales indispensables para el correcto desarrollo de la naturaleza. (Contreras, 2008).

Por esta razón es importante proporcionar un manejo adecuado del agua para su preservación y equitativa distribución que generen beneficios ambientales, sociales y económicos.

## **2.3 FUENTES DE AGUA**

### **2.3.1 AGUA SUPERFICIAL**

Se define así a los cuerpos de agua continentales que se encuentran circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra. Se produce por la escorrentía proveniente de precipitaciones que no se infiltran, ni regresan a la atmósfera o al afloramiento de agua subterránea. Existen dos tipos de agua superficial:

### **2.3.1.1 Aguas Lóticas**

Las aguas lóaticas comprenden las masas de agua que están en constante movimiento y se discurren por los cauces de ríos, arroyos, torrentes, etc. El agua en un ecosistema lóatico, desde la fuente hasta la desembocadura, debe tener gases atmosféricos, turbidez, gradación de temperatura y materiales disueltos. Se distinguen dos zonas principales: rápidos y remansos. Los rápidos son zonas donde el agua circula a altas velocidades con lo cual la zona inferior se encuentra libre de materiales; los remansos son zonas más profundas de corriente lenta donde se acumula limo. (Gómez, 2011).

### **2.3.1.2 Agua Lénticas**

Aguas lénticas son aquellos cuerpos de aguas interiores que no tienen flujo continuo, como los lagos, las lagunas, los esteros o los pantanos. Estos ambientes varían con el tiempo, disminuyendo su profundidad y aumentando su vegetación, en algunos casos hasta la desaparición total del cuerpo de agua (Gómez, 2011).

## **2.3.2 AGUA SUBTERRÁNEA**

Las investigaciones realizadas acerca de los recursos hídricos subterráneos son escasas, por lo cual no se cuenta con una gran base de datos. Sin embargo, se conoce que en la mayor parte del Ecuador existe agua dulce subterránea disponible, determinándose que en los valles del Callejón Interandino los acuíferos son pequeños, mientras que los más abundantes están ubicados en la cuenca del río Guayas y en los aluviones del Oriente. (Galárraga, 2000).

En nuestro país existen zonas en las cuales el agua subterránea es el único recurso hídrico disponible para abastecer poblaciones o para el riego de cultivos, razón por la cual, se constituye en un recurso esencial para la

seguridad alimentaria y vital para el funcionamiento de los ecosistemas. Es necesario determinar la calidad del agua subterránea antes de usarse, ya que es comúnmente contaminada por el excesivo uso de fertilizantes y productos químicos usados en la industria y se unen a los cuerpos de agua subterráneos por medio de la lixiviación. (Galárraga, 2000).

## **2.4 CALIDAD DEL AGUA**

La disponibilidad del agua no se refiere principalmente a su abundancia o escases en el ecosistema, depende también de su calidad, ya que ello determinará los usos para los que se encontraría apto el recurso hídrico.

La calidad del agua de una zona específica, se determina en base a la comparación de los resultados obtenidos en los análisis, con los valores de referencia establecidos en la normativa legal del país para determinado uso de agua (Guías para la calidad del agua potable, 2006). El TULSMA es la normativa legal que rige y establece los valores referenciales que determinan la calidad de agua en el Ecuador.

Existen varios factores que pueden hacer variar la calidad del agua, como por ejemplo: la composición de los suelos de la cuenca, el régimen hídrico, las características hidráulicas del sistema fluvial, la época del año, etc. Además, las características del agua pueden ser afectadas por las actividades humanas que se realizan en la cuenca, que por escorrentía o descarga directa, llegan a los cuerpos hídricos. (Román, 2010).

## **2.5. CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

La contaminación del agua es la acción y efecto de la introducción de materia o formas de energía hacia el agua que, de modo directo o indirecto, causa una alteración sobre su calidad, su composición química y sus propiedades físicas y bacteriológicas, de tal manera que afecte al desarrollo de los usos posteriores o a su función ecológica. Teniendo en cuenta que el agua rara vez se encuentra en estado puro, se puede definir como contaminante del agua a cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración impida los usos benéficos del agua. (Mejía, 2005).

Los contaminantes del agua pueden proceder de fuentes naturales y de actividades antropogénicas. En la actualidad, la contaminación causada por el ser humano es la más importante, debido a que es un fenómeno ambiental que se inicia a comienzos del siglo XIX, a partir de la revolución industrial. El desarrollo e industrialización supone un mayor consumo del agua, además de la generación de residuos que son depositados en cuerpos de agua afectando su calidad. (Reascos, 2010).

### **2.5.1. FUENTES DE CONTAMINACIÓN**

Dependiendo de la fuente, existen dos tipos de contaminación de las aguas.

#### **2.5.1.1 Fuente Puntual**

La fuente de contaminación puntual es producida por la descarga de contaminantes en una zona específica, la cual afecta a un lugar determinado. Este tipo de contaminación está asociado a las industrias y aguas negras

municipales, los cuales son depositados a cursos de agua a través de tuberías o alcantarillas. Es de fácil eliminación si se cuenta con los medios para almacenar y tratar el agua contaminada. Por lo general se utilizan tanques de sedimentación, donde los contaminantes son sedimentados al fondo por acción de gravedad para ser tratados químicamente y posteriormente ser vertidos a aguas naturales. (Mejía, 2005).

#### **2.5.1.2 Fuente Difusa**

La fuente de contaminación difusa no tiene un origen definido, afecta a grandes extensiones de terreno donde se descargan contaminantes hacia aguas superficiales y subterráneas. Esta fuente de contaminación está generalmente asociada con actividades de uso de tierra como la agricultura, las urbanizaciones, el pastoreo y las practicas forestales. El control de fuentes de contaminación difusas es complicado, debido a la dificultad, extensión y costo de los tratamientos. Por esta razón es preciso enfatizar en la prevención, a través del uso eficiente y mejores técnicas de conservación del agua; además de la reducción y control de desechos vertidos hacia los cuerpos de agua. (Mejía, 2005).

### **2.6. GESTIÓN DEL AGUA**

El Ecuador, así como los países de todo el mundo han sufrido una notable crisis ambiental, que se ha visto afectado principalmente por la contaminación, provocando el deterioro del medio ambiente, uno de los factores más afectados ha sido la disponibilidad y calidad del agua.

La gestión del agua en su entorno social y ambiental es fundamental para la concesión, distribución y uso adecuado de este recurso. Desde hace más de una década, el Estado, los beneficiarios, los movimientos sociales entre otros

actores, han debatido los términos para reformar crear una nueva ley de aguas que permita una mejor gestión ambiental del recurso hídrico. (Vallejo, 2011).

### **2.6.1 GESTIÓN COMUNITARIA DEL AGUA**

La gestión comunitaria del agua se caracteriza por el involucramiento de la comunidad con actividades, trabajos y tareas que se desarrollan para alcanzar objetivos enfocados al mejoramiento de la infraestructura de un sistema de riego, además de la participación de los socios o comuneros, quienes aportan con ideas y propuestas que les permiten planificar, organizar, administrar, ejecutar, mantener y controlar de forma conjunta, autónoma y legítima el recurso hídrico. Además, en gestión comunitaria: la comunidad tiene la legítima autoridad, autonomía y efectivo control sobre la gestión del agua, cobro de aportes financieros para la operación, mantenimiento, administración y ampliación de los sistemas de riego. (Vallejo, 2011).

### **2.6.2 ORGANIZACIONES CAMPESINAS**

En el Ecuador, durante los últimos años se ha constatado un gran desarrollo social, principalmente en los sectores rurales, donde se ha incrementado el número de organizaciones campesinas de base como: comunidades, asociaciones y cooperativas; así como organismos de segundo grado denominados OSG's. (Vallejo, 2011).

En la actualidad una organización campesina se encuentra conformada por la asociación de comunidades, barrios y Juntas de Aguas, quienes tienen como objetivo el desarrollo de nuevos proyectos sociales y agropecuarios.

### **2.6.3 JUNTAS DE AGUA**

Las Juntas Administradoras de Agua Potable, son organismos autónomos los cuales tienen como objetivo el planificar y organizar la construcción de los sistemas de agua potable y saneamiento. En el Ecuador existen 15000 juntas de agua de uso humano y de riego, las cuales son autónomas y establecen sus propias tarifas de acuerdo con su capacidad, número de socios y consumo. El ente que regula la creación de Juntas de Agua y adaptación de los Estatutos existentes es la Secretaria Nacional del Agua en base a lo determinado por la Ley vigente.

Como disposición general se establece que las comunidades que accedan a servicios de agua potable, riego y drenaje por intermedio de organizaciones comunitarias deberán conformar Juntas de Agua Potable y Juntas de Riego conforme lo establecido en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del agua, 2014). Las Juntas de Riego buscan aumentar la cobertura del agua en lugares que no están abastecidos con agua de riego, para mejorar el nivel de calidad de los beneficiarios. Este tipo de organizaciones son creadas por la necesidad de administrar y mejorar la infraestructura como captación, conducción y distribución del agua hacia los diferentes sectores de la zona. (Vallejo, 2011).

## **2.7 MARCO LEGAL DEL AGUA EN ECUADOR**

El marco legal está conformado por todas las leyes y normas ambientales vigentes, aplicables en la presente investigación.

La Constitución Política del Estado Ecuatoriano del año 2008, es la norma de máxima jerarquía en el Ordenamiento Jurídico, de tal manera, todas las normas inferiores en el referido ordenamiento como son: Leyes, Reglamentos, Decretos

Ejecutivos, Acuerdos Ministeriales y Resoluciones, están subordinadas a la misma, razón por la cual todas las disposiciones de carácter macro contenidas en la constitución, guían las demás.

## **2.7.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008**

### **TITULO II**

### **DERECHOS**

#### **Capítulo segundo**

#### **DERECHOS DEL BUEN VIVIR**

#### **Sección primera**

#### **Agua y alimentación**

**Art. 12.-** El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

#### **Sección segunda**

#### **Ambiente sano**

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

#### **Capítulo noveno**

#### **Responsabilidades**

**Art. 318.-** El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos.

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.

El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios público, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios. El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá permiso del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado, y de la economía popular y solidaria, de acuerdo a la ley, Publicada en el Registro Oficial No. 449. República del Ecuador, (Asamblea Nacional, 2008).

## **TITULO VI**

### **REGIMEN DE DESARROLLO**

#### **Capítulo quinto**

#### **SECTORES ESTRATÉGICOS, SERVICIOS Y EMPRESAS PÚBLICAS**

##### **Sección octava**

##### **Sistema financiero**

**Art. 318.-** El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la

naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.

El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.

## **2.7.2. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA**

### **CAPÍTULO II**

### **INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

#### **Sección Sexta**

#### **Gestión Comunitaria del Agua**

**Artículo 43.- Definición de juntas administradoras de agua potable.** Las juntas administradoras de agua potable son organizaciones comunitarias, sin

finés de lucro, que tienen la finalidad de prestar el servicio público de agua potable. Su accionar se fundamenta en criterios de eficiencia económica, sostenibilidad del recurso hídrico, calidad en la prestación de los servicios y equidad en el reparto del agua.

Los requisitos y el procedimiento para la creación de nuevas juntas administradoras de agua potable se desarrollarán reglamentariamente por la Autoridad Única del Agua.

En el cantón donde el gobierno autónomo descentralizado municipal preste el servicio de manera directa o a través de una empresa pública de agua potable y esta cubra los servicios que por ley le corresponden, en toda su jurisdicción, no podrán constituirse juntas administradoras de agua potable y saneamiento.

Las juntas administradoras de agua potable y saneamiento, formarán parte del consejo de cuenca a través de sus representantes sectoriales, según lo establezca el Reglamento de la presente Ley.

**Artículo 44.- Deberes y atribuciones de las juntas administradoras de agua potable.** Constituyen deberes y atribuciones de las juntas administradoras de agua potable comunitarias, los siguientes:

1. Establecer, recaudar y administrar las tarifas por la prestación de los servicios, dentro de los criterios generales regulados en esta Ley y el Reglamento expedido por la Autoridad Única del Agua;
2. Rehabilitar, operar y mantener la infraestructura para la prestación de los servicios de agua potable;
3. Gestionar con los diferentes niveles de gobierno o de manera directa, la construcción y financiamiento de nueva infraestructura. Para el efecto deberá

contar con la respectiva viabilidad técnica emitida por la Autoridad Única del Agua;

4. Participar con la Autoridad Única del Agua en la protección de las fuentes de abastecimiento del sistema de agua potable, evitando su contaminación;

5. Remitir a la Autoridad Única del Agua la información anual relativa a su gestión, así como todo tipo de información que les sea requerida;

6. La resolución de los conflictos que puedan existir entre sus miembros. En caso de que el conflicto no se pueda resolver internamente, la Autoridad Única del Agua decidirá sobre el mismo, en el ámbito de sus competencias; y,

7. Participar en los consejos de cuenca de conformidad con esta Ley.

**Artículo 45.- Prestación de servicios comunitarios del agua.** Se realizará exclusivamente a través de juntas de agua potable- saneamiento y juntas de riego, las mismas que deberán inscribirse en el registro público del agua en cumplimiento de lo establecido en esta Ley.

**Artículo 46.- Servicio comunitario de agua potable.** En la localidad rural en donde el gobierno autónomo descentralizado municipal no preste el servicio de agua potable que por ley le corresponde, podrá constituirse una junta administradora de agua potable. Para la conformación de una junta se requerirá la presentación de la solicitud a la Autoridad Única del Agua suscrita por al menos el 60% de las jefas o jefes de familia de la localidad susceptible a hacer uso del servicio comunitario de agua potable. La Autoridad Única del Agua autorizará el caudal que corresponda luego de la verificación respectiva, de conformidad con la Ley

**Artículo 47. Definición y atribuciones de las juntas de riego.** Las juntas de riego son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación del servicio y equidad en la distribución del agua.

Son atribuciones de la junta de riego, en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales:

- a)** Gestionar la infraestructura del sistema, sea propia de la junta o cedida en uso a ella por el Estado, a través de los diferentes niveles de gobierno;
- b)** Tramitar con los diferentes niveles de gobierno o de manera directa, la construcción de nueva infraestructura, pudiendo recabar para ello ayuda financiera.

Para el efecto deberá contar con la respectiva viabilidad técnica emitida por la Autoridad Única del Agua;

- c)** Realizar el reparto equitativo del agua que le sea autorizada entre los miembros del sistema siguiendo las regulaciones que emita la Autoridad Única del Agua;
- d)** Resolver los conflictos que puedan existir entre sus miembros. En caso de que el conflicto no se pueda resolver, recurrirán ante la Autoridad Única del Agua;
- e)** Establecer, recaudar y administrar las tarifas por la prestación del servicio a partir de los criterios técnicos regulados por la Autoridad Única del Agua;

- f) Imponer las sanciones sobre los usuarios correspondientes a las infracciones administrativas establecidas en sus estatutos u ordenanzas conforme al régimen general previsto en esta Ley;
- g) Entregar a la Autoridad Única del Agua, la información que le solicite, siempre que esté relacionada con el ejercicio de sus competencias;
- h) Colaborar con la Autoridad Única del Agua en la protección de las fuentes de abastecimiento de agua del sistema de riego evitando su contaminación;
- i) Participar en los consejos de cuenca a través de su representante sectorial; y,
- j) Todas las demás que se establecen en el Reglamento a esta Ley.

**Artículo 48.- Reconocimiento de las formas colectivas y tradicionales de gestión.** Se reconocen las formas colectivas y tradicionales de manejo del agua, propias de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y se respetarán sus derechos colectivos en los términos previstos en la Constitución y la ley.

Se reconoce la autonomía financiera, administrativa y de gestión interna de los sistemas comunitarios de agua de consumo y riego.

**Artículo 54.- Gestión comunitaria integrada de los servicios de abastecimiento y riego.** Los sistemas comunitarios podrán gestionar de forma integrada los servicios de abastecimiento de agua de consumo humano y riego en aquellas áreas en las cuales resulte aconsejable esta forma de gestión.

### **TÍTULO III**

## **DERECHOS, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES**

### **CAPÍTULO I**

## **DERECHO HUMANO AL AGUA**

**Artículo 57.-Definición.** El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura.

Forma parte de este derecho el acceso al saneamiento ambiental que asegure la dignidad humana, la salud, evite la contaminación y garantice la calidad de las reservas de agua para consumo humano.

El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. Ninguna persona puede ser privada y excluida o despojada de este derecho.

El ejercicio del derecho humano al agua será sustentable, de manera que pueda ser ejercido por las futuras generaciones. La Autoridad Única del Agua definirá reservas de agua de calidad para el consumo humano de las presentes y futuras generaciones y será responsable de la ejecución de las políticas relacionadas con la efectividad del derecho humano al agua.

## **CAPÍTULO VII**

### **OBLIGACIONES DEL ESTADO PARA EL DERECHO HUMANO AL AGUA**

#### **Sección Primera**

#### **De las Obligaciones y la Progresividad**

**Artículo 83.- Políticas en relación con el agua.** Es obligación del Estado formular y generar políticas públicas orientadas a:

**a)** Fortalecer el manejo sustentable de las fuentes de agua y ecosistemas relacionados con el ciclo del agua;

- b)** Mejorar la infraestructura, la calidad del agua y la cobertura de los sistemas de agua de consumo humano y riego;
- c)** Establecer políticas y medidas que limiten el avance de la frontera agrícola en áreas de protección hídrica;
- d)** Fortalecer la participación de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades en torno a la gestión del agua;
- e)** Adoptar y promover medidas con respecto de adaptación y mitigación al cambio climático para proteger a la población en riesgo;
- f)** Fomentar e incentivar el uso y aprovechamiento eficientes del agua, mediante la aplicación de tecnologías adecuadas en los sistemas de riego; y,
- g)** Promover alianzas público-comunitarias para el mejoramiento de los servicios y la optimización de los sistemas de agua.

#### **Artículo 84.- Obligaciones de corresponsabilidad.**

El Estado en sus diferentes niveles de gobierno es correspondiente con usuarios, consumidores, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades del cumplimiento de las siguientes obligaciones:

- a)** Reducir la extracción no sustentable, desvío o represamiento de caudales;
- b)** Prevenir, reducir y revertir la contaminación del agua;
- c)** Vigilar y proteger las reservas declaradas agua de óptima calidad;

- d)** Contribuir al análisis y estudio de la calidad y disponibilidad del agua;
- e)** Identificar y promover tecnologías para desarrollar la eficiencia en el uso del agua;
- f)** Reducir el desperdicio del agua durante su captación, conducción y distribución;
- g)** Adoptar medidas para la restauración de ecosistemas degradados;
- h)** Apoyar los proyectos de captación, almacenamiento, manejo y utilización racional, eficiente y sostenible de los recursos hídricos; y
- i)** Desarrollar y fomentar la formación, la investigación científica y tecnológica en el ámbito hídrico.

## **Sección Segunda**

### **De los Usos del Agua**

**Artículo 86.- Agua y su prelación.** De conformidad con la disposición constitucional, el orden de preferencia entre los diferentes destinos o funciones del agua es:

- a)** Consumo humano;
- b)** Riego que garantice la soberanía alimentaria;
- c)** Caudal ecológico; y,

**d)** Actividades productivas.

El agua para riego que garantice la soberanía alimentaria comprende el abrevadero de animales, acuicultura y otras actividades de la producción agropecuaria alimentaria doméstica; de conformidad con el Reglamento de esta Ley.

### **Sección Tercera**

#### **Condiciones de Autorización para Aprovechamiento**

**Artículo 94.- Orden de prioridad para las actividades productivas.** Entre las actividades productivas susceptibles de aprovechamiento del agua se aplicará el siguiente orden de prioridad:

**a)** Riego para producción agropecuaria, acuicultura y agro industria de exportación;

**b)** Actividades turísticas;

**c)** Generación de hidroelectricidad y energía hidrotérmica;

**d)** Proyectos de sectores estratégicos e industriales;

**e)** Balneoterapia, envasado de aguas minerales, medicinales, tratadas o enriquecidas; y,

**f)** Otras actividades productivas.

En orden de prioridad de las actividades productivas podrá modificarse por la Autoridad Única del Agua, en atención a las características de la cuenca, en el

marco de los objetivos y lineamientos de la planificación hídrica nacional y el Plan Nacional de Desarrollo.

### **2.7.3. TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA**

#### **NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES:**

##### **RECURSO AGUA**

##### **LIBRO VI ANEXO 1**

La norma técnica de calidad ambiental y descarga de efluentes del recurso agua, se encuentra vigente y es de carácter obligatoria en todo el territorio nacional, en la cual se establece que el agua según su uso debe estar dentro los límites permisibles y debe cumplir con las disposiciones para las descargas en cuerpos receptores.

El objetivo principal de esta norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Los criterios de calidad para el agua según su uso se establecen en base a la presente norma y su reforma referente al Acuerdo Ministerial 097 – A, Libro VI Anexo 1; el cual está vigente desde el 30 de julio del 2015 hasta la actualidad. Los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y riego agrícola se presentan en la tabla 1 y 3,4 respectivamente.

### **3. METODOLOGÍA**

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Para la descripción del área de estudio se ha llevado a cabo un proceso técnico, sistemático y analítico acerca de las características geográficas, densidad poblacional, climáticas, hídricas y de suelo de la parroquia Cangahua. Como resultado de la aplicación de esta metodología se pretende obtener el diagnóstico de la zona de estudio en base a la recopilación de información de una visita de campo y de fuentes primarias de información.

En la Tabla 1 se detalla las fuentes de información consultadas, para la descripción de la zona de estudio.

**Tabla 1.** Fuentes de información usada para la descripción de la zona de estudio.

TEMA	FUENTE DE INFORMACIÓN	FUENTE DE INFORMACIÓN MAPA
<b>Ubicación política de la zona de estudio.</b>	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2019	Sistema Nacional de Información (SIN).
<b>Descripción de la zona de estudio.</b>	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2019	Sistema Nacional de Información (SIN). Instituto Geográfico Militar (IGM).
<b>Densidad Poblacional</b>	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2019	
<b>Clima: Isoyetas Isotermas</b>	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2019	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)
<b>Sistema Hídrico del Ecuador.  Hidrología de Cangahua.</b>	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 – 2019.	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).  Sistema Nacional de Información (SIN).

**Tabla 1.** Fuentes de información usada para la descripción de la zona de estudio. Continuación.

<b>Uso del suelo.</b>	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2014 - 2019	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP).  Sistema Nacional de Información (SIN).
-----------------------	---	--

### **3.2 PLAN DE MUESTREO**

El programa de muestreo es el primer paso para la determinación de la calidad de una fuente de agua, la cual debe estar bien estructurada para garantizar la validez de los resultados.

Se estableció un programa de muestreo a seguir para la recolección de muestras de agua, con la finalidad de que sean representativas.

1. Ubicación de los sitios de muestreo.
2. Materiales y equipos para toma de muestras de agua.
3. Procedimiento de toma de muestras de agua.
4. Transporte, preservación y almacenamiento de muestras.
5. Datos de campo recogidos con cada muestra.

#### **3.2.1 SITIOS DE MUESTREO**

Para la determinación de los sitios de muestro se realizó un recorrido previo de reconocimiento de la zona por donde se conduce el sistema de riego Guanguilquí – Porotog. En base al análisis de los datos obtenidos en la visita de campo se procedió a establecer los sitios de muestreo estratégicos en términos de distancia e influencia de actividad antropogénica y ecosistemas afectados por actividades agrícolas - pecuarias, tanto para el agua de riego agrícola, como para el agua de consumo humano.

Los sitios de muestreo fueron geoposicionados con la ayuda de un receptor GNSS, para posteriormente ubicar los puntos de muestreo en un mapa con la aplicación del programa ArcGIS 10.2.

### **3.2.2 MATERIALES Y EQUIPOS PARA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA**

#### **3.2.2.1 Materiales**

- 2 Recipientes estériles de 250 ml (Análisis biológicos)
- 2 Recipientes estériles de 4 litros (Análisis físico y químicos).
- Bolsas de hielo (preservación de muestras)
- Dos Coolers de capacidad 32 litros
- Termómetro ambiental

#### **3.2.2.2 Equipo de seguridad personal:**

- Guantes de látex
- Mandil blanco
- Mascarillas
- Zapatos adecuados

#### **3.2.2.3 Herramientas / Técnicas**

- Altimetro.
- ArcGIS 10.2
- Cámara fotográfica
- Cartas topográficas del IGM a escala 1:50000 (Cangahua, Oyacachi)
- Microsoft Excel

- Microsoft Word
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98.
- Receptor GNSS
- Texto Unificado Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA).

## **3.2 MUESTREO**

### **3.3.1 PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS DE AGUA**

En la presente investigación se realizaron dos diferentes tipos de determinación de la calidad de agua:

La primera muestra corresponde al agua para consumo humano del sector de Oroloma, en la cual se analizarán parámetros físicos, químicos y biológicos; establecidos en el TULAS Tabla 1, para agua de consumo humano.

La segunda muestra corresponde al agua del sistema de riego Guanguilquí - Porotog, en la cual se analizarán parámetros físicos, químicos y biológicos; establecidos en el TULAS Tabla 3 y 4, para agua de riego agrícola.

Es importante tener el debido cuidado para que las muestras tomadas en los puntos de muestreo no se contaminen o deterioren hasta llegar al laboratorio, ya que de esto dependerá la calidad de los resultados. Además, se debe considerar que las muestras sean homogéneas, representativas y no deben modificar las características físicas, químicas y biológicas del agua.

Para el cumplimiento de los requisitos de la obtención de una correcta toma de muestra es preciso seguir un procedimiento el cual se detalla a continuación según el manual para muestreo de aguas y sedimentos del Municipio de Quito

en el cual se basa el laboratorio LASA que realizó los análisis de las muestras de estudio.

Las muestras de agua para los análisis físicos - químicos se deberán almacenar en recipientes de plásticos de 4 litros los cuales estaban completamente estériles, y deberán poseer el  $\frac{1}{4}$  de aire libre en sus recipientes. Por otra parte, las muestras de agua para los análisis biológicos se deberán almacenar en recipientes de plásticos de 250 ml los cuales deben estar completamente estériles.

- Como primer paso para la toma de muestras se debe enjuagar el envase a utilizar 2 a 3 veces con el agua a analizar para conseguir una homogenización.
- El envase debe introducirse a una profundidad de 20 cm por debajo de la superficie del espejo de agua.
- Se debe evitar el burbujeo al momento de la toma de muestras.
- No permitir el ingreso de hojas, ramas u otro tipo de sólidos grandes a la botella.
- Poner la boca de la botella en contracorriente y lentamente se la mueve alejándola del muestreador.
- Cuando la botella está llena con la muestra, sacarla a la superficie y cerrarla herméticamente.

### **3.3.2 IDENTIFICACION, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE LAS MUESTRAS**

#### **3.3.2.1 Identificación de muestras**

Una vez realizada la toma de las muestras es importante identificar cada uno de los recipientes, para eso se deberá etiquetar cada recipiente con los datos establecidos en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Etiqueta para identificación de muestras

ETIQUETA DE MUESTRA PARA ANÁLISIS	
Tipo de muestra:	
Fecha y hora:	
Sitio de recolección:	
Número de muestra:	
Temperatura ambiente:	
Persona responsable:	

### 3.3.2.2 Almacenaje de las muestras

Posteriormente realizada la identificación de las muestras, se procede al almacenamiento de las muestras de agua. Para ello se deberá colocar los recipientes en un cooler provisto de bolsas de hielo que mantendrán las muestras a una temperatura de 2 – 5°C. Es importante que el recipiente impida el paso de luz solar, que esto podría afectar los resultados de los análisis. Además, es necesario se tomen las precauciones y medidas necesarias para prevenir cualquier contaminación proveniente del hielo derretido.

### 3.3.2.3 Transporte de las muestras

Luego de haber etiquetado y almacenado los recipientes se deberá trasladar las muestras al laboratorio, para la realización de los análisis. Durante la transportación, las muestras deben permanecer dentro de los coolers, impidiendo cualquier tipo de contaminación externa.

Se recomienda transportar las muestras en el menor tiempo posible, para el agua de consumo humano se recomienda no exceder las 24 horas transcurridas desde la toma de la muestra hasta la hora de entrega al laboratorio. Si el tiempo de viaje excede al tiempo máximo de conservación recomendado antes del análisis, estas muestras deben reportar el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis; y su resultado analítico debe ser interpretado por un especialista.

### 3.4 PARAMETROS A SER ANALIZADOS

#### 3.4.1 PARÁMETROS FÍSICO, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

En la presente investigación se ha determinado analizar catorce parámetros establecidos en el TULSMA, para el agua de consumo humano del sector Oroloma (Tabla 3). Además de veinte y dos parámetros para el agua destinada al riego agrícola del sistema de riego Guanguilquí – Porotog (Tabla 4). Los parámetros establecidos han sido determinados en base a la posibilidad de presencia en el agua teniendo en cuenta las características del suelo e hídricas de la zona de estudio.

**Tabla 3.** Parámetros de calidad a analizarse para el agua de riego agrícola.

PARÁMETROS	UNIDADES	CRITERIO DE CALIDAD
ALUMINIO	mg/l	5,0
ARSÉNICO	mg/l	0,1
BICARBONATOS	mg/l	1,5 GR= Ninguno
BORO	mg/l	0,75
CLORUROS	mg/l	3,0 GR= Ninguno
CONDUCTIVIDAD	uS/cm (miliSiemens por centimetro)	0,7 GR= Ninguno
COBRE	mg/l	0,2
COLIFORMES FECALES	NMP /100 ml	1000
FLUORUROS	mg/l	1,0
HIERRO	mg/l	5,0
HUEVOS DE PARÁSITOS	AUSENCIA/PRESENCIA	AUSENCIA
LITIO	mg/l	2,5
MERCURIO	mg/l	0,001
MOLIBDENO	mg/l	0,01

**Tabla 3.** Parámetros de calidad a analizarse para el agua de riego agrícola.

Continuación.

<b>NITRATOS</b>	mg/l	5,0 GR= Ninguno
<b>NITRITOS</b>	mg/l	0,5
<b>OXÍGENO DISUELTO</b>	mg/l	3
<b>pH</b>	Unidades de pH	6 a 9
<b>SODIO</b>	mg/l	3,0 GR= Ninguno
<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS</b>	mg/l	450 GR= Ninguno
<b>SULFATOS</b>	mg/l	250
<b>ZINC</b>	mg/l	2,0

**Tabla 4.** Parámetros de calidad a analizarse para el agua de consumo humano del sector Oroloma.

<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CRITERIO DE CALIDAD</b>
<b>ARSÉNICO</b>	mg/l	0,1
<b>CADMIO</b>	mg/l	0,02
<b>COBRE</b>	mg/l	2,0
<b>COLOR</b>	Unidades de color	75
<b>COLIFORMES FECALES</b>	NMP /100 ml	1000
<b>CROMO VI</b>	mg/l	0,05
<b>D.B.O5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO</b>	mg/l	<2
<b>D.Q.O DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO</b>	mg/l	<4
<b>FLUORUROS</b>	mg/l	1,5
<b>HIERRO</b>	mg/l	1,0
<b>NITRATOS</b>	mg/l	50
<b>NITRITOS</b>	mg/l	0,2
<b>pH</b>	Unidades de pH	6 – 9
<b>TURBIDEZ</b>	F.T.U	100

### **3.4.2 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS A ANALIZARSE**

#### **3.4.2.1 Aluminio**

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la Tierra, constituye aproximadamente el 8% de la superficie terrestre, pero nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza. Está presente en la mayoría de rocas ígneas principalmente en forma de minerales de aluminio silicato, los cuales se disuelven según sus propiedades químicas y forman parte de los cuerpos de agua. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.2 Arsénico**

El arsénico es un elemento químico presente de forma natural en la corteza terrestre, el cual llega al agua a través de la disolución de minerales geológicos ricos en este elemento, actividades volcánicas en su mayoría en forma de sulfuro de arsénico y arseniuros metálicos. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.3 Bicarbonatos**

Los bicarbonatos son sales ácidas derivadas del ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ) que contienen el anión bicarbonato ( $HCO_3^-$ ); estos aniones comunican alcalinidad al agua en el sentido que dan capacidad de consumo de ácido, al producir una solución tampón para mantener el pH fijo. Se pueden precipitar con mucha facilidad como carbonato de calcio ( $CO_3Ca$ ). Este parámetro se determina en base a la alcalinidad del agua. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.4 Boro**

El boro es un elemento traza se encuentra en el medio ambiente, sobre todo mediante la meteorización de las rocas, la volatilización de ácido bórico del agua del mar y la actividad volcánica. El boro se adsorbe en las partículas del suelo dependiendo el grado del tipo de suelo, el pH, la salinidad; el contenido

de materia orgánica, la cantidad de óxido de hierro, óxido de aluminio, hidróxido de hierro, hidróxido de aluminio y de arcilla. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.5 Cadmio**

El cadmio es un elemento metálico presente en toda la corteza terrestre en diferentes tipos de suelo, desde los rocosos hasta los arenosos. Generalmente está combinado con sustancias como oxígeno (óxido de cadmio), cloro (cloruro de cadmio) o azufre (sulfuro de cadmio). El cadmio es liberado al suelo, agua y aire durante la extracción y refinación de metales no ferrosos, la manufactura y aplicación de abonos de fosfato y la combustión de combustibles fósiles. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.6 Cloruros**

Los cloruros son sales que están presentes en mayor cantidad en todas las fuentes de abastecimiento de agua. El cloruro, en forma de ion ( $\text{Cl}^-$ ) es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual; su presencia se atribuye a la disolución de depósitos de sal gema o sal de roca; la cual se forma por la evaporación de agua salada. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.7 Cobre**

El cobre es un nutriente esencial y al mismo tiempo, un contaminante del agua de consumo y riego. El cobre en forma natural se obtiene de sulfuros minerales como; calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ), calcosita ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), bornita ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) y minerales carbonatos tales como la malaquita [ $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ ] y azurita [ $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$ ] son encontrados en rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Las rocas ígneas contienen la mayor concentración promedio (55 mg/Kg) de cobre seguidas por las rocas sedimentarias (5 a 45 mg/Kg). El cobre puede estar relacionado a estas rocas por desgaste y oxidación. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.8 Coliformes Fecales**

Los coliformes fecales son bacterias aerobias gram-negativas, tienen forma bacilar; forman parte del tracto digestivo humano y de animales de sangre caliente, ya que contribuyen a la digestión de los alimentos y son expulsados en las heces. Las altas concentraciones de coliformes fecales en el agua no son peligrosas por sí mismas, sino que se utilizan como un indicador fiable para otros patógenos que se encuentran comúnmente en las aguas. (Sierra, 2011).

#### **3.5.2.9 Color**

El color del agua es un factor que está determinado por la presencia de iones metálicos (hierro y manganeso), humus, materia orgánica disuelta y contaminantes domésticos e industriales; estos últimos siendo los más contaminantes. El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta definiendo su turbiedad, se le denomina "Color aparente", una vez eliminado el material suspendido por centrifugación, el color remanente se le conoce como "Color verdadero" siendo este último el que la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes pide que se determine. (Sierra, 2011).

#### **3.4.2.10 Conductividad**

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia total de iones, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura de medición. Cuanto mayor sea la concentración de iones mayor será la conductividad. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.11 Cromo VI**

El cromo es un elemento que está presente de manera natural en las rocas, suelos, plantas, animales, humus y gases volcánicos. En el ambiente las formas más comunes de encontrarlo son las derivadas del cromo trivalente y el cromo

hexavalente, siendo este último el más frecuentemente encontrado en el agua de consumo humano y de riego. Está presente en el ambiente en forma de mineral como cromita ( $\text{Cr}_2\text{O}_4\text{Fe}$ ), constituyendo la peridotita y la serpentina. Su vinculación al agua se da cuando el mineral se desgasta por factores naturales como lluvia, viento y variabilidad de temperatura y sus residuos son añadidos a cuerpos de agua naturales. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.12 Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.Q.O5)**

El DQO5 se define como la cantidad de oxígeno requerido para la degradación bioquímica de materia orgánica en las aguas de consumo humano. Es decir, mide el oxígeno usado por los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas: *Escherichia*, *Bacillus*, *Pseudomonas*), en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en el agua. A medida que sea mayor la concentración de materia orgánica presente en el agua, mayor cantidad de oxígeno necesita para oxidarla (degradarla). El DQO5 es considerado como un parámetro fundamental en la determinación de calidad del agua. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.13 Demanda Química De Oxígeno**

La Demanda Química de Oxígeno es un parámetro que cuantifica la cantidad de sustancias que pueden ser oxidadas de forma química, mediante la adhesión de un oxidante fuerte como es el dicromato de potasio en ácido sulfúrico a altas temperaturas, las cuales oxidan sustancias que se encuentran disueltas o suspendidas en el agua. Principalmente mide la concentración de sustancias orgánicas, aunque se puede ver afectada por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas como: sulfuros y yoduros. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.14 Fluoruros**

Los fluoruros son compuestos naturales considerados como elementos traza. Su elemento principal es el flúor es el elemento más electronegativo y reactivo, forma compuestos con prácticamente todo el resto de elementos. En el medioambiente, los fluoruros están presentes de forma natural debido a la erosión de las rocas, emisiones volcánicas y como consecuencia de las actividades humanas como la extracción y uso de rocas fosfatadas. (Guías para la calidad del agua potable, 2006).

#### **3.4.2.15 Hierro**

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre (5%); se encuentra presente en grandes cantidades en suelos y rocas, aunque normalmente en forma insoluble. Sin embargo, debido a un número de complejas reacciones que suceden de forma natural en el suelo, en donde se transforma a formas solubles de hierro pueden contaminar cualquier agua que lo atraviese. Por lo tanto, el exceso de hierro es un fenómeno común de las aguas subterráneas y superficiales. (Guías para la calidad del agua potable, 2006).

#### **3.4.2.16 Huevos De Parásitos**

Los huevos de parásitos se encuentran presentes en el tracto intestinal de los seres humanos y de animales de sangre caliente. Su vinculación al ambiente lo realizan mediante las heces depositadas en el suelo las cuales por infiltración pasan a pequeños cuerpos de agua las que en su mayoría conforman las aguas subterráneas. La mayoría de huevos de parásitos se encuentran presentes en aguas residuales, si las heces no se eliminan de manera apropiada, los quistes y huevos de los parásitos intestinales pueden contaminar fuentes de agua o cultivos regados con aguas residuales. (Pérez, 2008).

#### **3.4.2.17 Litio**

El litio es un elemento moderadamente abundante en el medio ambiente y está presente en la corteza terrestre en 65 (ppm). Este elemento no está presente en forma pura en el ambiente; se encuentra formando sales con otros compuestos como: rocas, agua de mar, manantiales, etc. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.18 Mercurio**

El mercurio es uno de los elementos menos abundantes, pero más tóxicos de la corteza terrestre. Sus fuentes naturales son el vulcanismo, la desgasificación de la corteza terrestre, la erosión y la disolución de los minerales de las rocas como: la pizarra, el granito, la caliza, la arenisca; debido a la penetración del agua a través de estas por tiempo muy prolongado. Existen fuentes antropogénicas que también aportan con mercurio al medioambiente como son: la agricultura, la industria y la minería. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.19 Molibdeno**

El molibdeno es un elemento esencial para todas las formas de vida; no se encuentra en la naturaleza en su estado metálico o libre, sino que sólo es encontrado químicamente combinado con otros elementos. La principal fuente de molibdeno es la mineral molibdenita ( $\text{MoS}_2$ ). También se puede encontrar en otros minerales, como la wulfenita ( $\text{PbMoO}_4$ ) y la powellita ( $\text{CaMoO}_4$ ). Además, este elemento normalmente proviene de la mayoría de los fertilizantes agrícolas. (Guías para la calidad del agua potable, 2006).

#### **3.4.2.20 Nitratos**

Los nitratos ( $-\text{NO}_3$ ) son sustancias químicas de origen natural que se encuentran distribuidos en la litosfera en forma de sales sódicas y potásicas. La

contaminación por nitratos puede darse por presencia de aguas industriales y agrícolas ya que está presente en fertilizantes. (Sierra, 2011).

#### **3.4.2.21 Nitritos**

Los nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) son sustancias químicas que se encuentran de forma natural en los suelos en pequeñas cantidades. En la naturaleza los nitritos se pueden convertir en nitratos y viceversa. Su concentración en aguas superficiales se debe a diferentes orígenes como; la descomposición de materia orgánica por las bacterias del suelo, disolución de rocas y efluentes residuales industriales. (Sierra, 2011).

#### **3.4.2.22 Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto en el agua, es resultado de la aireación y producto de desecho de la fotosíntesis que los microorganismos realizan en el agua. Es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Sin embargo, el oxígeno es sólo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de oxígeno y otros gases que pueden estar presentes en la solución, está condicionada por aspectos como: la solubilidad del gas, la presión parcial del gas en la atmósfera; la temperatura, y la pureza del agua (salinidad, sólidos en suspensión, etc.) (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.23 Potencial Hidrogeno (pH)**

El pH es una expresión de la intensidad de condiciones ácidas o básicas en una solución, su rango está entre 1 y 14. Cuanto mayor sea la concentración de iones de hidrógeno, más ácida será la solución. EL pH es vital para el desarrollo de vida. Además, tiene influencia sobre determinados procesos químicos y biológicos. Puede medirse en el campo o en el laboratorio por medio del pH-metro. (Sierra, 2011).

#### **3.4.2.24 Sodio**

El sodio es un elemento que sólo se presenta en la naturaleza en estado combinado. Se encuentra en el mar y en los lagos salinos como cloruro de sodio NaCl, en menor frecuencia como carbonato de sodio Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, y sulfato de sodio Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Es un componente esencial del tejido vegetal y animal. Se oxida con rapidez al exponerlo al aire y reacciona violentamente con agua formando hidróxido de sodio e hidrógeno. (Domínguez, 2008).

#### **3.4.2.25 Sólidos Totales Disueltos**

Los sólidos totales disueltos son una mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en agua y que están en solución ionizados. Está estrechamente relacionado con la conductividad eléctrica. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica. (Sierra, 2011).

#### **3.4.2.26 Sulfatos**

Los sulfatos se encuentran de manera natural en numerosos minerales, pueden tener su origen en aguas que atraviesen terrenos ricos en yesos o la oxidación de sulfuros. El ión sulfato es uno de los iones que contribuyen a la salinidad de las aguas, ya que tiende a formar sales con los metales pesados disueltos en el agua, y debido a que el valor del producto de solubilidad de dichas sales es muy bajo, contribuye muy eficazmente a disminuir su toxicidad. (Sierra, 2011).

#### **3.4.2.27 Turbidez**

La turbidez en el agua está determinada por la presencia de partículas en suspensión, como consecuencia de un filtrado inadecuado, así como a la existencia de sedimentos en el sistema de distribución. También puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas o al desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución,

a mayor cantidad de sólidos en suspensión mayor será el grado de turbidez del agua. Este parámetro afecta a la transparencia y reflexión de la luz, el cual lo determinan el tamaño y las formas de las partículas. (Guías para la calidad del agua potable, 2006).

#### **3.4.2.28 Zinc**

El zinc es un elemento metálico el cual es raramente encontrado en su estado puro en la naturaleza, debido a que es altamente reactivo y forma una variedad de sales. La mayoría de sus compuestos son solubles al agua, aunque el metal por sí mismo no lo es. El zinc en aguas naturales está presente en forma de partículas disueltas o suspendidas. (Domínguez, 2008).

### **3.5 MÉTODO DE LABORATORIO**

Para la obtención de resultados fiables de análisis de calidad de agua, es determinante una correcta toma de muestra de agua, su preservación y el traslado de las muestras hasta el laboratorio, así como los métodos utilizados por el laboratorio para la obtención de resultados analíticos. Los métodos utilizados por el laboratorio fueron tomados del Standard Methods, que es el manual para los analistas de aguas en América.

Standard Methods es una publicación conjunta de la American Public Health Association (APHA), la American Water Works Association (AWWA), y la Water Environment Federation (WEF). Se publicó por primera vez en 1905. Desde entonces, se han publicado 20 ediciones, en las cuales se ha incluido cientos de técnicas de análisis para la determinación de la calidad del agua. (APHA, 2005)

A continuación, se muestra los métodos utilizados por el laboratorio para la obtención de resultados para cada uno de los parámetros analizados para la

determinación de la calidad del agua de riego del sistema de riego Guanguilquí – Porotog Tabla 5 y agua de consumo humano del sector Oroloma Tabla 6.

**Tabla 5.** Métodos utilizados por el laboratorio (LASA) para análisis de muestras de agua del sistema de riego Guanguilquí – Porotog.

PARÁMETROS	ESPECIFICACIONES DEL MÉTODO	MÉTODO
<b>ALUMINIO</b>	Metales por espectrometría de absorción atómica	PEE-LASA-FQ-52 APHA 3111 D
<b>ARSÉNICO</b>	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama	PEE-LASA-FQ-20c APHA 3114
<b>BICARBONATOS</b>	Titulación ácida	APHA 2320 B
<b>BORO</b>	Boro, Espectrofotometría UVVis.	APHA 4500 B C
<b>CLORUROS</b>	Argentométrico.	PEE-LASA-FQ.OI-B APHA 4500 CI B
<b>CONDUCTIVIDAD</b>	Conductividad eléctrica, Electrometría.	PEE-LASA-FQ-02 APHA 2510 B
<b>COBRE</b>	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama.	PEE-LASA-FQ-20a PEE-LASA-FQ-20b APHA 3111 B
<b>COLIFORMES FECALES</b>	Coliformes fecales, Filtración de Membrana,	PEE/LASA/MB/27 APHA 9221 E
<b>FLUORUROS</b>	Ión Selectivo.	ApHA4500 F
<b>HIERRO</b>	Método directo de llama de acetileno.	PEE.LASA-FQ-20a APHA 3111 B
<b>HUEVOS DE PARÁSITOS</b>	AUSENCIA/PRESENCIA.	MICROSCOPIA
<b>LITIO</b>	Espectrometría de plasma acoplado inductivamente.	APHA 3500 Li D
<b>MERCURIO</b>	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica, Generación de vapores fríos.	PEE-LASA-FQ-20d APHA 3112 B
<b>MOLIBDENO</b>	Espectrofotometría de Absorción Atómica con llama directa.	APHA 3111 D-Mo
<b>NITRATOS</b>	Nitratos, Espectrofotometría UV-Vis.	PEE-LASA-FQ-23 APHA 4500 N03 B

**Tabla 5.** Métodos utilizados por el laboratorio (LASA) para análisis de muestras de agua del sistema de riego Guanguilquí–Porotog. Continuación.

<b>NITRITOS</b>	Determinación de N-Nitritos.	PEE-LASA-FQ-54 API-IA 4500 N02
<b>OXÍGENO DISUELTO</b>	Incubación 5 días y Oxímetro.	APHA 4500 OG
<b>pH</b>	pH, Electrometría.	PEE-LASA-FQ-03 APHA 4500 B
<b>SODIO</b>	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama.	PEE-LASA-FQ-20a APHA 3111 Na B'
<b>SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS</b>	Sólidos Totales Suspendidos, Gravimetría.	APHA 2540 C
<b>SULFATOS</b>	Determinación de Sulfatos.	PEE-LASA-FQ-09a APHA 4500 S04 E
<b>ZINC</b>	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama.	PEE-LASA-FQ.20b APHA 3111 D

**Tabla 6.** Métodos utilizados por el laboratorio (LASA) para análisis de muestras de agua de consumo humano del sector Oroloma.

<b>PARÁMETROS</b>	<b>ESPECIFICACIONES DEL MÉTODO</b>	<b>METODO</b>
<b>ARSÉNICO</b>	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama.	PEE-LASA-FO.20c APHA 3114 C
<b>CADMIO</b>	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama.	Espectrofotometría con Horno de Grafito
<b>COBRE</b>	Metales, Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama.	PEE-LASA-FO-20a APHA 3111 B
<b>COLOR</b>	Unidades de color	APHA 2120 B

**Tabla 6.** Métodos utilizados por el laboratorio (LASA) para análisis de muestras de agua de consumo humano del sector Oroloma. Continuación

<b>COLIFORMES FECALES</b>	Coliformes fecales, Filtración de Membrana.	PEE/I-ASA/MB/27 APHA 9221 E
<b>CROMO VI</b>	Cromo hexavalente, Espectrofotometría UV	APHA 3500 Cf
<b>D.B.O5 DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Polarográfico Winkler.	PEE-LASA-FQ07 APHA 5210
<b>D.Q.O DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO</b>	(DQO), Reflujo Cerrado, Volumetría.	PEE-LASA-FQ-04 APHA VC
<b>HIERRO</b>	Método directo de llama de acetileno.	PEE.LASA-FQ-20a APHA 3111 B
<b>NITRATOS</b>	Colorimétrico: Reducción Cadmio-Cobre.	PEE-LASA-FQ-23 APHA 4500 B
<b>NITRITOS</b>	Determinación de N-Nitritos.	PEE.LASA-FQ-54 APHA 4500 N02
<b>pH</b>	pH, Electrometría.	PEE-LASA-FQ.03 APHA 4500 Hf B
<b>TURBIDEZ</b>	Nefelométrico.	APHA 2130 B

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 RECONOCIMIENTO DE CAMPO**

#### **4.1.1 UBICACIÓN POLÍTICA DE LA ZONA DE ESTUDIO**

La zona de estudio se localiza en el sector denominado Oroloma, en las inmediaciones de la población de Cangahua, a 13 Km al sureste del cantón Cayambe en la provincia de Pichincha. Jurisdiccionalmente, la zona de estudio se ubica en la parroquia Cangahua, cantón Cayambe, provincia Pichincha; su ubicación geográfica está entre las coordenadas 00 02 30" latitud sur y 76 12 30" de longitud occidental. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cangahua, 2014).

Los límites de la Parroquia Cangahua son: al Norte con la Parroquia de Cayambe y Cantón Pedro Moncayo, al Sur con las Parroquias de Oyacachi y El Quinche, al Este con la Parroquia de Cayambe y al Oeste con las Parroquias de Ascázubi, Santa Rosa de Cuzubamba y Otón. La Parroquia de Cangahua, fue creada el 29 de octubre de 1.970 (Bonifaz, 2014-2019)

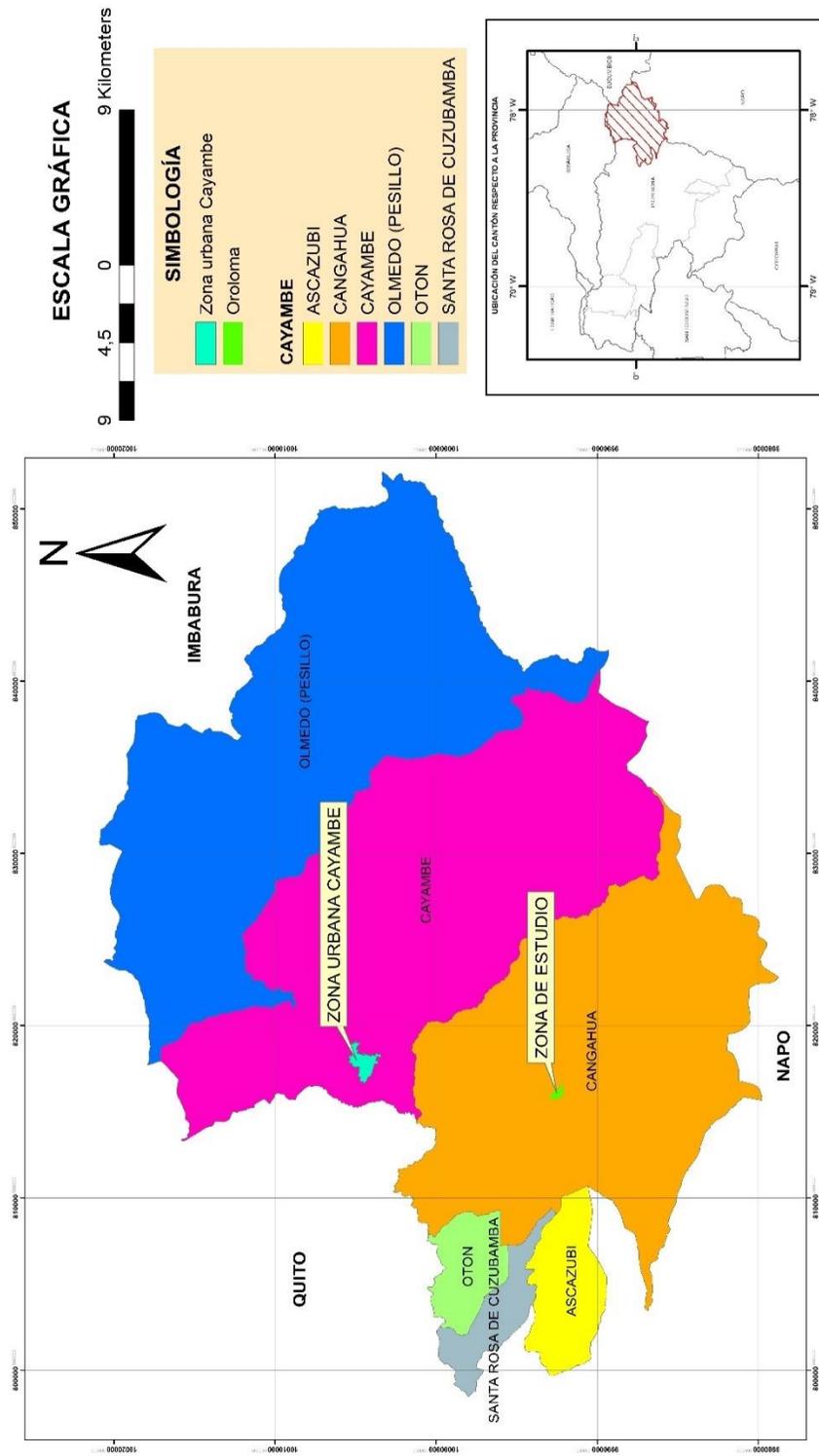


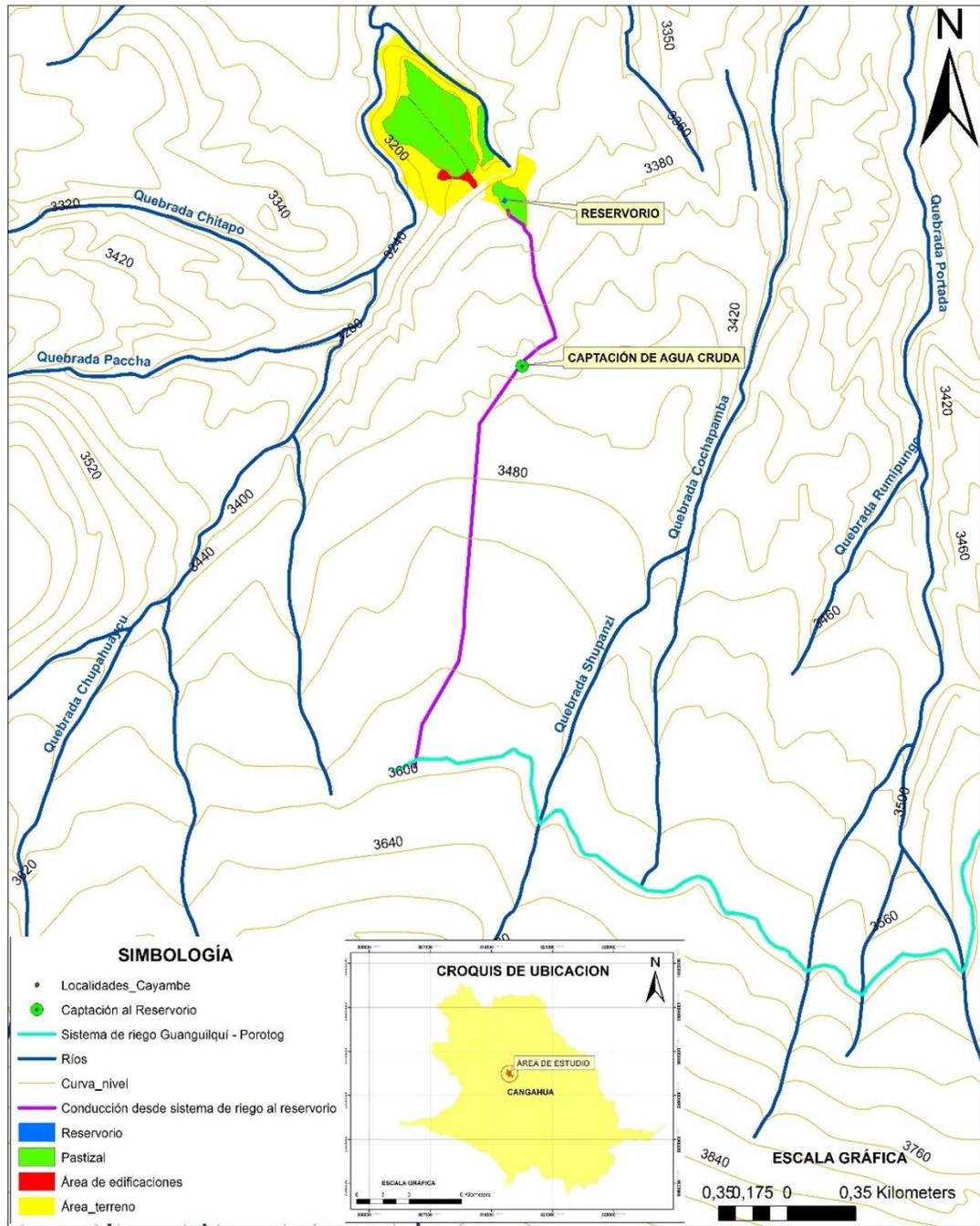
Figura 2. División política del cantón Cayambe y ubicación del sector Oroloma.

#### **4.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

La zona de estudio denominada Oroloma comprende un área de 40 hectáreas, las cuales están destinadas a la producción de leche cruda para satisfacer la demanda insatisfecha en esta zona. Oroloma está ubicada en la parroquia rural de Cangahua, perteneciente al cantón Cayambe, provincia de Pichincha. Posee 33,7 km<sup>2</sup> de suelo destinado a la agricultura y crianza de ganado bovino, para que el mismo sea rentable se debe aplicar agua de riego.

El caudal proveniente de la cuenca es inferior a las necesidades reales de los cultivos; por lo cual, los agricultores se ven en la obligación de utilizar agua proveniente de cuencas aledañas, la que se transporta a través de acequias, tuberías y se distribuye por canales secundarios, la acequia más importante por su longitud, caudal y número de familias beneficiarias, es el canal Guanguilquí – Porotog. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Cangahua, 2014).

En la Figura 2 se muestra la delimitación del sector Oroloma, así como la conducción del agua desde el sistema de riego Guanguilquí – Porotog hasta el reservorio. Además, se muestra el área destinada al desarrollo de pastizal y a la construcción de edificaciones.

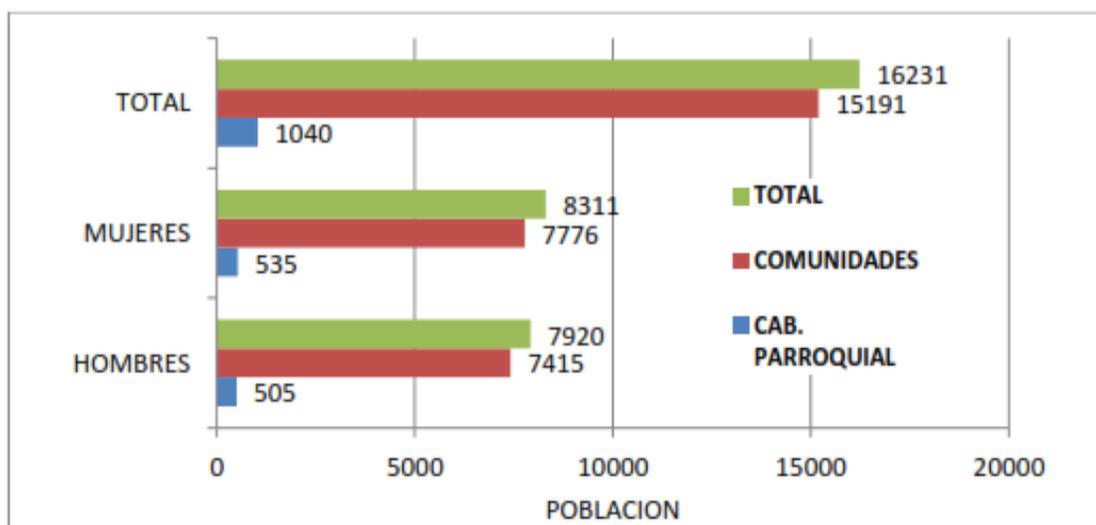


		<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES</b>		<b>CONTENIDO:</b> <b>DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO (OROLOMA).</b>		<b>OBSERVACIONES:</b> 1. FUENTE DE INFORMACIÓN: Sistema Nacional de Información (SIN). 2. SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL DATUM HORIZONTAL: WGS84 DATUM VERTICAL: ESTACIÓN MAREOGRÁFICA LA LIBERTAD PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA: UTM ELIPSOIDE: INTERNACIONAL 3. ELABORADO EN EL SISTEMA: ARC GIS 10.2	
DR. ISIDRO GUTIERREZ ORDINADOR CARRERA APROBO	ING. MAURICIO VALLADARES DIRECTOR DE TESIS REVISO	SANTIAGO VILLAGOMEZ TESISISTA ELABORO	FECHA: ABRIL 2017	Nº DE HOJAS 1	MAPA Nº: 1 DE 1		

**Figura 3.** Descripción de la zona de estudio.

### 4.1.3 DENSIDAD POBLACIONAL

Según el Censo del 2010, la parroquia de Cangahua, registra una población de 16,231 habitantes, de los cuales el 51% son mujeres y el 49% son hombres. En la Figura 3 se representa la población ubicada en la cabecera cantonal de Cangahua, que es de 1,040 habitantes (6% de la población total de Cangahua) y la población restante es de 15,191 (94%). Teniendo en cuenta la población total de Cayambe que es de 85,795 habitantes, la población de Cangahua representa el 19% de la población total del cantón Cayambe. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cangahua, 2014).



**Figura 4.** Población en la cabecera parroquial de Cangahua y resto de la parroquia.

#### **4.1.4 HIDROLOGÍA**

La parroquia de Cangahua pertenece a la subcuenca del río Pisque, que después forma parte de la cuenca hidrográfica del Guayllabamba, finalmente en la cuenca del río Esmeraldas, la cual desemboca en el océano Pacífico. La subcuenca tiene una superficie de 114.745 ha. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cangahua, 2014).

El sistema hídrico de la parroquia Cangahua está conformada por ríos y quebradas. Entre las principales se encuentran: río Guachalá, río Porotog, río Pisambilla, río Natagacho, quebrada Loma Gorda, quebrada Angascocha, quebrada Shupanzi, como se muestra en la Figura 5.

Teniendo en cuenta que la mayoría pobladores de la parroquia de Cangahua se dedican a la agricultura, existe una alta demanda de agua destinada al riego agrícola, la mayoría de dicha demanda es cubierta por el sistema de riego Guanguilquí – Porotog, que por su longitud y número de familias beneficiarias, se convierte en uno de los más importantes del cantón Cayambe.

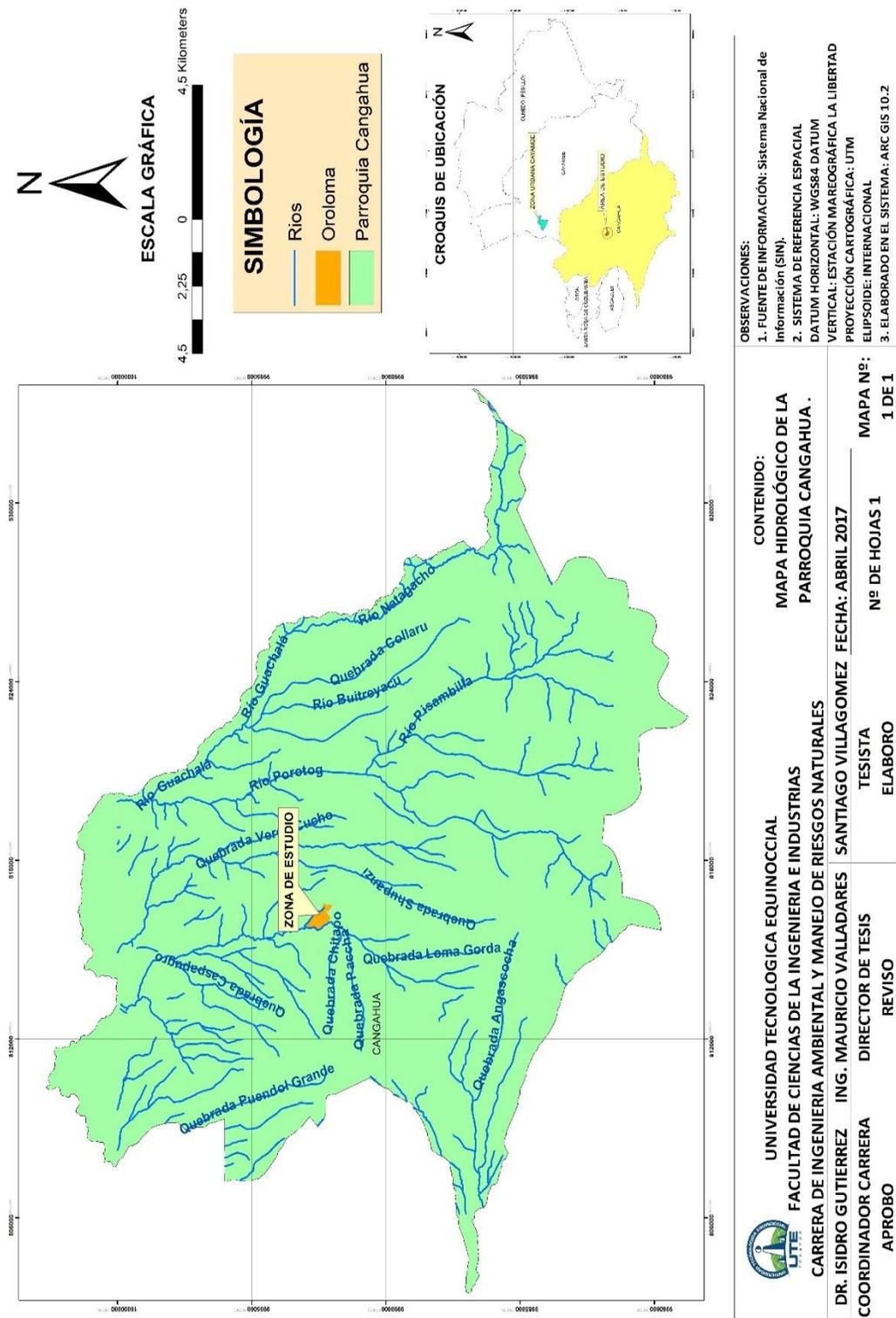


Figura 5. Sistema hídrico de la parroquia Cangahua.

#### **4.1.4.1 Sistema de riego Guanguilquí – Porotog**

La parroquia de Cangahua posee 33,7 km<sup>2</sup> de suelo destinado a la agricultura, para que el mismo sea rentable se debe aplicar agua de riego. El caudal proveniente de la cuenca es inferior a las necesidades reales de los cultivos; por lo cual, los agricultores se ven en la necesidad de utilizar agua proveniente de cuencas aledañas, la que se transporta a través de acequias, tuberías y se distribuye por canales secundarios, la acequia más importante es el canal de riego Guanguilquí – Porotog. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cangahua, 2014).

El sistema de riego Guanguilquí – Porotog fue inaugurado 5 Julio 2014, el cual consta de 61 kilómetros construidos para abastecer de agua a 7.300 hectáreas, con lo cual se beneficiará a más de cinco mil familias de pequeños productores de la zona, pertenecientes a 50 sectores repartidos entre comunidades, asociaciones y haciendas cercanas al canal, pertenecientes a las parroquias rurales Cangahua, Otón, Cusubamba y Ascázubi.

El sistema está conformado por dos organizaciones Guanguilquí y Porotog, las cuales son independientes, pero trabajan juntas cuando se trata de agua provenientes del Oriente, estas aguas son administradas por la Junta General de Usuarios Proyecto Cangahua, Acequia Guanguilquí - Porotog, integrada por miembros de las comunidades. Estas organizaciones han venido trabajando por más de 30 años para obtener el caudal de agua con el que cuentan ahora, el cual es de 1000 litros por segundo, pero a causa de las estaciones climáticas irregulares, el caudal ha disminuido progresivamente, obteniendo un caudal inestable a lo largo del año. La administración se sustenta con el aporte económico de las comunidades, a razón de un dólar por litro de agua asignado.

A pesar de las obras realizadas el caudal sigue siendo insuficiente, por lo cual es necesario efectuar turnos de riego.

En las Figura 6 y 7 se muestran fotografías del canal de riego Porotog y Guanguilquí respectivamente.



A través del trabajo y gestión comunitaria se ha consiguiendo obtener las sentencias de agua de Gualimburo, ubicado en la parroquia de Cangahua, cantón Cayambe, provincia de Pichincha, así como de la parte de Oyacachi en las cuales tienen diferentes puntos de captación de agua como son: Sucuscocha 1, Sucuscocha 2, Kunuyaku todas estas con sus debidas captaciones se conducen al trasvase del túnel para trasladar el agua hasta el canal abierto. El trasvase se produce en el sector de Gualimburo en el cual se unen todas las captaciones y desembocan el canal abierto Guanguilquí - Porotog.

El caudal de agua obtenida es entregado a cada comunidad dependiendo de su participación en mingas, la densidad poblacional de cada comunidad, el área de sus propiedades, buscando una repartición equitativa a través de reuniones y acuerdos mensuales en los cuales participan los miembros de las comunidades.

A pesar de ello existe una inequidad en la distribución del agua ya que gran mayoría del agua es destinada para empresas florícolas que se encuentran en la parte baja de la parroquia.

A medida que el canal sigue su curso, la calidad del agua se va deteriorando, debido a que el canal es abierto y es propenso a contaminación por basura, escombros, animales muertos, etc.

En la actualidad se está trabajando en la realización de un nuevo proyecto para proporcionar de agua potable para las comunidades, buscando obtener un caudal de 62,40 litros. La cual proporcionará de agua de mejor calidad ya que será entubada desde las vertientes y los puntos de captación principalmente de la laguna de Humbicocha ubicada en la parroquia de Oyacachi, cantón El Chaco, provincia de Napo. El agua proveniente de este proyecto será usada por todas las comunidades pertenecientes al proyecto Guanguilquí - Porotog. Con la implementación del nuevo proyecto tiene como objetivo mejorar la calidad del agua y además abaratar costos de tratamiento del agua.

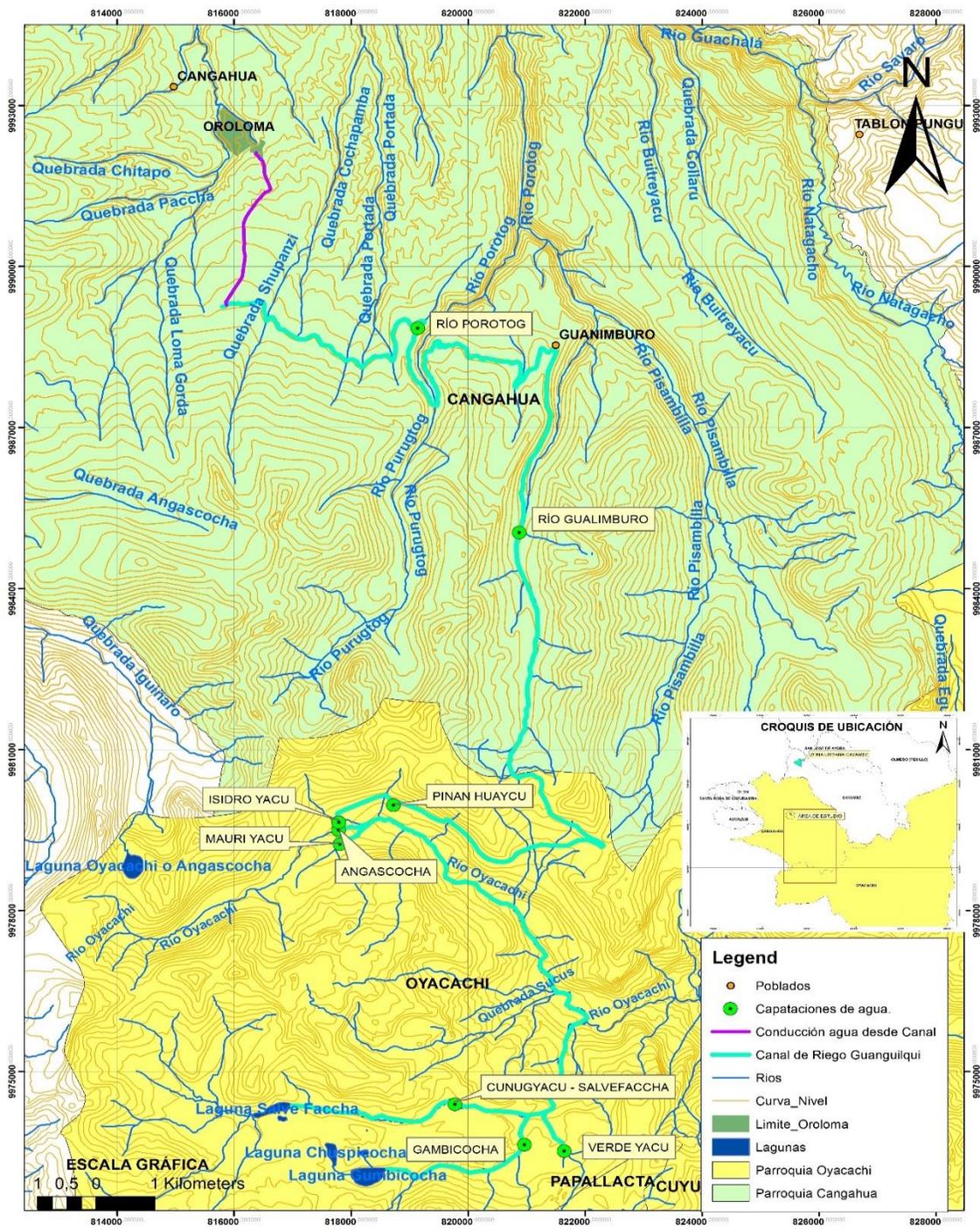
#### **4.4.1.1 Captaciones de agua**

El abastecimiento de agua del sistema de riego Guanguilquí – Porotog cuenta con 9 captaciones, como se muestra en la Tabla 7. Todas las captaciones son de tipo desarenador rectangulares de cemento con rejillas de varilla electro soldadas y compuertas de metal ensambladas con ángulos, latón, vástago con tuerca y volante para la regulación de entrada de agua de diferentes medidas según el caudal de agua a ser captada en la cual influye mucho la estación climática del año.

**Tabla 7.** Captaciones de agua del sistema de riego Guanguilquí - Porotog.  
(Acero, 2014).

Nombre de la captación	Ubicación				
	Este	Norte	Cota	Parroquia	Cantón
<b>SALVEFACCHA</b>	819776	9974394	3807msnm	Oyacachi	Chaco
<b>VERDE YACU</b>	821646	9973521	3818 msnm	Oyacachi	Chaco
<b>WAMBYCOCHA</b>	820968	9973642	3820 msnm	Oyacachi	Chaco
<b>RÍO OYACACHI</b>	817787	9979502	3755 msnm	Oyacachi	Chaco
<b>MAURI YACU</b>	817810	9979242	3754 msnm	Oyacachi	Chaco
<b>ISIDRO YACU</b>	817792	9979649	3749 msnm	Oyacachi	Chaco
<b>PINAN HUAYCU</b>	818727	9979969	3744 msnm	Oyacachi	Chaco
<b>RÍO GUALIMBURO</b>	820878	9985045	3644 msnm	Cangahua	Cayambe
<b>RÍO POROTOG</b>	819141	9988852	3598 msnm	Cangahua	Cayambe

El canal de riego Guanguilquí cuenta con una diversidad de infraestructura en todo su trayecto dentro de los dos cantones, Chaco (provincia de Napo), donde se encuentran 7 captaciones y parte del trayecto del túnel de trasvase, y en Cayambe, parroquia de Cangahua (provincia de Pichincha) donde se encuentran otras dos captaciones como se muestra en la Figura 8.



<p>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL          FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS          CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES          DR. ISIDRO GUTIERREZ COORDINADOR CARRERA    ING. MAURICIO VALLADARES DIRECTOR DE TESIS    SANTIAGO VILLAGOMEZ TESISISTA</p>	<p>CONTENIDO:          CAPTACIONES DE AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO GUANGUILQUÍ – POROTOG.</p>		<p>OBSERVACIONES:          1. FUENTE DE INFORMACIÓN: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP).          2. SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL DATUM HORIZONTAL: WGS84 DATUM VERTICAL: ESTACIÓN MAREOGRÁFICA LA LIBERTAD PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA: UTM ELIPSOIDE: INTERNACIONAL          3. ELABORADO EN EL SISTEMA: ARC GIS 10.2</p>
	<p>FECHA: ABRIL 2017</p>	<p>Nº DE HOJAS 1</p>	
<p>APROBO</p>	<p>REVISO</p>	<p>ELABORO</p>	

**Figura 8.** Sistema de riego Guanguilquí – Porotog.

#### **4.1.5 CLIMA**

El cantón Cayambe no cuenta con una estación meteorológica, por lo cual se toma como referencia los datos de estación de Tomalón – Tabacundo, que es la más cercana a la zona de Cangahua, la misma que está ubicada en las coordenadas: Lat. 0° 2' 00" N y Long. 78° 14' 0" W a 2790 metros sobre el nivel del mar.

Conforme a la clasificación climática de Pourrut (1.995), el clima de la parroquia de Cangahua que esta, entre 3.000 y 3.500 msnm, corresponde a ecuatorial frío de alta montaña. El sector de Oroloma se encuentra ubicado a 3.200 msnm, la franja menor a esta altura corresponde a la zona oriental y occidental, con un clima mesotérmico semihúmedo, la temperatura media varía entre 10 a 12 °C. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cangahua, 2014).

##### **4.1.5.1 Isotermas**

El mapa de isotermas establece que la temperatura media anual para la parroquia de Cangahua varía entre 4 °C a 12 °C. Por otra parte, en base a los registros obtenidos en la estación de Tomalón, se registra una temperatura media anual de 15 °C. En la Figura 9 se muestra la variación de temperatura existente en el cantón Cayambe en específico de la parroquia de Cangahua.

##### **4.1.5.2 Isoyetas**

El mapa de isoyetas establece que la precipitación media anual para la parroquia de Cangahua varía entre 500 mm y 1500 mm. En la Figura 10 se muestra la variación de precipitación existente en el cantón Cayambe en específico de la parroquia de Cangahua.

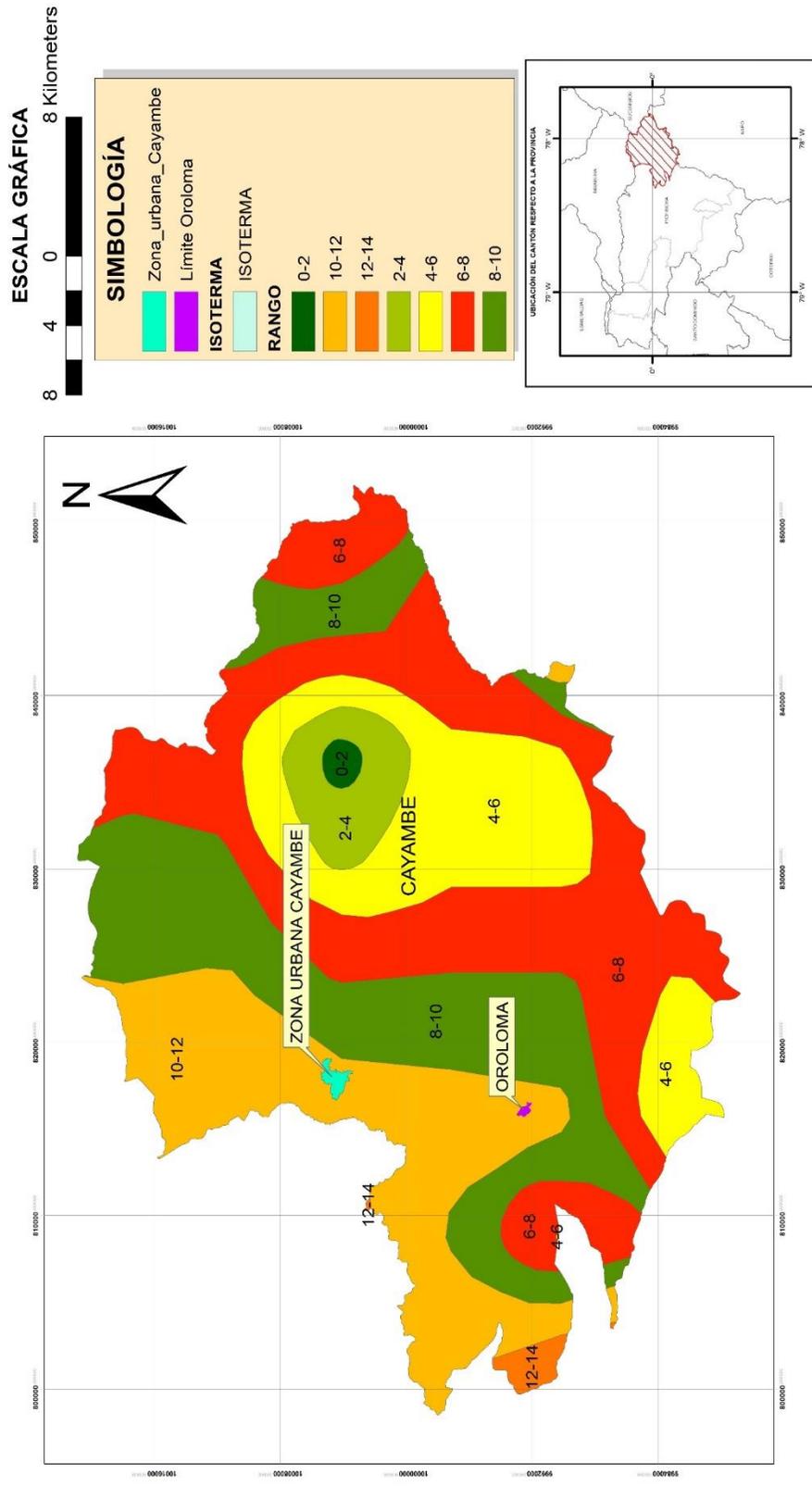
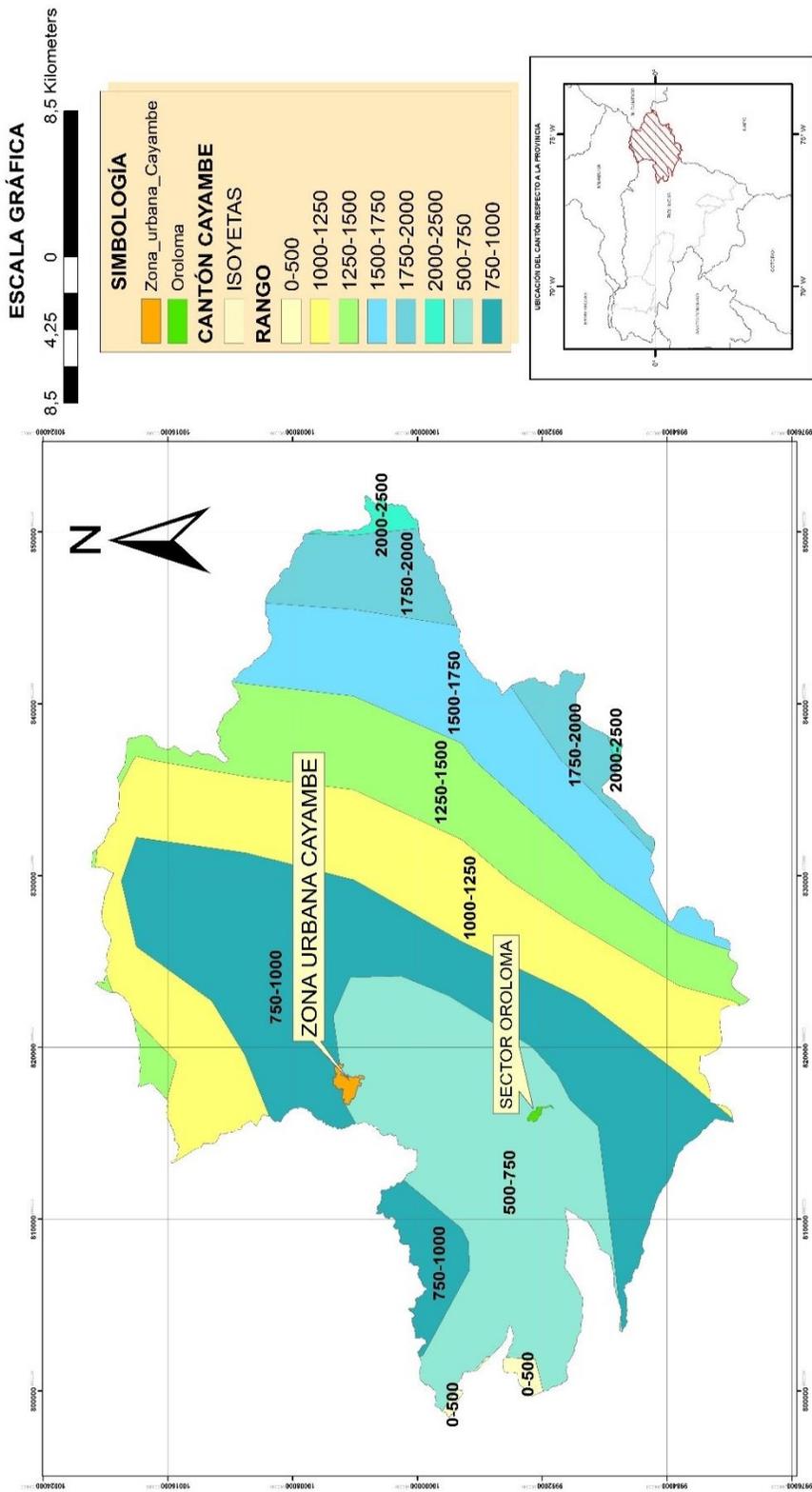


Figura 9. Isothermas del cantón Cayambe.

<p>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES</p>	<p>CONTENIDO: ISOTERMAS DEL CANTÓN CAYAMBE.</p>	<p>OBSERVACIONES: 1. FUENTE DE INFORMACIÓN: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). 2. SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL DATUM HORIZONTAL: WGS84 DATUM VERTICAL: ESTACIÓN MAREOGRÁFICA LA LIBERTAD EIPSOIDE: INTERNACIONAL 3. ELABORADO EN EL SISTEMA: ARC GIS 10.2</p>
	<p>DR. ISIDRO GUTIERREZ COORDINADOR CARRERA</p>	<p>ING. MAURICIO VALLADARES DIRECTOR DE TESIS</p>
<p>APROBO</p>	<p>REVISO</p>	<p>ELABORO</p>



**OBSERVACIONES:**

1. FUENTE DE INFORMACIÓN: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).
2. SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL DATUM HORIZONTAL: WGS84 DATUM VERTICAL: ESTACIÓN MAREOGRÁFICA LA LIBERTAD PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA: UTM ELIPSOIDE: INTERNACIONAL
3. ELABORADO EN EL SISTEMA: ARC GIS 10.2

<p>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL          FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS          CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES</p>	<p>CONTENIDO:  <b>ISOYETAS DEL CANTÓN CAYAMBE.</b></p>
	<p>DR. ISIDORO GUTIERREZ          COORDINADOR CARRERA</p>
<p>ING. MAURICIO VALLADARES          DIRECTOR DE TESIS</p>	<p>TESISTA          ELABORO</p>
<p>REVISOR</p>	<p>MAPA Nº:          1 DE 1</p>

Figura 10. Isoyetas del cantón Cayambe.

#### 4.1.6 SUELO

El suelo se constituye en elemento de relevancia en las funciones medioambientales y socioeconómicas de la parroquia de Cangahua. Teniendo en cuenta que forma parte de la cuenca alta del río Pisque, la cual presenta una morfología muy accidentada; los suelos en los que tiene influencia el río son rellenos lacustres, fluvio- lacustre, localmente coluvionados (aluvión de granos más finos).

La Parroquia de Cangahua abarca una superficie 33.289,82 hectáreas de Uso de Suelo, cubriendo aproximadamente el 51% de vegetación arbustiva siendo parte fundamental de esta categoría de uso del suelo el área protegida natural Cayambe Coca, el área agrícola actual representa aproximadamente el 31%, le sigue la categoría de pasto cultivado que representa aproximadamente el 10%, mientras que el área agrícola en abandono con fuerte erosión representa aproximadamente el 9% y el área urbana que apenas representa el 0,06%, como se muestra en la Tabla 8 y en la Figura 11.

**Tabla 8.** Uso actual del suelo de la parroquia Cangahua.

Uso Actual del Suelo	Área (ha)	Área (%)
Área Agrícola en Abandono con Fuerte Erosión	2.985	8,97
Área Agrícola Actual	10.041	30,16
Pasto Cultivado	3.297	9,90
Área Urbana	19,82	0,06
Vegetación Arbustiva	16.947	50,91
<b>TOTAL</b>	<b>33.289,82</b>	<b>100,0</b>

La principal categoría de uso del suelo presente en la Parroquia de Cangahua, es la vegetación arbustiva debido a que las comunidades en estudio, la estrategia principal de sobrevivencia es la agricultura y ganadería. Por ende, la mala práctica agrícola conlleva a problemas que afecta a las áreas de páramo,

bosques y áreas naturales protegidas, especialmente donde la deforestación genera graves problemas erosivos, ocasionando una pérdida gradual de la productividad de los suelos y un manejo ineficiente en el cuidado del medio ambiente y la incorrecta administración del uso de los recursos agua, tierra y biodiversidad. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cangahua, 2014).

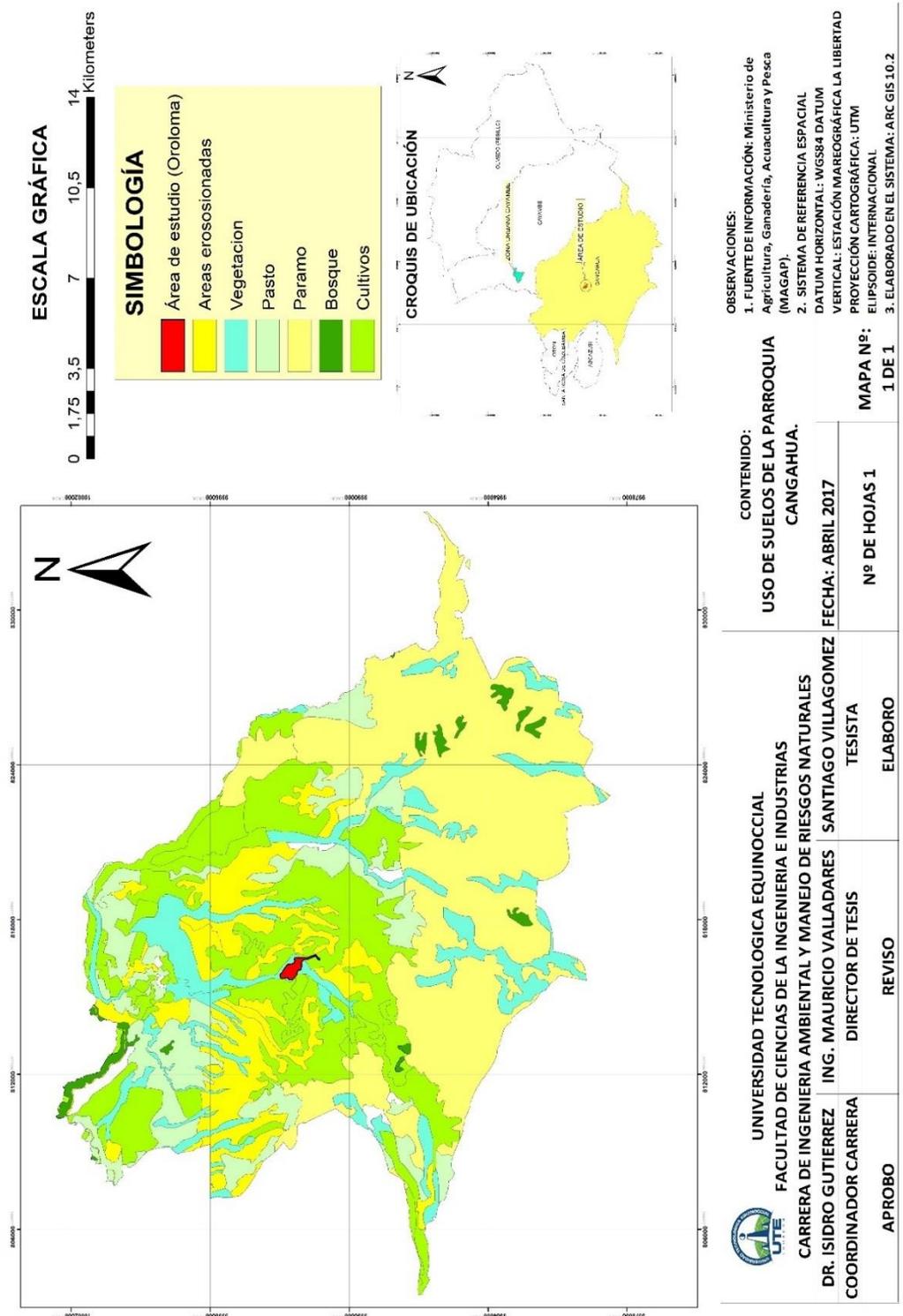


Figura 11. Uso de suelo del cantón Cayambe.

## **4.2 PLAN DE MUESTREO**

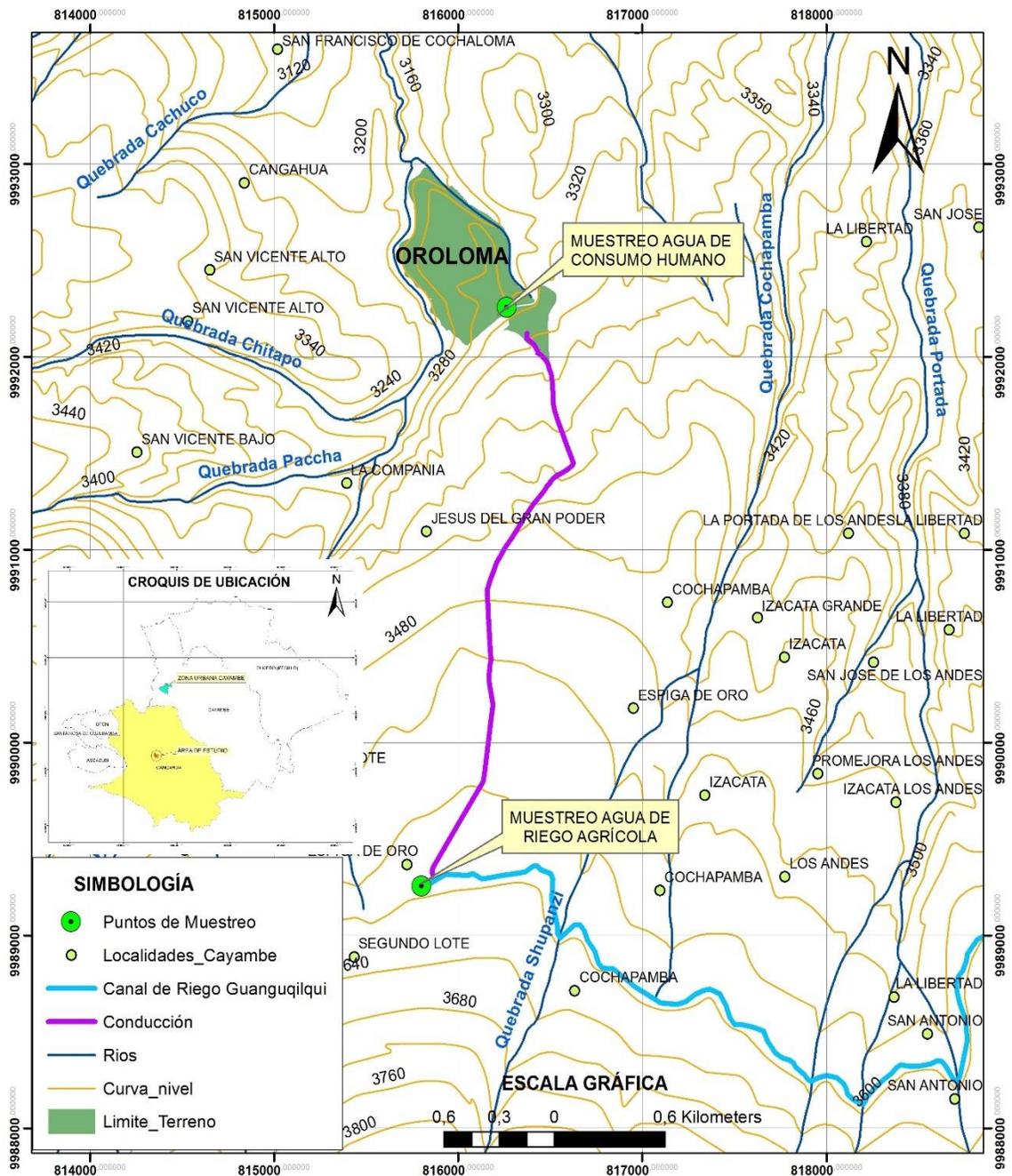
### **4.2.1 SITIOS DE MUESTREO**

#### **4.2.1.1 Estación de muestreo para el agua de riego agrícola**

Esta estación de muestreo se encuentra dentro del cauce del sistema de riego Guanguilquí – Porotog como se muestra en la Figura 12, en la cual se determinará la calidad del agua de riego en base a los parámetros establecidos por el TULSMA Libro VI Anexo 1 TABLA 3 Y 4, referente a criterios de calidad de agua para riego agrícola. La ubicación del sitio de muestreo de riego agrícola

#### **4.2.1.2 Estación de muestreo para el agua de consumo humano**

Esta estación se encuentra ubicada en la propiedad Oroloma como se muestra en la Figura 12, en la cual se determinará la Calidad del Agua en base a los parámetros establecidos por el TULSMA Libro VI Anexo 1 TABLA 1, referente a los parámetros de calidad para agua de consumo humano.



 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y MANEJO DE RIESGOS NATURALES</b>			<b>CONTENIDO:</b> <b>SITIOS DE MUESTREO DE AGUA PARA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS</b>		<b>OBSERVACIONES:</b> 1. FUENTE DE INFORMACIÓN: Sistema Nacional de Información (SIN). 2. SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL DATUM HORIZONTAL: WGS84 DATUM VERTICAL: ESTACIÓN MAREOGRÁFICA LA LIBERTAD PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA: UTM ELIPSOIDE: INTERNACIONAL 3. ELABORADO EN EL SISTEMA: ARC GIS 10.2
<b>DR. ISIDRO GUTIERREZ</b> COORDINADOR CARRERA APROBO	<b>ING. MAURICIO VALLADARES</b> DIRECTOR DE TESIS REVISO	<b>SANTIAGO VILLAGOMEZ</b> TESIS TA ELABORO	<b>FECHA: ABRIL 2017</b> <b>Nº DE HOJAS 1</b> <b>MAPA Nº: 1 DE 1</b>		

**Figura 12.** Sitios de muestreo para realización de análisis de agua.

## 4.3 MUESTREO DE AGUA

### 4.3.1 TOMA DE MUESTRAS PARA LOS ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS.

#### 4.3.1.1 Toma de muestras para agua de riego agrícola.

Las muestras de agua para los análisis físicos y químicos del agua de riego agrícola se las tomó directamente del cauce del canal de riego Guanguilquí – Porotog. Siguiendo la metodología establecida para la toma de muestras se procedió a enjuagar 3 veces el recipiente con el agua del canal de riego. Posteriormente se introdujo el recipiente plástico de 4 litros a una profundidad de 20 cm por debajo de la superficie de contacto. Una vez llena 3/4 partes del recipiente se procedió a sellar herméticamente.

Para la toma de muestras de agua para los análisis biológicos se procedió a seguir el procedimiento anterior con la diferencia que el recipiente era de 250 ml. En la Figura 13 se muestra una fotografía de la toma de la muestra del agua del sistema de riego Guanguilquí – Porotog.



**Figura 13.** Recolección de la muestra para análisis físico - químicos del agua de riego agrícola.

#### 4.3.1.2 Toma de muestras para agua de consumo humano.

Las muestras de agua para los análisis físicos y químicos del agua de consumo humano se las tomó directamente del sistema de abastecimiento de agua del sector Oroloma. Antes que el agua tenga contacto con el recipiente se procedió a limpiar la parte interna con alcohol y algodón. Posteriormente siguiendo la metodología establecida para la toma de muestras se procedió a enjuagar 3 veces el recipiente con el agua de consumo humano. Luego se llenó 3/4 partes del recipiente y se lo selló herméticamente.

Para la toma de muestras de agua para los análisis biológicos se procedió a seguir el procedimiento anterior con la diferencia que el recipiente era de 250 ml. En la Figura 14 se muestra una fotografía de la toma de la muestra del agua de consumo humano para los análisis físicos y químicos.



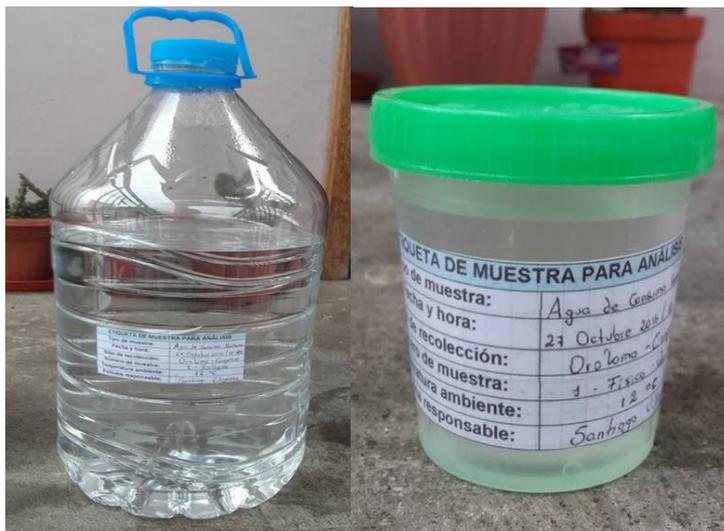
**Figura 14.** Recolección de la muestra para análisis físico - químicos del agua de consumo humano.

### 4.3.2 ETIQUETADO, TRANSPORTE Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Una vez recolectadas las muestras, se verificó que los recipientes estén sellados herméticamente. Luego se procedió a realizar el etiquetado de cada recipiente con los siguientes datos: tipo de muestra, fecha y hora, sitio de recolección, número de muestra, temperatura ambiente y la persona responsable; como se muestra en la Figura 15.

Después de etiquetados de los recipientes se procedió a colocarlos en un cooler provisto de bolsas de hielo que mantendrán las muestras a una temperatura de 2 – 5°C y en las cuales no se permite la entrada de luz.

El tiempo de transporte desde la recolección de las muestras hasta su llegada al laboratorio fueron de 2 horas y media. Siendo este un factor determinante en la veracidad de los resultados.



**Figura 15.** Etiquetado de muestras de análisis de agua de consumo humano del sector de Oroloma.

#### **4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO AGRÍCOLA DEL SISTEMA DE RIEGO GUANGUILQUÍ – POROTOG**

Una vez realizados los análisis de agua y con la obtención de los posteriores resultados, se procede a efectuar la primera caracterización de la calidad del agua la cual corresponde al riego agrícola, de la siguiente manera.

Se analizaron los resultados de los análisis de los parámetros físico, químicos y biológicos, basado en el TULSMA Libro VI Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097 – A, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua Tabla 3, referente a los criterios de calidad de aguas para riego agrícola y Tabla 4 donde se menciona los parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego, usados para la primera muestra de agua, la cual fue tomada directamente del sistema de riego Guanguilquí – Porotog.

En las Figuras 16, 17 y 18 se muestran los informes de los resultados emitidos por el laboratorio L.A.S.A, para los análisis físicos químicos y biológicos para la muestra de agua de riego del sistema de riego Guanguilquí – Porotog.

Por otra parte, en la Figura 19 se muestra un gráfico comparativo de las concentraciones permisibles con las concentraciones de los resultados de los análisis para cada parámetro.

**INFORME DE RESULTADOS**

INF LASA-12-11-16-2266  
ORDEN DE TRABAJO No. 0029248-16

SOLICITADO POR : EDWIN SANTIAGO VILLAGOMEZ PÉREZ  
DIRECCIÓN : CAYAMBE  
TELÉFONO/FAX : 2363109  
TIPO DE MUESTRA : AGUA  
PROCEDENCIA : CANAL ABIERTO - GUANGUILQUI  
IDENTIFICACIÓN : AGUA DE RIEGO DEL CANAL GUANGUILQUI  
CÓD. DE MUESTRA : 14668-16

FECHA DE RECEPCIÓN: 27/10/2016  
FECHA DE ANÁLISIS: 27/10-12/11/2016  
FECHA DE ENTREGA: 12/11/2016  
NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1)  
MUESTREO POR: SOLICITANTE  
CÓDIGO: M1

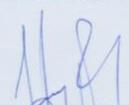
**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA **	MÉTODO DE ENSAYO
1	ALUMINIO	mg/l	0,15	5,0	PEE-LASA-FQ-52 APHA 3111 D *
2	ARSÉNICO	mg/l	0,002	0,1	PEE-LASA-FQ-20c APHA 3114 C *
3	BICARBONATOS	mg/l	45,40	1,5 GR = Ninguno	APHA 2320 B *
4	BORO	mg/l	<0,10	0,75	APHA 4500 B C *
5	CLORUROS	mg/l	0,69	3,0 GR = Ninguno	PEE-LASA-FQ-01-B APHA 4500 CI B *
6	CONDUCTIVIDAD	uS/cm	91,60	0,7 GR = Ninguno	PEE-LASA-FQ-02 APHA 2510 B
7	COBRE	mg/l	<0,20	0,2	PEE-LASA-FQ-20a PEE-LASA-FQ-20b APHA 3111 B *
8	FLUORUROS	mg/l	0,17	1,0	APHA4500 F D *
9	HIERRO	mg/l	4,83	5,0	PEE-LASA-FQ-20a APHA 3111 B
10	ÍNDICE DE SAR	-	0,43	0,7 GR = Ninguno	CÁLCULO *
11	LITIO	mg/l	0,003	2,5	APHA 3500 LI D *

LOS ENSAYOS MARCADOS CON \* ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL SAE

<sup>1</sup> OPINIONES E INTERPRETACIONES ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN SAE

GR: Grado de restricción

  
Dr. Marco Guajardo Ruales.  
GERENTE DE LABORATORIO

LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA

Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del Laboratorio

\*\* Valores de referencia tomado de Acuerdo Ministerial N° 097 Libro VI de la Calidad Ambiental Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola y

Tabla 4: Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego

Pág. 1 de 1

**Figura 16.** Criterios de calidad y resultados de análisis físico, químicos para el agua de riego agrícola del sistema de riego Guanguilquí – Porotog.

**INFORME DE RESULTADOS**

INF.LASA-12-11-16-2266  
ORDEN DE TRABAJO No. 0029248-16

SOLICITADO POR : EDWIN SANTIAGO VILLAGOMEZ PÉREZ  
DIRECCIÓN : CAYAMBE  
TELÉFONO/FAX : 2363109  
TIPO DE MUESTRA: AGUA  
PROCEDENCIA: CANAL ABIERTO - GUANGUILQUI  
IDENTIFICACIÓN: AGUA DE RIEGO DEL CANAL GUANGUILQUI  
CÓD. DE MUESTRA: 14668-16

FECHA DE RECEPCIÓN: 27/10/2016  
FECHA DE ANÁLISIS: 27/10-12/11/2016  
FECHA DE ENTREGA: 12/11/2016  
NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1)  
MUESTREO POR: SOLICITANTE  
CÓDIGO: M1

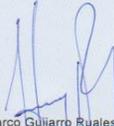
**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	VALORES DE REFERENCIA **	MÉTODO DE ENSAYO
12	MERCURIO	mg/l	0,00007	0,001	PEE-LASA-FQ-20d APHA 3112 B *
13	MOLIBDENO	mg/l	0,14	0,01	APHA 3500 Mo B *
14	NITRATOS	mg/l	0,50	5,0 GR = Ninguno	PEE-LASA-FQ-23 APHA 4500 NO3 B
15	NITRITOS	mg/l	<0,02	0,5	PEE-LASA-FQ-54 APHA 4500 NO2 *
16	OXÍGENO DISUELTTO	mg/l	6,98	3	APHA 4500 O G *
17	pH	Unidades de pH	8,06	6 a 9	PEE-LASA-FQ-03 APHA 4500 H+ B
18	SODIO	mg/l	5,90	3,0 GR = Ninguno	PEE-LASA-FQ-20a APHA 3111 Na B *
19	SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/l	59,54	450 GR = Ninguno	APHA 2540 C *
20	SULFATOS	mg/l	9,29	250	PEE-LASA-FQ-09a APHA 4500 SO4 E *
21	ZINC	mg/l	0,56	2	PEE-LASA-FQ-20b APHA 3111 D

LOS ENSAYOS MARCADOS CON \* ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL SAE

<sup>1</sup> OPINIONES E INTERPRETACIONES ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN SAE

GR: Grado de restricción

  
Dr. Marco Guíjarro Ruales  
GERENTE DE LABORATORIO

LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.

Las incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA

Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del Laboratorio

\*\* Valores de referencia tomado de Acuerdo Ministerial N° 097, Libro VI de la Calidad Ambiental Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola y

Tabla 4: Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego

Pág.1 de 1

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012  
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815  
Celular: 099 9236 287 • e-mail: info@laboratoriolasa.com  
web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

**Figura 17.** Criterios de calidad y resultados de análisis físico, químicos para el agua de riego agrícola del sistema de riego Guanguilquí – Porotog.

**INFORME DE RESULTADOS**

INF. LASA 08/11/2016- 9025  
ORDEN DE TRABAJO No. 29248-16

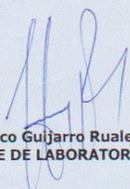
**SOLICITADO POR:** EDWIN SANTIAGO VILLAGÓMEZ PÉREZ  
**DIRECCIÓN:** CAYAMBE  
**TELÉFONO:** 2363109  
**TIPO DE MUESTRA:** AGUA  
**PROCEDENCIA:** CANAL ABIERTO GUANGUILQUI  
**IDENTIFICACIÓN:** AGUA DE RIEGO DEL CANAL GUANGUILQUI  
**CÓD. DE MUESTRA:** 14668-16

**FECHA RECEPCIÓN:** 27/10/2016  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 27 al 31/10/2016  
**FECHA DE ENTREGA:** 08/11/2016  
**NUMERO DE MUESTRA:** UNA (1)  
**MUESTREO POR:** SOLICITANTE

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

<i>PARÁMETROS</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>RESULTADO DE ENSAYO</i>	<i>**VALORES DE REFERENCIA</i>	<i>MÉTODO DE ENSAYO</i>
COLIFORMES FECALES	NMP /100 ml.	15	1000	PEE/LASA/MB/27 APHA 9221 E
HUEVOS DE PARÁSITOS	AUSENCIA/PRESENCIA	AUSENCIA	AUSENCIA	MICROSCOPIA

**\*\*VALORES DE REFERENCIA OBTENIDOS DE:** ACUERDO MINISTERIAL N° 097 LIBRO VI DE LA CALIDAD AMBIENTAL. TABLA 3:  
CRITERIO DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRÍCOLA.



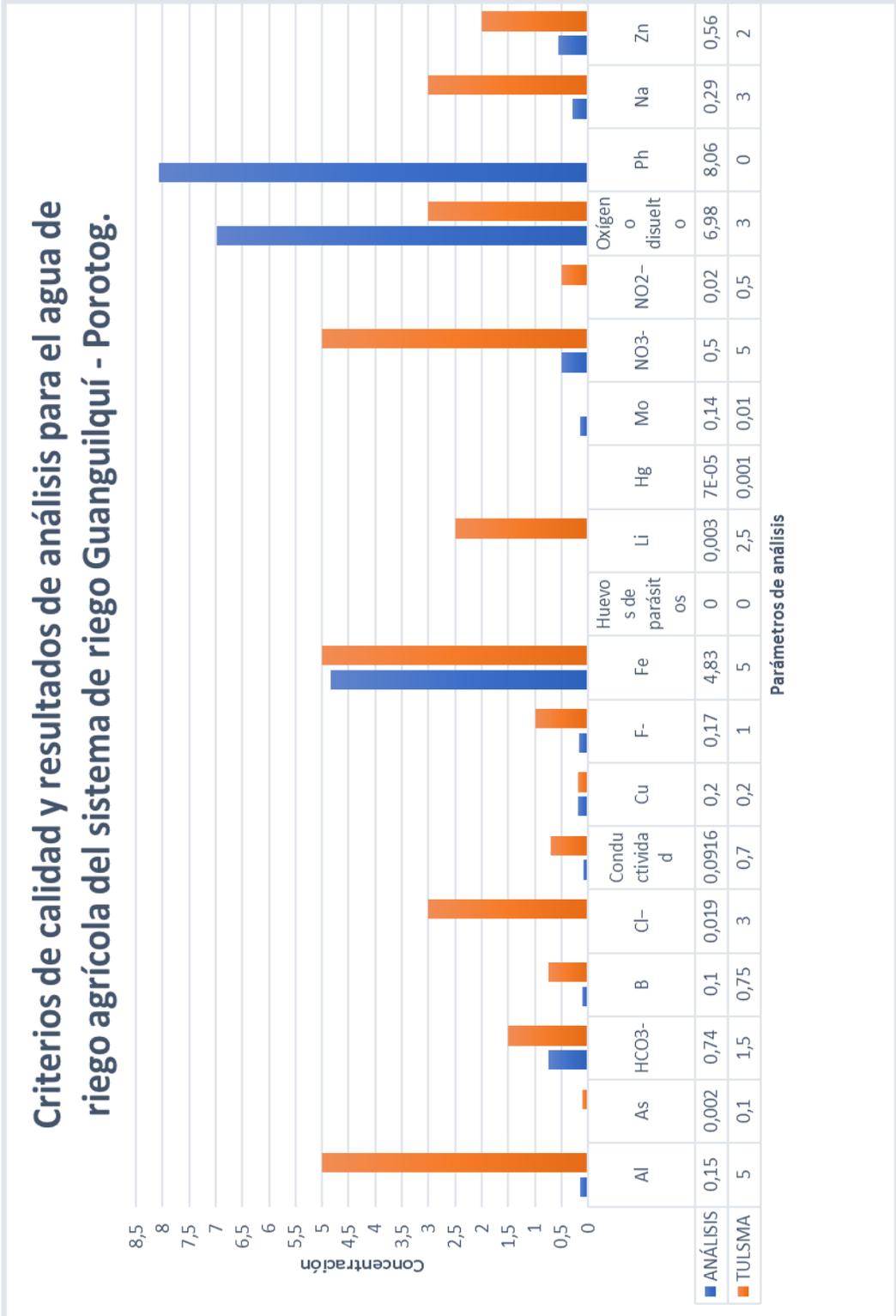
**Dr. Marco Gujarro Ruales**  
**GERENTE DE LABORATORIO**

LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio. Las incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA. Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del Laboratorio.  
<sup>1</sup> Opiniones e Interpretaciones están fuera del alcance de acreditación SAE

Pág. 1 de 1

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012  
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815  
Celular: 099 9236 287 • e-mail: info@laboratoriolasa.com  
web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

**Figura 18.** Criterios de calidad y resultados de análisis biológicos para el agua de riego agrícola del sistema de riego Guanguilquí – Porotog.



**Figura 19.** Comparación entre los criterios de calidad y resultados de análisis para el agua de riego agrícola del sistema de riego Guanguilquí - Porotog.

## **4.4.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA DE RIEGO AGRÍCOLA DEL SISTEMA DE RIEGO GUANGUILQUÍ – POROTOG**

### **4.4.1.1 Aluminio**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para el aluminio de 5 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego nos da un valor de 0,15 mg/l; con lo cual se establece que la cantidad de aluminio en el agua está dentro de los límites establecidos, por lo tanto, no constituye un peligro para los cultivos y animales que consuman esta agua.

Se debe tener en cuenta que la toxicidad por aluminio se da en concentraciones superiores a 5,5 mg/l, su efecto reduce la profundidad de las raíces, aumenta la susceptibilidad a la sequía y decrece la utilización de los nutrientes del subsuelo. Además, el aluminio puede acumularse en las plantas y causar problemas de salud a animales que consumen esas plantas en especial a los rumiantes.

### **4.4.1.2 Arsénico**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para el arsénico de 0,1 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego nos da un valor de 0,002 mg/l; con lo cual se determina que la concentración de arsénico presente en el agua de riego no constituye un peligro para los cultivos ni tampoco para los animales que consuman esta agua.

Se debe tener en cuenta que la captación de arsénico se da principalmente por las raíces de las plantas; ocasionando daños en la salud de las personas y animales que ingieren alimentos o plantas contaminadas con arsénico, ya que estos pueden ser la causa de cáncer, lesiones cutáneas, enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad y diabetes. La máxima concentración

soportable por el ganado vacuno, según distintos autores se estima de 0,15 a 0,30 mg/lit, pero aún con estas concentraciones se pueden producir intoxicaciones crónicas, manifestándose como depresión, falta de apetito, debilidad, temblores, convulsiones, diarrea y gastroenteritis hemorrágica.

#### **4.4.1.3 Bicarbonatos**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 4, establece una concentración permisible para los bicarbonatos de 1,5 meq/l; el resultado del análisis para agua de riego del Canal Guanguilquí - Porotog nos da una concentración de 45,40 mg/l que transformados a meq/l que son las unidades establecidas por la norma, se obtiene un valor de 0.74 meq/l; con lo cual se determina que el agua de riego está dentro del límite permisible, considerándose como un parámetro aceptable para el sistema de riego y su concentración no afectará a los cultivos ni los animales, ya que según la norma no tiene ningún grado de restricción.

El agua con gran cantidad de bicarbonatos no presenta problemas de toxicidad para cultivos, pero las aguas bicarbonatadas sódicas son malas para riego, debido a la fijación del Na en el terreno disminuyendo la disponibilidad de agua para los cultivos. Por otra parte, hasta en concentraciones superiores a las establecidas en la norma no se considera nocivos para el ganado vacuno.

#### **4.4.1.4 Boro**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para el boro de 0,75 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego nos da un valor de <0,10 mg/l; el cual se encuentra por debajo de la concentración permisible; por lo tanto, se puede establecer que no constituye un peligro para los cultivos y animales que consuman esta agua, ya que no existe riesgo de toxicidad y la cantidad de boro presente en el agua beneficia al desarrollo de los cultivos.

La presencia de boro en las aguas de riego en concentraciones menores a 0,70  $\mu\text{g/ml}$ , es esencial para el desarrollo adecuado de las plantas. No obstante, se presentan problemas de toxicidad cuando el boro se encuentra en cantidades altas en valores comprendidos entre 1,0 y 4,0  $\mu\text{g/ml}$ , ocasionando necrosis celular siendo estos perjudiciales para las plantas. Se debe tener en cuenta que el boro puede acumularse en los animales y en valores superiores a 5 mg/l puede generar toxicidad para el animal.

#### **4.4.1.5 Cloruros**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 4, se establece una concentración permisible para los cloruros de 3,0 meq/l, el resultado del análisis para agua de riego del Canal Guanguilquí - Porotog nos da una concentración de 0,69 mg/l que transformados a meq/l que son las unidades establecidas por la norma se obtuvo un valor de 0,019 meq/l; con lo cual se determina que el agua de riego está dentro del límite permisible, considerándose como un parámetro aceptable para el sistema de riego y su concentración no afectará a los cultivos ni animales que consuman esta agua, ya que según la norma no tiene ningún grado de restricción.

Se debe tomar en cuenta que aguas de riego con concentraciones elevadas de cloruro pueden producir problemas de toxicidad en los cultivos, ocasionando quemaduras en las hojas en particular en el ápice a causa de la necrosis celular. El exceso de cloruros dificulta la absorción de nitratos y fosfatos, siendo perjudicial para la correcta nutrición y desarrollo de los cultivos.

#### **4.4.1.6 Conductividad**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 4, se establece una concentración permisible para conductividad de 0,7 m $\mu\text{hos/cm}$ , el resultado del análisis para

agua de riego del nos da un valor de 91,60 uS/cm; que transformado a milimhos/cm que son las unidades establecida por la norma se obtiene un valor de 0,0916 milimhos/cm. Determinándose que el agua de riego del canal Guanguilquí -Porotog cumple con los límites permisibles por parte del TULAS, con una concentración de iones aceptable para el riego de cultivos y consumo de los animales.

Se debe tener en cuenta que el agua de riego con una alta conductividad puede ocasionar la precipitación de sales pudiendo obstruir pequeños canales de conducción del agua; así como daño a los cultivos por interferencias en la absorción de radicales libres hacia la planta. Además. en altas concentraciones podría ocasionar la salinización del suelo.

#### **4.4.1.7 Cobre**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para el cobre de 0,2 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego del nos da como resultado una concentración menor a 0,2 mg/l. Determinándose que el agua de riego del canal Guanguilquí - Porotog cumple con los límites permisibles por parte del TULSMA y no supone un riesgo para los cultivos y animales que consumen esta agua. Es necesario tomar atención a este parámetro de calidad del agua ya que está a punto de sobrepasar las concentraciones permisibles pudiendo generar efectos negativos a quienes lo consumen.

Se debe tener en cuenta que el cobre es un elemento esencial para el desarrollo de cultivos y animales. Sin embargo, si las plantas y animales son expuestas a concentraciones elevadas de cobre biodisponible, puede ocurrir bioacumulacion, con efectos tóxicos para un gran número especies vegetales sensibles. Sus efectos son evidenciables en los cultivos con un menor

crecimiento de la raíz principal por muerte del meristema apical de la raíz principal, estimulación de la formación de raíces secundarias y posterior inhibición del meristema apical de las raíces secundarias cuando la concentración de metal supera el límite de tolerancia. Además, los altos niveles de cobre en animales provocan alteración en su desarrollo y reproducción.

#### **4.4.1.8 Coliformes Fecales.**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para los coliformes fecales de 1000 NMP /100 ml, el resultado del análisis para agua de riego del canal Guanguilquí - Porotog nos da una concentración de 15 NMP /100 ml; con lo cual se determina que la cantidad de coliformes fecales presentes en el agua de riego se encuentra debajo de los límites permisibles, considerándose como un parámetro aceptable para el agua sistema de riego y no supone un riesgo para los cultivos y animales que consumen esta agua.

Se debe considerar la capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos, la cual es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. Algunos géneros son autóctonos de aguas con residuos vegetales, como hojas en descomposición. También pueden reproducirse en las biopelículas que se forman en las tuberías de distribución de agua potable; pudiendo aumentar la cantidad de coliformes presentes actualmente. Además, una excesiva cantidad de coliformes fecales en el agua supondría la presencia de parásitos patógenos que podrían afectar la salud de animales que consuman esta agua.

#### **4.4.1.9 Fluoruros**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para los fluoruros de 1 mg/l, el resultado del análisis para agua de

riego del canal Guanguilquí - Porotog nos da una concentración de 0,17 mg/l.; con lo cual se establece que el flúor presente en el agua de riego no representa peligro para los cultivos y animales que consumen esta agua. Ya que a partir de concentraciones mayores a 1 mg/l el flúor es inactivado por suelos neutros y alcalinos.

Se debe tener en cuenta que altos niveles de fluoruros pueden provocar un amarillamiento de hojas y un crecimiento lento, como se ha observado en estudios en los que se han depositado fluoruro sobre las hojas, debido a la acumulación que se produce cuando las aguas de riego, con alto contenido de fluoruro caen sobre las hojas al usar la técnica de riego por aspersión. Por otra parte, cuando el flúor se halla en cantidades adecuadas, favorece la dureza de dientes y huesos en los animales. Además, su déficit por lapsos prolongados retarda el crecimiento de los animales.

#### **4.4.1.10 Hierro**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para el hierro de 5,0 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego nos da un valor de 4,83 mg/l; dicha concentración se encuentra dentro de la concentración aceptable, pero está cerca de sobrepasar el valor límite, razón por la cual se debe tener cuidado con el incremento de este elemento, ya que se han presenciado problemas de amarillamiento de hojas y baja producción de los cultivos, principalmente en épocas de invierno donde la concentración de hierro aumenta.

La presencia de hierro en el agua de riego del canal Guanguilquí - Porotog es básico para los cultivos; ya que las plantas no pueden realizar su ciclo vital sin el aporte de este elemento, porque está involucrado en el metabolismo de la planta de una manera específica. El hierro forma parte de la síntesis de clorofila, y participa de un buen número de sistemas enzimáticos importantes para el metabolismo de las plantas. Su deficiencia se denomina clorosis férrica

y se caracteriza, de forma visual, por un amarillamiento intervenal de las hojas jóvenes. Como consecuencia de la clorosis férrica, las plantas se desarrollan lentamente, teniendo menor vigor y una menor producción.

Además, niveles sobre 0.3 mg/L pueden también causar una reducción en la ingesta de agua y en la producción de las vacas lecheras; su déficit por debajo de los 0. 1 mg/L puede causar un sabor a óxido en la leche.

#### **4.4.1.11 Huevos de Parásitos**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece como criterio de calidad la determinación de la ausencia/presencia de huevos de parásitos, el resultado del análisis para agua de riego del Canal Guanguilquí – Porotog, evidencia la ausencia de huevos de parásitos. Razón por la cual se establece como un parámetro aceptable para agua de riego, ya que cumple con la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes y no suponen riego para los cultivos y animales que consumen esta agua. Se recomienda no realizar descargas de agua residuales directamente al canal de riego ya que esto podría aumentar la cantidad de huevos de parásitos notablemente.

Se debe tener en cuenta que la mayoría de huevos de parásitos se encuentran presentes en aguas residuales, si las heces no se eliminan de manera apropiada, los quistes y huevos de los parásitos intestinales pueden contaminar fuentes de agua o cultivos regados con aguas residuales.

#### **4.4.1.12 Litio**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para el litio de 2.5 mg/l como límite máximo permisible, el resultado de los análisis de agua de riego del canal Guanguilquí – Porotog nos da una concentración de 0,003 un valor muy por debajo del límite establecido, con lo

cual se determina que el agua de riego está dentro del límite permisible, considerándose como un parámetro aceptable para el sistema de riego y su concentración no afectará a los cultivos ni los animales que consuman esta agua.

Su poca concentración se debe a que en el campo de estudio no se realiza actividad industrial o minera que son los que mayor cantidad de litio aportan al medioambiente.

#### **4.4.1.13 Mercurio**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para el mercurio de 0,001 mg/l para aguas destinadas al uso agrícola; el resultado de los análisis de agua de riego del canal Guanguilquí – Porotog nos da una concentración de 0,00007 mg/l; con lo cual se determina que la cantidad de mercurio presente en las aguas de riego del sector no representa peligro para los cultivos y su población. La baja concentración de mercurio se debe a que es un elemento que se encuentra en muy bajas concentraciones en estado natural, pero es preciso descartar su presencia en altas concentraciones debido a su alta toxicidad.

Se debe tener en cuenta que el mercurio tiende a bioacumularse en las raíces, pero no tiene una función bioquímica o nutricional para los cultivos. Además, por su baja presencia en el suelo y agua no representan un peligro de toxicidad para animales ni cultivos.

#### **4.4.1.14 Molibdeno**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para el Molibdeno de 0,01 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego del Canal Guanguilquí - Porotog nos da una concentración de 0,14 mg/l, con lo cual se determina que el agua de riego excede la concentración aceptable para este tipo de agua. El intervalo de molibdeno normal para la

mayoría de cultivos está entre 0,01 y 0,20 mg/l; determinándose que el molibdeno en la concentración indicada no supone riesgo para el desarrollo de las plantas. Además, el molibdeno está estrechamente relacionado con el nitrógeno, su deficiencia se puede asemejar mucho a la carencia de nitrógeno, con lo cual el crecimiento de la planta es más lento, la floración y producción de semillas queda seriamente disminuida. Es importante señalar, que la solubilidad de este ión aumenta conforme aumenta el pH, el agua de riego tiene un pH de 8,06; con lo cual demuestra que su basicidad tiene relación con el contenido de molibdeno.

Por otra parte, en concentraciones superiores a 5 mg/l de molibdeno en la planta, pueden causar problemas tóxicos a animales rumiantes que se alimenten de esta planta, ocasionando molibdenosis, esta enfermedad consiste en que el molibdeno compite e induce la deficiencia de cobre en el interior del animal, afectando su sistema digestivo produciendo la pérdida de peso y crecimiento lento del animal.

#### **4.4.1.15 Nitratos**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para los nitratos de 5,0 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego del canal Guanguilquí - Porotog nos da una concentración de 0,5 mg/l, con lo cual se determina que el agua de riego se encuentra debajo del límite permisible, considerándose como un parámetro que no supone riesgo para los cultivos y animales que consumen esta agua.

Se recomienda tener cuidado ya que si rebaza la concentración establecida puede ocasionar efectos negativos a los cultivos como: prolongación del periodo vegetativo y al mismo tiempo disminución de producción, como

consecuencia las cosechas son menores y los cultivos tienden a tener una maduración tardía.

Por otra parte, las plantas verdes en crecimiento acumulan nitratos, que, sumados a los presentes en el agua de bebida, pueden alcanzar niveles capaces de producir una gastroenteritis en el ganado (porcino, bovino, ovino o equino).

#### **4.4.1.15 Nitritos**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para los nitritos de 0,5 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego del canal Guanguilquí - Porotog nos da una concentración <0,02mg/l. Lo cual se determina que el agua de riego se encuentra por debajo límite permisible, considerándose como un parámetro que no supone riesgo para los cultivos y animales que consumen esta agua. Se debe tener en cuenta que 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 en concentraciones superiores a 30 mg/l.

Por otra parte, una excesiva concentración de nitritos en el ganado, puede causar un grave cuadro de insuficiencia respiratoria, que lleva a la muerte en pocas horas, de no aplicar el tratamiento específico. Esto se produce cuando el nitrito se une a la hemoglobina formando metahemoglobina, impidiendo el transporte de oxígeno a los tejidos.

#### **4.4.1.16 Oxígeno Disuelto**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para el oxígeno disuelto de 3 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego del canal Guanguilquí - Porotog nos da una concentración de 6,98

mg/l. Se evidencia una excesiva cantidad de oxígeno disuelto en el agua debido a que la toma de muestra se realizó en invierno, donde su concentración es mayor. La cantidad de oxígeno disuelto no afecta directamente a los cultivos sino a los microorganismos vivos y plantas que habitan en la corriente del canal de riego. Una elevada concentración de oxígeno disuelto es un indicador de mejor calidad de agua, con lo se puede concluir que el exceso de oxígeno disuelto no supone un riesgo para los cultivos irrigados con esta agua ni los animales que la consumen.

Se debe tener en cuenta que el oxígeno disuelto en el agua, está presente como resultado de aireación y la fotosíntesis que realizan los microorganismos presentes en el agua. La velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto tienden a ser más críticos en los meses de verano, debido a que el caudal de los cursos de agua es generalmente menor, razón por la cual la cantidad total de oxígeno disponible es también menor, dado que evita la formación de olores desagradables en las aguas residuales, es deseable y conveniente disponer de cantidades suficientes de oxígeno disuelto.

#### **4.4.1.17 Potencial Hidrogeno (pH)**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para el pH entre 6 a 9, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el resultado de los análisis para el pH del agua de riego del canal Guanguilquí – Porotog nos da un valor de 8,06; el cual está dentro de los límites permisibles considerados para el agua de riego, con lo cual se determina que el agua tiene una ligera alcalinidad debido a que en esta agua existe una alta concentración de moléculas de minerales de carbono en suspensión por presencia de roca caliza.

Conocido que el valor del pH es apropiado en el flujo del riego, se establece que el pH en la concentración actual ayuda a prevenir reacciones químicas de fertilizantes, ya que un valor de pH elevado puede causar obstrucciones en los diferentes componentes de un sistema de fertirrigación debido a la formación de precipitados, un adecuado pH asegura una mejor asimilación de los diferentes micro nutrientes, especialmente fósforo entre otros. Además, se debe tener en cuenta que las aguas de riego con pH anormal pueden crear desequilibrios de nutrición o contener iones tóxicos que alterarían el crecimiento normal de los cultivos.

#### **4.4.1.18 Sodio**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 4, se establece una concentración permisible para el sodio de 3 meq/l, el resultado del análisis para agua de riego del Canal Guanguilquí - Porotog nos da una concentración de 5,9 mg/l que transformados a meq/l que son las unidades establecidas por la norma nos da un valor de 0,29 meq/l, con lo cual se determina que el agua de riego está dentro del límite permisible, considerándose como un parámetro aceptable para el sistema de riego y su concentración supone riego para los cultivos y animales que consumen esta agua, ya que según la norma no tiene ningún grado de restricción para esta concentración.

Se debe tener en cuenta que el sodio en concentraciones superiores a las permisibles puede ocasionar daños a los cultivos, afectando la permeabilidad del suelo y causar problemas de infiltración, puesto que el sodio cuando está presente en el suelo es intercambiable por otros iones. Además, el exceso de iones de sodio desplaza el calcio (Ca) y magnesio (Mg), provocando la dispersión y desagregación del suelo. Su toxicidad se manifiesta en la planta en forma de quemaduras en los bordes de las hojas y esto no permite el correcto desarrollo de la planta ocasionando la pérdida progresiva de los cultivos.

#### **4.4.1.19 Sólidos Totales Disueltos**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 4, se establece una concentración permisible para los sólidos totales disueltos de 450 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego del Canal Guanguilquí - Porotog nos da una concentración de 59,54 mg/l. Con lo cual se determina que el agua de riego se encuentra dentro de los límites permisibles, considerándose como un parámetro aceptable para el agua de riego y no supone riesgo para los cultivos y animales que consumen esta agua, ya que para esta concentración la norma no registra ningún grado de restricción.

Se debe tomar en cuenta que la muestra fue tomada en invierno, donde el valor de sólidos totales disueltos es considerable, debido al aumento del caudal, de modo que la mayor cantidad de partículas son arrastradas, lo que da a entender que en verano la concentración será menor que la actualmente registrada.

Por otra parte, el agua con concentraciones superiores a 5.000 mg/l de sólidos totales disueltos puede ocasionar la pérdida de peso del animal a causa de afecciones intestinales que ocasionan diarreas que si no son tratadas a tiempo pueden producir la muerte del animal.

#### **4.4.1.20 Sulfatos**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para los sulfatos de 250 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego del canal Guanguilquí - Porotog nos da una concentración de 9,29 mg/l, con lo cual se determina que el agua de riego se encuentra debajo de los límites permisibles, considerándose como un parámetro aceptable para el agua sistema de riego y no supone riesgo para los cultivos y animales que consumen esta agua.

Es importante tener en cuenta que los sulfatos en concentraciones altas no representan peligro para los cultivos, pero en concentraciones superiores a las tolerables, las hojas presentan quemaduras en los bordes. No obstante, las plantas regadas por goteo acumulan menos sulfatos en hojas que las regadas por el sistema tradicional. Los sulfatos limitan la absorción del calcio, sin embargo, facilitan la de sodio con los inconvenientes que ello representa como: crecimiento deficiente de los cultivos, deformación de las hojas, retraso en el crecimiento de raíces y daños a la fruta.

#### **4.4.1.21 Zinc**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 3, se establece una concentración permisible para el zinc de 2,0 mg/l, el resultado del análisis para agua de riego del canal Guanguilquí - Porotog da un resultado de concentración de 0,56 mg/l, con lo cual se determina que la concentración de zinc presente en el agua de riego se encuentra debajo de los límites establecidos, considerándose como un parámetro aceptable para el agua de sistema y no representa un riesgo para los cultivos y animales que consumen esta agua.

Se debe considerar que el zinc en altas concentraciones, reduce el crecimiento de la planta y provoca acumulaciones indeseables en los tejidos. De acuerdo a las investigaciones realizadas se reconoce que el zinc se acumula irreversiblemente en el suelo. Por ello, las aplicaciones de zinc en exceso de lo requerido por las plantas, eventualmente llegan a contaminar los suelos, los cuales pueden convertirse en suelos no productivos y producir la pérdida de las cosechas.

#### **4.4.2 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO AGRÍCOLA**

En base al análisis e interpretación de los resultados de cada uno de los parámetros establecidos para determinar la calidad del agua del sistema de riego Guanguilquí – Porotog. Se determina que la calidad general del agua es aceptable, ya que las concentraciones no sobrepasan lo establecido por el TULSMA en la tabla 3 y 4, a excepción del molibdeno y el oxígeno disuelto. Se debe mencionar que los parámetros que sobrepasan las concentraciones permisibles, no generan un impacto negativo en los cultivos irrigados con esta agua.

Razón por la cual, se establece que en el agua del sistema de riego es apta para el desarrollo y producción de cultivos. De manera particular en el sector Oroloma, área de estudio de la presente investigación, donde se pretende llevar a cabo el proyecto de producción y comercialización de leche de ganado vacuno (Empresa Oroleche). Además, teniendo en cuenta los parámetros de agua de riego analizados y comparándolos con los parámetros para uso pecuario, la calidad del agua es aceptable para el uso de abrevadero de animales. Estableciendo que la calidad del agua se encuentra en buen estado y cumple con los requerimientos para la producción de cultivos, la crianza y la producción de leche de ganado vacuno.

#### **4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DEL SECTOR OROLOMA**

La segunda parte de los análisis de los resultados corresponde al agua de consumo humano los cuales se determinaron de la siguiente manera.

Se analizaron los resultados de los análisis de los parámetros físico, químicos y biológicos, basado en el TULSMA Libro VI Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097 – A, referente a la Norma de Calidad Ambiental y de descarga de Efluentes del Recurso Agua Tabla 1, referente a los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, usados para la segunda muestra de agua, tomada en la propiedad Oroloma (Tanque de reserva).

En las Figuras 20 y 21 se muestran los informes de los resultados emitidos por el laboratorio L.A.S.A, para los análisis físicos químicos y biológicos para la muestra de agua de consumo humano del sector Oroloma. Por otra parte, en la Figura 22 se muestra un gráfico comparativo de las concentraciones permisibles con las concentraciones de los resultados de los análisis para cada parámetro para el agua de consumo humano del sector Oroloma.

**INFORME DE RESULTADOS**

INF.LASA-12-11-16-2267  
ORDEN DE TRABAJO No. 0029248-16

SOLICITADO POR : EDWIN SANTIAGO VILLAGOMEZ PÉREZ  
DIRECCIÓN : CAYAMBE  
TELÉFONO/FAX : 2363109  
TIPO DE MUESTRA: AGUA  
PROCEDECIA: CANAL ABIERTO - GUANGUILQUI  
IDENTIFICACIÓN: AGUA DE CONSUMO HUMANO PARROQUIA CANGAHUA -OROLOMA  
CÓD. DE MUESTRA: 14669-16

FECHA DE RECEPCIÓN: 27/10/2016  
FECHA DE ANÁLISIS: 27/10-12/11/2016  
FECHA DE ENTREGA: 12/11/2016  
NÚMERO DE MUESTRAS: UNA (1)  
MUESTREO POR: SOLICITANTE  
CÓDIGO: M2

**REPORTE DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO**

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	MUESTRA	<sup>1</sup> VALORES DE REFERENCIA NORMA INEN 1108 **	MÉTODO DE ENSAYO
1	ARSÉNICO	mg/l	<0,001	0,01	PEE-LASA-FQ-20c APHA 3114 C *
2	CADMIO	mg/l	<0,0005	0,003	Espectrofotometría con Horno de Grafito *
3	COBRE	mg/l	<0,25	2,0	PEE-LASA-FQ-20a APHA 3111 B
4	COLOR	Unidades de Color	20	15	APHA 2120 B *
5	CROMO VI	mg/l	<0,001	0,05	PEE-LASA-FQ-49 APHA 3500 - Cr B *
6	D.B.O5 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l	3,60	-	PEE-LASA-FQ-07 APHA 5210 B *
7	D.Q.O. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/l	9,33	-	PEE-LASA-FQ-04 APHA 5220 C *
8	FLUORUROS	mg/l	0,01	1,5	APHA 4500 F D *
9	HIERRO	mg/l	0,20	-	PEE-LASA-FQ-20a APHA 3111 B
10	N-NITRATOS	mg/l	0,30	50	PEE-LASA-FQ-23 APHA 4500 B
11	N-NITRITOS	mg/l	0,001	3,0	PEE-LASA-FQ-54 APHA 4500 NO2 *
12	pH	Unidades de pH	6,66	-	PEE-LASA-FQ-03 APHA 4500 H+ B
13	TURBIDEZ	F.T.U	10	5	APHA 2130 B *

LOS ENSAYOS MARCADOS CON \* ESTAN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACION DEL SAE  
<sup>1</sup> OPINIONES E INTERPRETACIONES ESTÁN FUERA DEL ALCANCE DE ACREDITACIÓN SAE



DR. MARCO GUIJARRO  
GERENTE DE LABORATORIO

LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio  
Las incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA  
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio  
\*\* Valores de referencia tomado de Norma INEN 1108:2014 Agua potable. Requisitos

Pág. 1 de 1

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012  
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815  
Celular: 099 9236 287 • e-mail: info@laboratoriolasa.com  
web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

**Figura 10.** Criterios de calidad y resultados de análisis físico, químicos para el agua de consumo humano del sector Oroloma.

**INFORME DE RESULTADOS**

INF. LASA 08/11/2016- 9026  
ORDEN DE TRABAJO No. 29248-16

**SOLICITADO POR:** EDWIN SANTIAGO VILLAGÓMEZ PÉREZ  
**DIRECCIÓN:** CAYAMBE  
**TELÉFONO:** 2363109  
**TIPO DE MUESTRA:** AGUA  
**PROCEDENCIA:** CANAL ABIERTO GUANGUILQUI  
**IDENTIFICACIÓN:** AGUA DE CONSUMO HUMANO  
PARROQUIA CANGAGUA-ORO LOMA  
**CÓD. DE MUESTRA:** 14669-16

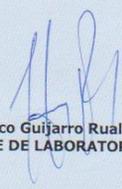
**FECHA RECEPCIÓN:** 27/10/2016  
**FECHA DE ANÁLISIS:** 27 al 31/10/2016  
**FECHA DE ENTREGA:** 08/11/2016  
**NUMERO DE MUESTRA:** UNA (1)  
**MUESTREO POR:** SOLICITANTE

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

<i>PARÁMETROS</i>	<i>UNIDADES</i>	<i>RESULTADO DE ENSAYO</i>	<i>**VALORES DE REFERENCIA</i>	<i>MÉTODO DE ENSAYO</i>
COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	< 1.1	< 1.1	PEE/LASA/MB/27 APHA 9221 E

Requisitos sanitarios obtenidos de la Norma INEN 1108. Microbiología de agua potable.

**<sup>1</sup> INTERPRETACIÓN:** DE ACUERDO A LOS ENSAYOS ANALIZADOS LA MUESTRA REMITIDA CUMPLE CON LA NORMA INEN 1108 DE MICROBIOLOGÍA.



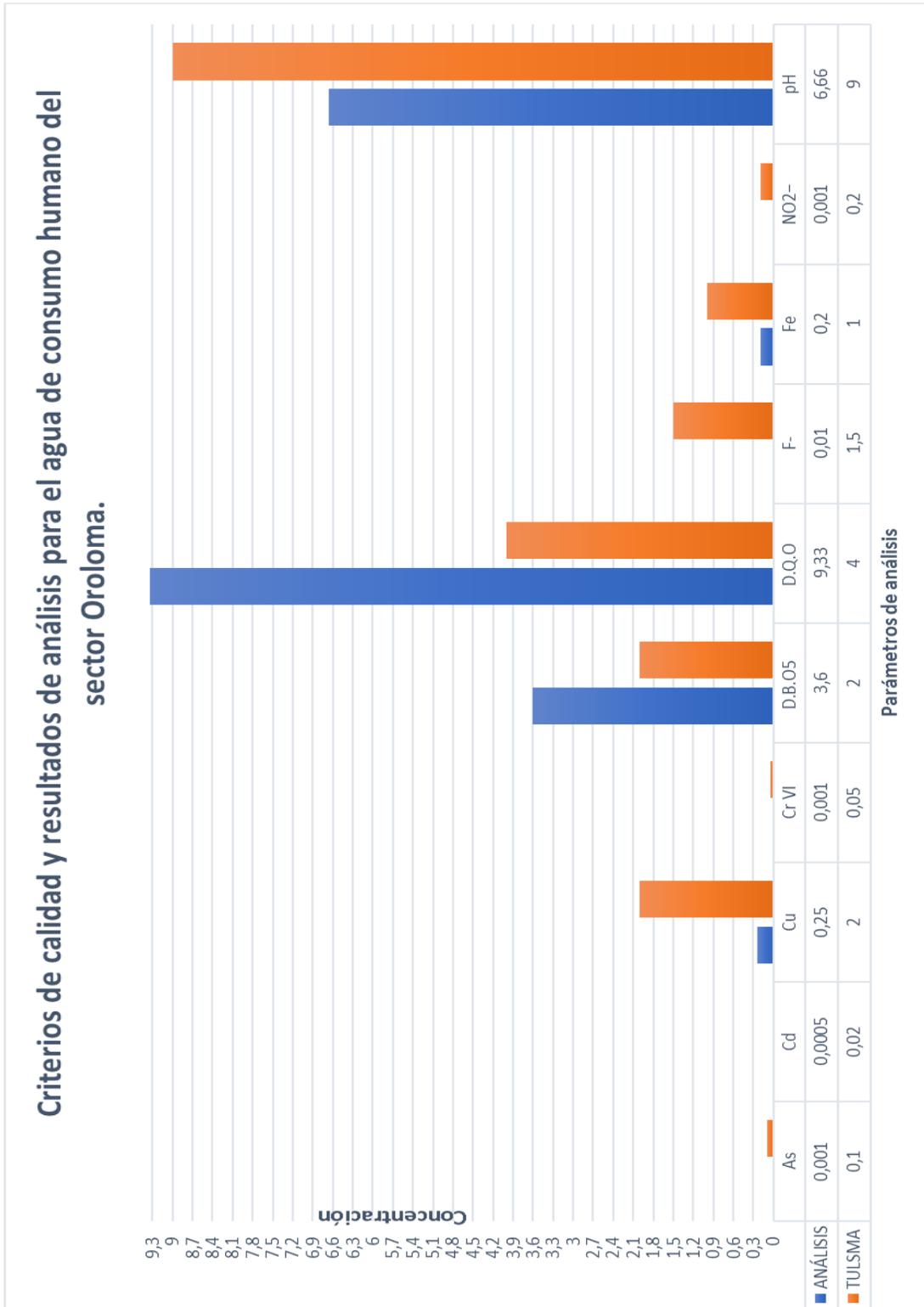
**Dr. Marco Guijarro Ruales**  
GERENTE DE LABORATORIO

LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio  
Las incertidumbres de los resultados para los ensayos se encuentran disponibles en los registros de Laboratorio LASA  
Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del Laboratorio  
<sup>1</sup> Opiniones e Interpretaciones están fuera del alcance de acreditación SAE

Pág. 1 de 1

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012  
Juan Ignacio Pareja OES-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287  
e-mail: info@laboratoriolasa.com • web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador

**Figura 21.** Criterios de calidad y resultados de análisis físico, químicos para el agua de consumo humano del sector Oroloma.



**Figura 22.** Comparación entre los criterios de calidad y resultados de análisis para el agua de consumo humano del sector Oroloma.

## **4.5.1 INTERPRETACION DE RESULTADOS DE LOS ANALIS DE AGUA CONSUMO HUMANO DEL SECTOR OROLOMA**

### **4.5.1.1 Arsénico**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para el arsénico de 0,01 mg/l, el resultado del análisis para agua de consumo humano nos da un valor <0,001 mg/l; con lo cual se establece que la cantidad de arsénico presente en el agua está dentro de los límites establecidos, por lo tanto, no constituye un peligro para la población usuaria del agua.

Se debe tomar en cuenta que el arsénico es un contaminante importante en el agua, ya que se ha demostrado que es causante de cáncer en varios órganos en el ser humano, de manera particular en la piel, la vejiga y los pulmones. Sin embargo, sus efectos adversos dependen de la cantidad, la vía exposición, el tiempo de exposición, hábitos, características personales y de la presencia de otras sustancias químicas presentes en el agua.

### **4.5.1.2 Cadmio**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para el cadmio de 0,003 mg/l, el resultado del análisis para agua de consumo humano del sector de Oroloma nos da una concentración de <0,0005 mg/l; con lo cual se denota que la cantidad de cadmio presente en el agua es insignificante en relación a la concentración permisible, por lo tanto, no constituye un peligro para la población usuaria del agua.

Se debe considerar que los niveles de cadmio en aguas de consumo humano son muy bajos, pero es preciso tener en cuenta que el cadmio en altas concentraciones afecta a la capacidad reproductiva, al desarrollo del feto y causa desórdenes del sistema nervioso. Además, se ha comprobado que el

cadmio tiene un efecto cancerígeno por inhalación, se acumula principalmente en los riñones y puede permanecer en el organismo por un periodo de 10 a 35 años. No obstante, no se ha demostrado que sea cancerígeno por vía oral.

#### **4.5.1.3 Cobre**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para el cobre de 2,0 mg/l, el resultado del análisis para agua de consumo humano del sector de Oroloma nos da una concentración <0,25 mg/l, con lo cual se determina que la concentración de cobre se encuentra dentro de los límites permisibles y no supone un riesgo para la salud las personas que consuman el agua. La baja concentración de cobre en el agua de consumo humano, se debe a que en la zona de estudio no se registran actividades industriales ni mineras, que son las que más contaminación producen al agua.

Se debe tener en cuenta que el cobre es un metal de alto interés en calidad de agua de consumo ya que es un metal esencial para el ser humano y puede tanto por deficiencia como por exceso, producir efectos perjudiciales en la salud. El carácter esencial del cobre deriva de su incorporación a un gran número de proteínas con fines catalíticos y estructurales.

Además, el exceso de cobre en agua de consumo humano puede ocasionar cambios en el agua como el color, el sabor, la bioacumulación y ocasionar problemas sobre la salud de las personas por trastornos gastrointestinales, como náuseas, seguidas de vómitos y diarrea.

#### **4.5.1.4 Color**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para el color de 75 unidades de Platino - Cobalto, el resultado del análisis para agua de consumo humano del sector de Oroloma nos da una

concentración de 20 unidades de Platino – Cobalto, con lo cual se determina que la concentración de color se encuentra debajo del límite permisible y no supone un riesgo para la salud las personas que consuman el agua. El agua de consumo humano en concentraciones superiores a 50 unidades de Platino – Cobalto puede resultar peligrosa para las personas ya que esto indicaría que el agua puede estar contaminada con iones metálicos como hierro, materia orgánica o desechos industriales.

Se debe considerar que el color real es el resultado que proporciona el análisis de una muestra una vez eliminada por centrifugación su turbiedad (material suspendido), por lo cual el color aparente es más alto que el color real. Además, la baja concentración de color real en el agua se debe a que el pH de la muestra analizada es de 6,66; y el aumento o disminución del color es proporcional a la del pH. Además, el color real es el resultado que proporciona el análisis una vez eliminado el material suspendido por lo cual el color aparente es más alto que el color verdadero.

#### **4.5.1.5 Cromo VI**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para el cromo VI de 0,05 mg/l, el resultado del análisis para agua de consumo humano del sector de Oroloma, nos da una concentración <0,001mg/l, con lo cual se determina que la concentración de cromo se encuentra dentro de los límites permisibles y no representa un riesgo para la salud las personas que consuman el agua.

La baja concentración de cobre en el agua de consumo humano se debe a que en el sector Oroloma no se registra presencia de cromita en grandes cantidades, además no existe actividad industrial de curtido de cuero, la cual aporta con la mayor concentración de cromo hexavalente presentes en el agua

de consumo. Se recomienda prestar atención a la concentración de cromo, ya que este elemento es considerado como un elemento tóxico para la salud humana, causando laceraciones en la piel y afectando gravemente al sistema respiratorio cuando este elemento es ingerido en concentraciones superiores a las permitidas.

#### **4.5.1.6 Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para el D.B.O5 <2 mg/l, el resultado del análisis para agua de consumo humano del sector de Oroloma nos da una concentración de 3,60 mg/l, con lo cual se determina que la concentración del D.B.O5 sobrepasa el límite permisible, pudiendo afectar a la salud de las personas que consumen esta agua, ya que esta concentración demuestra que existe un alto contenido de materia orgánica; con ello aumenta la proliferación de microorganismos, los cuales podrían ser patógenos y causar enfermedades principalmente gastrointestinales.

El DQO5 es considerado como un parámetro fundamental en la determinación de calidad de las aguas no potables. Teniendo en cuenta que la cantidad de DQO5 sobrepasa la concentración permisible, es necesario proporcionar un tratamiento al agua de consumo humano que reduzca las concentraciones de este parámetro hasta niveles por debajo de los 2 mg/l.

#### **4.5.1.7 Demanda Química de Oxígeno**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para el D.Q.O <4 mg/l, el resultado del análisis para agua de consumo humano del sector de Oroloma nos da una concentración de 9,33 mg/l. Determinándose que la concentración del D.Q.O excede el límite

permisible establecido, pudiendo resultar perjudicial para las personas que consumen esta agua.

El valor del D.Q.O siempre es superior a la del D.B.O5, en este caso triplica su valor, ya que este parámetro mide también la concentración de sustancias biodegradables y no biodegradables. Su alta concentración, puede estar relacionada a la existencia de grandes cantidades de sustancias inorgánicas como sales minerales, carbonatos, arcillas, etc. Por esta razón es preciso proporcionar un tipo de tratamiento al agua que disminuya los niveles de DQO en el agua hasta niveles permisibles.

#### **4.5.1.8 Fluoruros**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para los fluoruros de 1,5 mg/l, el resultado del análisis para agua de consumo humano del sector de Oroloma nos da una concentración de 0,01 mg/l. Determinándose que la concentración de fluoruros es menor que la concentración permisible establecida y no supone un riesgo para la salud humana.

El flúor en concentraciones adecuadas es beneficioso para el organismo de las personas que lo consumen, ya que este elemento ayuda a la dureza de los huesos y los dientes, también ayuda a la prevención de caries. En algunas plantas de tratamiento de aguas, los fluoruros son adicionados intencionalmente, se recomienda tener en cuenta que el flúor en concentraciones altas y durante tiempos prolongados de exposición, puede desencadenar en una fluorosis ósea incapacitante, la cual debilita la estructura ósea, pudiendo originar la fractura de los huesos.

#### **4.5.1.9 Hierro**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para el hierro de 1 mg/l, el resultado del análisis nos da un valor de 0,20 mg/l; dicha concentración se encuentra dentro de los parámetros permisibles por lo cual no representa un factor de riesgo para las personas que consumen esta agua.

El hierro en la concentración en la que se encuentra presente favorece a la nutrición humana principalmente en la formación de la hemoglobina, que transporta oxígeno hacia las células, siendo este un factor determinante en la salud de las personas. Además, bajas reservas de hierro en el organismo podrían generar anemia, fatiga y aumentar la susceptibilidad a infecciones. Por otra parte, el exceso de hierro no se asocia a la ingesta de agua de consumo humano ya que la concentración presente en el agua es muy baja para ser toxica.

#### **4.5.1.10 Nitritos Y Nitratos**

En la naturaleza los nitritos se pueden convertir en nitratos y viceversa. Su concentración en aguas superficiales las cuales son usadas para agua de consumo humano se debe a diferentes orígenes como la descomposición de materia orgánica por las bacterias del suelo, disolución de rocas y nitratos presentes efluentes residuales industriales. Por otro lado, la principal fuente de nitratos es la agricultura, donde se utilizan como componente de abonos y fertilizantes nitrogenados.

La presencia de nitratos y nitritos no es extraña, especialmente en aguas almacenadas en cisternas en comunidades rurales, como es el caso de la mayoría de viviendas en el sector de Oroloma.

#### **4.5.1.11 Nitratos**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para los nitratos de 50 mg/l, el resultado del análisis para el agua de consumo humano del sector Oroloma nos da una concentración de 0,30 mg/l, con lo cual se determina que el agua de consumo humano se encuentra por debajo del límite permisible, considerándose como un parámetro no peligroso para las personas beneficiarias del agua.

Se debe tener en cuenta que los nitratos presentes en el agua en concentraciones superiores a 10 mg/l representan un riesgo para niños menores de 6 meses ya que se puede desarrollar una enfermedad denominada metahemoglobinemia (síndrome del niño azul), la cual se produce por la reducción de nitratos a nitritos, los cuales ayudan a transformar la hemoglobina en metahemoglobina, en este estado el cuerpo es incapaz de transportar oxígeno haciendo que el niño afectado se torne de color azul por asfixia y muera si no es atendido a tiempo.

#### **4.5.1.12 Nitritos**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para los nitritos de 3 mg/l, el resultado del análisis para agua de consumo humano del sector Oroloma nos da una concentración de 0,001 mg/l, dicha concentración se encuentra por debajo límite permisible, considerándose como un parámetro no peligroso para las personas beneficiarias del agua.

Se debe tener en cuenta que la toxicidad por nitritos es más peligrosa que la de nitratos, anqué no se ha establecido un nivel de concentración sobre la cual sea nociva para la salud humana, pero en aguas naturales no se encuentran niveles superiores a 1 mg/l. Además, cuando se encuentra en concentraciones superiores a las establecidas se puede recurrir a la oxidación con cloro para

convertirlos en nitratos que son menos ofensivos que los nitritos y mitigar este problema.

#### **4.5.1.13 Potencial Hidrogeno (pH)**

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para el potencial hidrógeno de 6 a 9 unidades de pH, el resultado del análisis para agua de consumo humano del sector de Oroloma nos da una concentración de 6,66 unidades de pH. Determinándose que la concentración de pH se encuentra dentro de rango permisible establecido y no supone un riesgo para la salud humana.

Se debe tener en cuenta que el agua con un pH menor de 6,0 es considerada agresiva y corrosiva para los metales, pero no para el cuerpo humano, ya que la alta acidez o basicidad del agua de consumo humano no genera efectos adversos para el organismo, puesto que el cuerpo tiene mecanismos naturales que mantienen el pH entre el intervalo de 7,35 y 7,45 que es considerado como normal en la sangre. Además, teniendo en cuenta que el pH no afecta directamente a los consumidores, es uno de los parámetros más importantes a determinarse en la calidad del agua de consumo humano, ya que tiene relación con el comportamiento y reacción de otros parámetros.

#### **4.5.1.14 Turbidez**

La turbidez es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento de aguas, pudiendo indicar la existencia de problemas, sobre todo en la coagulación, sedimentación y en la filtración, haciendo que el tratamiento de aguas sea menos eficaz. Además, es considerado como una buena medida de la calidad del agua ya que es perceptible a simple vista y nos puede dar una idea inmediata del estado del agua.

Según el TULSMA Anexo VI Tabla 1, se establece una concentración permisible para la turbidez de 100 UNT, el resultado del análisis para agua de consumo humano del sector de Oroloma nos da una concentración de 10 UNT, con lo cual se determina que la turbidez presente en el agua se encuentra dentro de rango permisible establecido y no supone un riesgo para la salud humana.

No se ha establecido una concentración referencial para la turbidez basada en la afectación a la salud; pero altas concentraciones de partículas pueden proteger a los microorganismos de los procesos de tratamiento de aguas y estimular la proliferación de bacterias, causando enfermedades a las personas que consumen esta agua.

#### **4.5.2 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

En base al análisis e interpretación de los resultados de cada uno de los parámetros establecidos para determinar la calidad del agua de consumo humano. Se determina que la calidad general del agua es aceptable, ya que las concentraciones no sobrepasan lo establecido por el TULSMA en la tabla 1, a excepción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). A pesar del incumplimiento con la norma por parte de dichos parámetros, se considera que el agua se encuentra en condiciones adecuadas para ser dispuesta a al uso de la población beneficiaria. Es preciso señalar que estos parámetros pueden generar alteraciones negativas sobre quienes consuman y hagan uso de esta agua.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se precisa establecer un sistema de tratamiento de agua, el cual reduzca las concentraciones de los parámetros antes mencionados. De tal manera que el agua mejore su calidad haciéndola

aún más apta para el consumo humano que lo que se encuentra actualmente en la parroquia de Cangahua particularmente en el sector de Oroloma.

## **4.6 TRATAMIENTO DE AGUAS**

Una vez analizados e interpretados los resultados se determina que el agua de consumo humano del sector Oroloma necesita la aplicación de tratamiento para acondicionar y modificar las características indeseables, impurezas y agentes patógenos presentes en el agua, con la finalidad de proporcionar agua segura, agradable y aceptable a los consumidores; el requerimiento más importante es la disminución las concentraciones de DQO y DBO5.

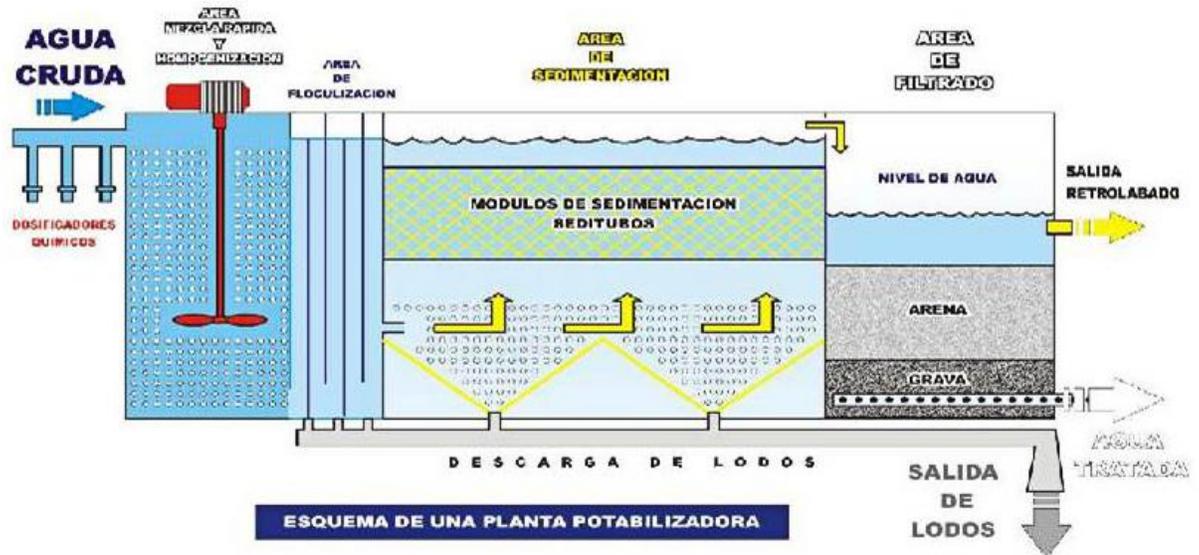
Es importante señalar que la organización COINCA es la encargada del manejo y distribución del agua en las comunidades de la parroquia Cangahua, las cuales se benefician de la fuente de agua de la laguna de Angascocha. La organización mencionada ya cuenta con una planta modular de tratamiento de aguas, la cual aún no entra en operaciones por falta de caudal, ya que la planta de tratamiento está construida para un caudal de 15 l/s y actualmente el caudal es menor a dicho valor. La creación de la planta de tratamiento tubo el asesoramiento del Municipio de Cayambe, el proyecto fue aprobado el 25 de octubre del 2016 y fue construida por la empresa INTAL, la cual es experta en tratamientos de agua potable y residual.

### **4.6.1 PLANTA MODULAR DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA ORGANIZACIÓN COINCA**

Una planta modular consiste en un sistema integrado de tratamientos en varias etapas que incluye todos los procesos requeridos para purificar el agua contaminada con sustancias orgánicas o partículas inorgánicas.

Para la implantación de la planta de tratamiento de la organización COINCA se realizaron pruebas de tratabilidad para establecer el diseño y las etapas de la misma. Esto permitió establecer de forma específica las características de tratamiento y las medidas de implementación con el fin de optimizar los resultados, así mismo permitió comprobar la eficiencia de tratamiento propuesto con pruebas de laboratorio antes de invertir en la ejecución del proyecto la cual es del 99% en condiciones óptimas de funcionamiento. En la Figura 23 se muestra un esquema de una planta modular de tratamiento de agua la está conformada por los siguientes componentes:

- Oxigenador
- Canaleta Parshall
- Dosificación de químicos
- Floculador
- Sedimentador
- Filtro
- Desinfección



**Figura 23.** Esquema de una planta modular de tratamiento de aguas.

## **4.7 PROPUESTA DE TRATAMIENTO DESINFECCIÓN DE AGUA DE CONSUMO HUMANO**

Teniendo en cuenta que la organización a cargo del agua de consumo humano cuenta con una planta de tratamiento de agua, la cual estará en funcionamiento en un corto plazo hasta que se regule el caudal actual del agua. Se determina conveniente proponer la aplicación de un tratamiento desinfectante de agua de manera provisional, el cual mejore significativamente su calidad.

Es preciso mencionar que el proceso de desinfección establecido solo reducirá ligeramente la concentración de DQO presente en el agua. La reducción de DBO5 y DQO hasta concentraciones permisibles tendrá lugar en la planta modular de tratamiento instalada.

### **4.7.1 CLORACION DE AGUA**

La cloración se constituye en el método de desinfección más aplicado en los sistemas de abastecimiento de agua, principalmente por su alta efectividad y su bajo costo en relación a otros procesos de desinfección como la ozonización y la radiación UV. Los productos de la familia del cloro que predominan en este proceso son: el cloro gaseoso, el hipoclorito cálcico y el hipoclorito sódico; siendo este último el más usado, por su disponibilidad y su costo.

El principal objetivo del proceso de cloración es destruir las bacterias, los virus y los gérmenes responsables de enfermedades como la disentería, las fiebres tifoideas y el cólera. No obstante, es incapaz de destruir ciertos microorganismos patógenos. La cloración, por tanto, desinfecta el agua, pero no la purifica por completo. También son importantes otros efectos secundarios como la oxidación del hierro, el manganeso y los sulfuros de hidrógeno, así

como la destrucción de algunos compuestos que producen olores y sabores impropios de un agua de calidad.

Es importante señalar que este método de desinfección del agua puede ser aplicado en grande, mediana y pequeña escala. Es decir, desde una planta de tratamiento de agua hasta la aplicación en los hogares de los usuarios.

#### **4.7.2 MECANISMO DE ACCIÓN DE LA CLORACIÓN**

La acción desinfectante del cloro se produce por su capacidad de traspasar la pared celular del patógeno y atacar su sistema enzimático, provocando la muerte del microorganismo.

Se ha determinado realizar la desinfección con hipoclorito de sodio líquido, debido a su alta efectividad en la desinfección de aguas y su rápida disolución al contacto con el agua, además de tener un bajo costo.

En el momento que el hipoclorito (NaOCl) entra en contacto con el agua, se genera ácido hipocloroso (HOCl) que actúan como agente desinfectante como resultado de la siguiente reacción.



#### **4.7.3 PARÁMETROS QUE DISMINUYEN LA EFECTIVIDAD DE LA DESINFECCIÓN CON CLORO**

Existen algunos parámetros de los cuales depende la eficiencia de la desinfección del agua, si estos parámetros se encuentran por sobre las concentraciones establecidas es recomendable proporcionar algún tipo de tratamiento previo a la desinfección.

#### **4.7.3.1 pH**

El pH es el parámetro con mayor influencia sobre la actividad biocida del cloro en la solución. Un aumento en el pH disminuye sustancialmente la actividad biocida del cloro, y una disminución del pH aumenta esa actividad en la misma proporción. Se debe considerar que el cloro disminuye el pH del agua a causa de los iones hidrógeno que se producen en las reacciones con el agua.

En la práctica se obtiene un mayor rendimiento en concentraciones de pH entre 6 y 7. El pH del agua de consumo humano del sector Oroloma tiene es de 6,66. El pH se encuentra dentro del rango establecido, por lo cual se espera obtener una efectividad entre el 90 y 95 % en el tratamiento de desinfección.

#### **4.7.3.2 Turbiedad**

La efectividad bactericida del cloro disminuye en presencia de aguas turbias. Esto se debe a que el microorganismo puede cubrirse al encapsularse entre las partículas de material suspendido, evitando así el contacto directo con el agente bactericida, sobreviviendo a su acción. No se ha establecido una concentración sobre la cual la eficacia del cloro disminuya.

La concentración actual para la turbidez del agua del sector de Oroloma es de 10 F.T.U, un valor bastante bajo en base a los límites permisibles que es de F.T.U, lo que determina que este parámetro no supondría un problema para la desinfección del agua.

#### **4.7.3.3 Temperatura**

La temperatura es considerada un factor de importancia en la efectividad germicida del cloro, la cual se incrementa a temperaturas más altas, ya que el aumento de la temperatura produce un aumento de la velocidad de las

reacciones y por ende en la desinfección, aunque en realidad una temperatura demasiado alta reduce la eficacia de la desinfección, porque puede provocar la volatilización del cloro.

La temperatura ambiental media en el sector de Oroloma está entre 10 y 12 °C, a esta temperatura se produciría una disminución en la velocidad de la reacción, pero la efectividad del cloro no se vería afectada.

#### 4.7.3.4 Tiempo de contacto

El tiempo de contacto juega un papel preponderante en el mecanismo de desinfección del cloro. El cual mientras mayor sea el tiempo de contacto del cloro y los microorganismos mayor es la efectividad del desinfectante. Normalmente, después de un tiempo de actuación del cloro de 30 minutos, el agua pasa a apta para el consumo humano. Debido al efecto remanente del cloro, continúa siéndolo durante horas o días (en función de las condiciones de almacenamiento).

La Tabla 9 muestra los efectos del cloro a una concentración de 0.5 mg/l sobre los principales microorganismos patógenos. Esta dosis de cloro es letal para la mayoría de los microorganismos cuando el tiempo de contacto es tan solo de pocos minutos.

**Tabla 9.** Efecto del cloro sobre los principales microorganismos causantes de enfermedades que están presentes en el agua.

Tiempo de contacto requerido para inactivación de los siguientes microorganismos a una concentración de cloro de 0,5 mg/l.	
BACTERIA	ENFERMEDAD: TIEMPO DE CONTACTO
Escherichia Coli	Cistitis del tracto urinario: 50 segundos
Salmonela Tifosa P-4	Fiebre Tifoidea/Gastroenteritis: 60 segundos
Salmonela Paratifo P-2	Fiebre Paratifoidea: 1 minuto

**Tabla 9.** Efecto del cloro sobre los principales microorganismos causantes de enfermedades que están presentes en el agua. Continuación.

Shigella Dysenteriae	Disentería/Ulceras intestinales: 2 minutos
Estreptococos Fecalis E-40	Puede ser patógena: 2 minutos
Estafilococos Aureus	Septicemia/Abscesos Cerebrales/Enteritis minuto
Polivirus Tipo 1	Polio: 9 minutos
Entamoeba Histolitica	Disentería Aguda: 30 minutos

Los microorganismos que forman esporas y quistes son muy resistentes al cloro y requieren de mayor tiempo de contacto y/o mayores dosis de cloro a una temperatura determinada a un pH específico.

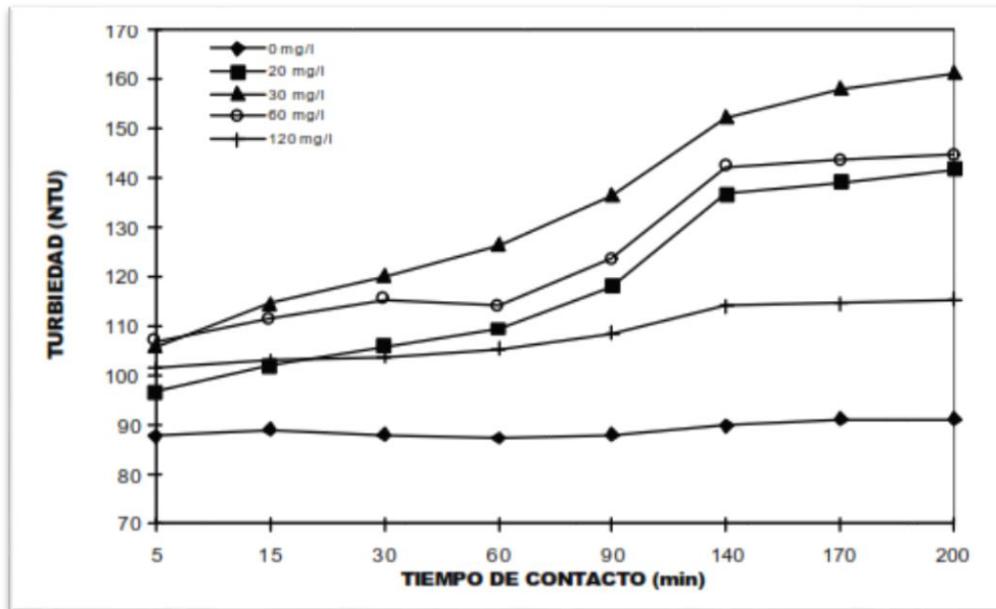
#### **4.7.4 EFECTO DEL CLORO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA**

##### **4.7.4.1 pH y Conductividad**

Tanto el pH como la conductividad del agua no sufren variaciones significativas en sus concentraciones, aún con dosis altas de desinfectante. Aunque, por efecto la adición de hipoclorito de sodio al agua se genera ácido hipocloroso, esto incrementa levemente el nivel de pH general del agua. Por su parte el incremento en la conductividad por la adición de hipoclorito de sodio resulta despreciable.

##### **4.7.4.2 Turbiedad**

La turbiedad es el parámetro más afectado en la desinfección del agua residual con hipoclorito de sodio como se observa en la Figura 24. Su incremento no se da solo en función de la dosis de desinfectante sino además en función del tiempo de contacto.

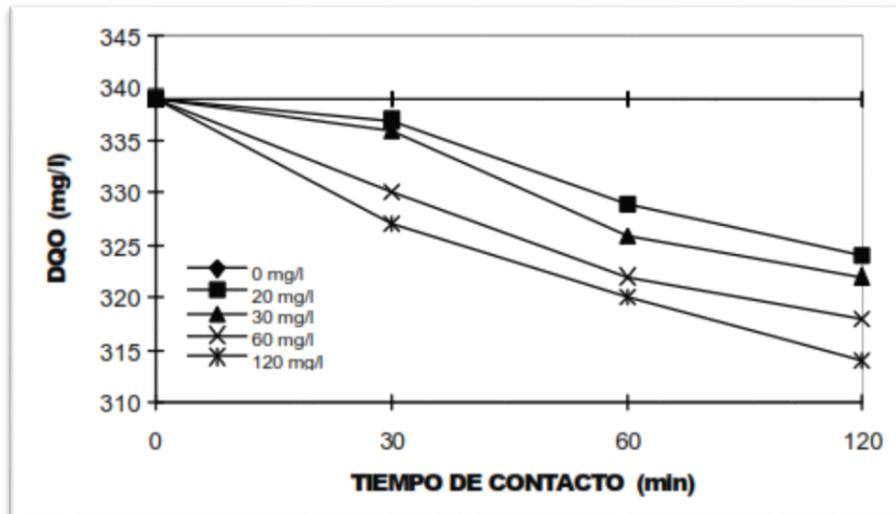


**Figura 24.** Efecto del desinfectante a distintas dosis a diferentes tiempos de contacto sobre la turbiedad del agua.

Se evidencia un aumento considerable de la turbiedad para todas las dosis de cloro aplicada a este tipo de agua después de los 30 minutos de contacto. El incremento de la turbiedad no sigue un patrón establecido, su desarrollo depende de la carga orgánica presente en el agua junto con las demás sustancias que estén reaccionando con el cloro, dando como resultado el esparcimiento de partículas en suspensión y por ende incremento en la turbiedad, como apreciamos en la Figura 24.

#### 4.7.4.3 Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno es una forma indirecta de estimar la materia orgánica total presente en el agua, la cual es susceptible a oxidarse químicamente, al añadir un oxidante como el NaOCl debe esperarse una disminución en la concentración de este parámetro como se observa en la Figura 25.



**Figura 25.** Efecto del desinfectante sobre la demanda química de oxígeno.

Las variaciones en la DQO por efecto del cloro, se producen en función de la dosis y tiempo de reacción. La reducción de DQO no es muy significativa y oscila entre el 4 y 8%, ya que este tratamiento no se aplica principalmente para la reducción de este parámetro.

#### 4.7.5 DOSIFICACIÓN

La cantidad de cloro que es necesario aplicar es la suma de la demanda de cloro del agua a tratar y del cloro residual que debe quedar tras la desinfección. En base a la norma INEN 1108 que se refiere a las especificaciones para el agua potable en la cual se establece una concentración de cloro residual de 0,3 a 1,5 mg/l.

##### 4.7.5.1 Preparación de las soluciones de los productos

El cálculo para determinar la cantidad adecuada de hipoclorito de sodio necesario para desinfectar el agua está dado por la siguiente formula (1).

$$v = \frac{V * D}{C * 10} \quad [1]$$

**Donde:**

**v**= volumen de solución de hipoclorito requerido en mililitros

**V**= volumen de agua a desinfectar en litros

**D**= dosis a lograrse en mg/litro

**C**= concentración % de cloro disponible en la solución de hipoclorito

**10**= valor constante

A continuación, se determinará la cantidad de hipoclorito de sodio a una concentración del 5% necesario para desinfectar 54000 litros de agua del sector Oroloma, cantidad de agua recolectada en 1 hora, ya que tiene un caudal de 15 l/s. Para la presente investigación se establece una concentración de cloro libre residual de 1 mg/l.

$$v = \frac{54000 \text{ l} * 1 \text{ mg/l}}{5 \% * 10} = 1.080 \text{ ml}$$

El resultado de cálculo nos indica que se requiere añadir 1,08 litros de hipoclorito de sodio al 5% para desinfectar 54000 litros de agua.

Una vez añadida la concentración de hipoclorito de sodio requerida es necesario dejar reposar el agua por 30 minutos, para que el cloro actúe y elimine las bacterias presentes.

#### **4.7.6 CLORACION DOMÉSTICA DEL AGUA**

El proceso de cloración es posible realizarlo a pequeña escala, es decir a nivel domiciliario. En vista de que el sector de Oroloma ya cuenta con una planta de tratamiento (próxima a inaugurarse), se establece un método domestico de desinfección del agua en el caso que de hacerse posible la desinfección a gran escala.

En la Tabla 10 se muestra la cantidad de cloro al 5% a aplicar en base a la cantidad de agua a ser desinfectada.

**Tabla 10.** Cantidad de cloro a añadirse en base a la cantidad de agua a desinfectarse.

<b>Volumen de Agua a desinfectar</b>	<b>Cantidad de Cloro Líquido a agregar en tiempo normal</b>	<b>Cantidad de Cloro Líquido a agregar en emergencia</b>
1 litro	1 gota	1 gota
2 litros	1 gota	1 gota
1 galón	1 gota	3 gotas
5 litros	2 gotas	4 gotas
10 litros	4 gotas	8 gotas
20 litros (5 Galones)	8 gotas	16 gotas
100 litros (25 Galones)	40 gotas	4 mililitros (% tapita)
200 litros (50 Galones)	4 mililitros	8 mililitros (1 tapita)
1000 litros (250 Galones)	20 mililitros	40 mililitros (5 tapitas)

## **4.8 CALIDAD DEL AGUA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LECHE DE GANADO VACUNO EN EL SECTOR OROLOMA**

### **4.8.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto de producción y comercialización de leche de ganado vacuno se desarrollará en el sector denominado Oroloma, el mismo que se localiza en las inmediaciones de la población de Cangahua, a 11,5 Km al sur de la ciudad de Cayambe y a una altitud de 3200 msnm.

El presente proyecto prevé desarrollar un proceso de producción de leche cruda de ganado vacuno de calidad, el mismo que cubrirá un importante segmento de la demanda insatisfecha de leche en el mercado existente (toda la región del cantón Cayambe). Para ello se creó la Compañía Oroleche Cía. Ltda., que utilizará un predio rústico de aproximadamente 40 hectáreas con excelentes condiciones físico-geográficas para potenciar el desarrollo de un proyecto

agropecuario de tales características. En las figuras 26 y 27 se muestra una imagen del sector donde se realizará el presente proyecto.



**Figura 26.** Predios del sector Oroloma.



**Figura 27.** Terreno Oroloma.

La Compañía Oroleche Cía. Ltda., pretende cumplir con todas las normas de calidad y sanitarias establecidas para la producción de leche cruda de ganado vacuno. Un factor determinante en la calidad del producto final es contar con un

agua de óptimas características físicas, químicas y biológicas las cuales garanticen el correcto desarrollo de cultivos y ganado vacuno.

Una vez interpretados los resultados de los análisis del agua de riego agrícola, la cual se destinará a la irrigación de pasto y para abrevadero para ganado vacuno. Se establece el agua se encuentra en condiciones aceptables para el correcto desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias previstas en el proyecto. En vista de que el agua cumple con 20 de los 22 parámetros analizados, lo cual corresponde al 91%. Los dos parámetros que incumplen con la norma son el molibdeno y el oxígeno disuelto. Los cuales no suponen un peligro para el desarrollo de las actividades previstas en el proyecto, como se detalla en los resultados (ver interpretación de resultados).

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES GENERALES**

- En base al estudio de campo y revisión bibliográfica se determinó los parámetros de calidad del agua más representativos establecidos en el (TULSMA, 2015), para el agua de consumo humano y de riego agrícola, en el sector Oroloma.
- Mediante una visita de campo se determinó los puntos de muestreo para la realización de los análisis físicos, químicos y biológicos del agua de consumo humano y riego agrícola en el sector Oroloma.
- Es importante señalar que los valores obtenidos como resultado de los análisis de agua tanto de consumo humano como de riego agrícola en el sector Oroloma, no se las debe considerar como representativas para toda la parroquia de Cangagua y sus comunidades, ya que las muestras fueron tomadas puntualmente, pues no se realizó un monitoreo continuo y periódico de los parámetros de calidad del agua; sin embargo el análisis realizado en la presente investigación ha identificado que el agua de consumo humano y riego agrícola se encuentran en buen estado.

### **5.2 CONCLUSIONES ESPECIFICAS**

#### **5.2.1 AGUA DE CONSUMO HUMANO**

- Mediante el análisis e interpretación de los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos, se pudo determinar que el agua de consumo humano cumple con 13 de los 15 parámetros analizados, lo que

corresponde al 85,7%. Estableciéndose que el agua no se encuentra en estado óptimo de calidad, razón por la cual no es apta para el consumo de la población por su alta concentración de DQO y DBO5.

- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) del agua de consumo humano del sector Oroloma presenta una concentración que excede en un 80% los límites establecidos en la normativa vigente, su elevada concentración presume la presencia materia orgánica biodegradable y con ello la proliferación de microorganismos patógenos (bacterias, virus, protozoos) pudiendo ser la causante de varias enfermedades como el cólera, la gastroenteritis, diversas hepatitis, disentería, etc.
- La demanda química de oxígeno (DQO) del agua de consumo humano del sector Oroloma presenta una concentración que excede en un 130% los límites establecidos en la normativa vigente, su elevada concentración se debe a la presencia de materia orgánica biodegradable y no biodegradable, lo que puede ser la causante para una serie de enfermedades al igual que en el caso de la demanda bioquímica de oxígeno.
- El deterioro de la calidad del agua de consumo humano implica el deterioro de la salud y la calidad de vida de las personas beneficiarias del agua de la organización COINCA.
- Teniendo en cuenta el mal estado del agua de consumo humano se estableció un tratamiento provisional de cloración del agua, la cual se puede aplicar a nivel doméstico o a gran escala, con esto se pretende mejorar la calidad del agua de consumo humano en la zona de estudio.

### 5.2.2 AGUA DE RIEGO AGRÍCOLA

- Mediante el análisis e interpretación de los resultados de los parámetros físicos, químicos y biológicos, se pudo determinar que el agua del sistema de riego Guanguilquí - Porotog cumple con 20 de los 22 parámetros analizados, lo que corresponde al 90,90%. Estableciéndose que el agua se encuentra en buen estado para el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias de los sectores beneficiarios de esta agua, ya que los parámetros que incumplen la norma como son el molibdeno y el oxígeno disuelto no suponen un riesgo para el desarrollo de dichas actividades.
- El molibdeno presente en el agua del sistema de riego Guanguilquí – Porotog presenta una concentración de 0,14 mg/l la cual sobrepasa el límite permisible que es de 0,01 mg/l. Se debe considerar que los cultivos se desarrollan normalmente en concentraciones de hasta 2,0 mg/l; por su parte los animales toleran concentraciones de hasta 5 mg/l. Teniendo en cuenta lo antes mencionado se establece que el molibdeno presente en el agua de riego no representa un factor de riesgo para el normal desarrollo de las actividades agrícolas y pecuarias que se desarrollan en la zona de estudio.
- El oxígeno disuelto presente en el agua del sistema de riego Guanguilquí – Porotog presenta una concentración de 6,98 mg/l, la cual sobrepasa el límite permisible que es de 3 mg/l; la excesiva concentración de oxígeno disuelto no representa un riesgo para los cultivos irrigados ni animales que consumen esta agua, debido a que su déficit o exceso solo es perjudicial para plantas acuáticas y microorganismos presentes en el cauce del agua.
- Se concluye que el agua de riego agrícola no necesita ningún tipo de tratamiento gracias al buen estado de la misma y a los procesos naturales de depuración de causas que son potenciados por el relieve de la zona de

estudio y facilita el proceso de oxigenación, lo cual permite que la calidad del agua mejore notablemente especialmente en invierno, donde el agua tiende a oxigenarse mayormente.

- Se determinó que el proyecto de producción y comercialización de leche cruda de ganado vacuno en el sector Oroloma, no presentará inconvenientes por parte del recurso hídrico, en vista de que el agua de riego agrícola destinado a la irrigación de cultivos y al abrevadero de ganado vacuno se encuentra en buen estado.

### 5.3 RECOMENDACIONES

- Se deberían realizar más estudios acerca de la calidad del agua del sistema de riego Guanquilqui – Porotog, ya que la calidad del agua varia en las diferentes parroquias rurales del cantón Cayambe que son beneficiarias como: Cangahua, Otón, Cusubamba y Ascazubi, para así tener un diagnostico global de estado del agua.
- Los estudios de calidad del agua no se deberían realizar en base al Índice de Calidad del Agua (ICA) que se basa tan sólo en nueve parámetros para determinar la calidad del agua, se recomienda realizar los análisis de acuerdo a la normativa ecuatoriana vigente (TULSMA, 2015) ya que tiene mayor número de parámetros a analizar y determina la calidad del agua según su uso específico.
- Realizar una campaña de monitoreo continuo del agua del sistema de riego Guanquilqui – Porotog, para tener una visión más clara y amplia acerca de la contaminación en la zona de estudio y dar seguimiento a acciones de conservación y protección del agua.
- Concientizar a las personas que realizan actividades agrícolas y ganaderas dentro del área de estudio, quienes tienen influencia directa en la calidad de la fuente hídrica.
- Es necesario tener mayor control de las diferentes actividades antropogénicas realizadas en la zona de estudio, teniendo en cuenta que el agua es necesaria para el desarrollo económico social y ambiental del sector.
- Es primordial que la planta de tratamiento de agua de consumo humano ya construida entre en funcionamiento en el menor tiempo posible, ya que la

calidad de agua proporcionada a la población no se encuentra en condiciones óptimas de calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acero, J. (2014). Identificación Geoespacial, organizativa y agropecuaria del canal de riego Guanguilquí (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- APHA. 2005. Standard Methods for the examination of water and wastewaters, 21 th edition, American Public Health Association, Washington.
- Asamblea Nacional. (2008). Constitución de la República del Ecuador, Publicada en el Registro Oficial No. 449. República del Ecuador.
- Asamblea Nacional. (2014). LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, Segundo Suplemento - Registro Oficial N° 305. Quito, República del Ecuador.
- Bonifaz, D. (2014-2019). Plan de Trabajo a la Candidatura a la Junta Parroquial de Cangahua. Obtenido de <http://diego.bonifaz.ec/wp-content/uploads/2014/01/Plan-de-trabajo-alcalde.pdf>
- CEPAL. (2012). Diagnóstico de la Estadística del Agua en Ecuador. Obtenido de <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>
- Contreras, K. (2008). El agua un recurso para preservar. Universidad de los Andes. Merida.

Domínguez, O. (2008). Estándares de Calidad Ambiental de Agua. Obtenido de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%203.pdf)

Galárraga, R. (2000). Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en el Ecuador. Obtenido de <http://www.cepal.org/drni/proyectos/samtac/inec00100.pdf>

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cangahua 2012 - 2025. (2012). Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Cangahua.

Gómez, R. (2011). Estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. Recuperado el 05 de enero del 2017, de [http://servbiob.inf.um.es/eac/LECCION\\_01/PRESENTACION\\_LECCION\\_01.pdf](http://servbiob.inf.um.es/eac/LECCION_01/PRESENTACION_LECCION_01.pdf)

Hernández, E. (2005). H2O El elixir de vida. Recuperado el 10 de diciembre del 2016, de <http://www.elementalwatson.com.ar/Revista%201%20N%201b.pdf>

IEDECA. (2016), Información verbal sobre el uso de la Acequia Guanguilquí-Porotog; Cayambe, Ecuador.

León, M. (2014). Diagnóstico de la Calidad del Agua de la microcuenca del río Congüime y diseño de una propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (ICA Brown) en la provincia de Zamora Chinchipe cantón Paquisha (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

Mejía, M. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Guías para la calidad del agua potable. (2006). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)

Pérez, G., Rosales, M., Valdez, R., Vargas, F., y Córdova, O. (2008). Detección de Parásitos Intestinales en Agua y Alimentos de Trujillo, Perú. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública. 1-5.

Reascos, B. (2010). Evaluación de la Calidad del Agua para el Consumo Humano de las comunidades del Cantón Cotacachi y Propuesta de medidas correctivas. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

Román, M. d. (2010,). Instructivo de procesamiento de información hidrometeorológica (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.

Secretaria Nacional del Agua. (2016). Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. Ecuador.

Sierra, C. (2011). Calidad del Agua. Evaluación y diagnóstico. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

TULSMA. (2015). Norma de Calidad Ambiental y Descargas de Efluentes Libro VI. En Anexo 1 Tabla 1 y 3. Ministerio del Ambiente.

Vallejo, S. (2011). La gestión del agua como bien público. Quito Ecuador: Ediciones Abya Ayala.

Villa, A. (2011). Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del rio Yacumbí. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación. Universidad de Cádiz. España.