

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**ELABORACIÓN DE PROPUESTAS CORRECTIVAS AL SISTEMA
DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA PARROQUIA DE
GUALEA MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL
AGUA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

GIULIANA CAROLINA VACA MUESES

giuly_vaca1@hotmail.com

DIRECTOR: ING. LUIS ANGEL JARAMILLO SÁNCHEZ.

luis.jaramillo@epn.edu.ec

Quito D.M., mayo 2016

DECLARACIÓN

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

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y normatividad institucional vigente.

GIULIANA VACA MUESES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Giuliana Carolina Vaca Mueses, bajo mi supervisión.

Ing. Luis Ángel Jaramillo Sánchez
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por la salud, por la familia, por los amigos, por la educación, por las metas y sueños, por los logros y fracasos, pues todo ello hace de la vida, digna de ser vivida.

Gracias a mis padres por brindarme amor, estabilidad, apoyo, comprensión y por esforzarse día a día para que pueda cumplir mis metas.

A Cris y Pao, que han sido parte fundamental de mi vida, con sus ocurrencias y su apoyo incondicional, por no solo ser cómplices, sino también amigas.

Gracias a mis tíos por sus consejos, por su tiempo y su paciencia, por sus consejos, por todos esos buenos momentos y por ayudarme en el cumplimiento de mis metas y sueños.

A Danny y Vero porque no importa lo poco que podamos vernos, siempre nuestra amistad es la misma.

Gracias a mis amigos por habernos encontrado en esta etapa, creando amistad a partir de todos los momentos vividos, una amistad que durará por siempre.

Al Ing. Luis Jaramillo, director de este proyecto por su disposición de ayuda, sus consejos y las divertidas charlas.

A Jonathan Arteaga por ayudarme a realizar este proyecto y apoyarme en cada momento.

A Daniela y al Ing. Christian Ramos por ayudarme en el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

A todas las personas que han formado parte de mi vida en algún momento y han contribuido a convertirme en la persona que soy ahora.

Dedico este trabajo a mis padres porque gracias a su esfuerzo y apoyo he llegado a cumplir esta meta.

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES..... | 16 |
| 1.1. INTRODUCCIÓN | 16 |
| 1.2. OBJETIVOS | 19 |
| 1.2.1. OBJETIVO GENERAL..... | 19 |
| 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 19 |
| 1.3. ALCANCE | 19 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN | 20 |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO..... | 21 |
| 2.1 SISTEMAS DE AGUA POTABLE..... | 21 |
| 2.1.1 CAPTACIÓN..... | 21 |
| 2.1.2. CONDUCCIÓN..... | 22 |
| 2.1.3 TRATAMIENTO..... | 22 |
| 2.1.3.1 Coagulación..... | 22 |
| 2.1.3.2 Floculación | 23 |
| 2.1.3.3 Sedimentación | 23 |
| 2.1.3.4 Filtración | 24 |
| 2.1.3.5 Desinfección | 24 |
| 2.1.4 ALMACENAMIENTO..... | 27 |
| 2.1.5 RED DE DISTRIBUCIÓN | 27 |
| 2.2 CALIDAD DEL AGUA..... | 27 |
| 2.2.1 PARÁMETROS | 28 |
| 2.2.1.1 Potencial Hidrógeno (pH) | 29 |
| 2.2.1.2 Turbiedad | 29 |
| 2.2.1.3 Temperatura | 29 |
| 2.2.1.4 Color | 29 |
| 2.2.1.5 Oxígeno disuelto..... | 30 |
| 2.2.1.6 Sólidos totales | 30 |
| 2.2.1.7 Nitratos | 30 |
| 2.2.1.8 Conductividad..... | 31 |
| 2.2.1.9 Cloro libre residual..... | 31 |
| 2.2.1.10 Coliformes fecales | 32 |
| 2.2.1.11 Pesticidas | 32 |
| 2.3 NORMATIVA DEL AGUA EN EL ECUADOR..... | 33 |
| 2.3.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008 | 33 |

| | | |
|---|---|----|
| 2.3.2 | INSTRUMENTOS INTERNACIONALES..... | 34 |
| 2.3.3 | LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS | 35 |
| 2.3.4 | TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA PARA EL MEDIO AMBIENTE (TULSMA)..... | 37 |
| 2.3.5 | NORMA TÉCNICA INEN 1108:2010 PARA AGUA POTABLE..... | 39 |
| 2.4 | GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS | 39 |
| CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA..... | | 42 |
| 3.1 | UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 42 |
| 3.2 | HIDROLOGÍA..... | 42 |
| 3.2.1 | RÍO CHIRAPI..... | 45 |
| 3.2.2 | RÍO GUAYLLABAMBA | 45 |
| 3.2.3 | RÍO SAN CARLOS | 46 |
| 3.3 | RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN | 48 |
| 3.4 | PROGRAMA DE MONITOREO | 48 |
| 3.4.1 | PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA | 49 |
| 3.4.1.1 | Puntos de toma de muestra y medición de caudales | 50 |
| 3.4.1.2 | Determinación de los parámetros a evaluarse..... | 51 |
| 3.4.1.3 | Materiales y técnicas de medición de caudales | 55 |
| 3.4.1.4 | Materiales y técnicas de muestreo..... | 56 |
| 3.4.1.5 | Medición de parámetros in situ. | 57 |
| 3.4.1.6 | Conservación y transporte de muestras..... | 58 |
| 3.4.1.7 | Análisis de parámetros en laboratorio..... | 59 |
| 3.5 | ASPECTOS POBLACIONALES | 59 |
| 3.5.1 | ENCUESTAS SOCIOECONÓMICAS | 59 |
| 3.5.1.1 | Cálculo del tamaño de la muestra poblacional | 59 |
| 3.5.1.2 | Llenado de encuestas | 61 |
| 3.5.1.3 | Tratamiento de datos..... | 62 |
| 3.5.2 | PROYECCIÓN POBLACIONAL..... | 62 |
| CAPÍTULO 4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | | 64 |
| 4.1 | ASPECTOS FÍSICOS | 64 |
| 4.1.1 | USOS DEL SUELO | 64 |
| 4.1.1.1 | Áreas de conservación en Gualea | 66 |
| 4.2 | ASPECTOS BIÓTICOS | 68 |
| 4.3 | ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS | 68 |
| 4.3.1 | NÚMERO DE HABITANTES..... | 69 |
| 4.3.2 | DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA PARROQUIA..... | 69 |
| 4.3.3 | POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA..... | 70 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4.3.4 | ACTIVIDADES PRINCIPALES QUE REALIZA LA POBLACIÓN | 71 |
| 4.3.4.1 | Actividades extractivas en la parroquia: Minería..... | 72 |
| 4.3.5 | ACCESO A SERVICIOS | 73 |
| 4.3.5.1 | Vivienda..... | 74 |
| 4.3.5.2 | Educación..... | 76 |
| 4.3.5.3 | Migración | 77 |
| 4.3.5.4 | Electricidad | 77 |
| 4.3.5.5 | Agua potable | 78 |
| 4.3.5.6 | Alcantarillado | 80 |
| 4.3.5.7 | Recolección de basura | 82 |
| 4.4 | DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO | 82 |
| 4.4.1 | DESCRIPCIÓN DE LA CAPTACIÓN | 85 |
| 4.4.1.1 | Vertiente El Carmen y Los Motilones | 85 |
| 4.4.1.2 | Vertiente Las Guaduas..... | 86 |
| 4.4.1.3 | Vertiente La Chelita | 87 |
| 4.4.1.4 | Vertiente Las Islas | 88 |
| 4.4.1.5 | Captación Río San Carlos..... | 89 |
| 4.4.2 | DESCRIPCIÓN DE LA CONDUCCIÓN | 89 |
| 4.4.3 | DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO..... | 91 |
| 4.4.4 | DESCRIPCIÓN DEL ALMACENAMIENTO..... | 91 |
| 4.4.5 | DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN | 92 |
| 4.4.5.1 | Unidad Sanitaria | 92 |
| 4.4.5.2 | Restaurante | 92 |
| 4.4.5.3 | Vivienda..... | 93 |
| | CAPÍTULO 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 94 |
| 5.1 | DETERMINACIÓN DE CAUDALES..... | 95 |
| 5.1.1 | CAUDALES MEDIDOS | 95 |
| 5.1.2 | DOTACIÓN ACTUAL Y FUTURA..... | 96 |
| 5.2 | EVALUACIÓN CALIDAD DEL AGUA | 100 |
| 5.2.1 | CALIDAD DEL AGUA EN LAS CAPTACIONES..... | 100 |
| 5.2.2 | CALIDAD DEL AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN..... | 103 |
| 5.3 | PROPUESTAS DE MEJORA A LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA..... | 105 |
| 5.3.1 | PROPUESTAS A CORTO PLAZO..... | 106 |
| 5.3.1.1 | Sistema cabecera parroquial..... | 106 |
| 5.3.1.2 | Sistema San Carlos-Las Islas | 107 |
| 5.3.2 | PROPUESTAS A MEDIANO PLAZO..... | 108 |

| | | |
|---------------------------------|---|-----|
| 5.3.2.1 | Programa de mantenimiento a los sistemas de abastecimiento..... | 108 |
| 5.3.2.2 | Trabajo conjunto con autoridades locales..... | 110 |
| 5.3.2.3 | Incremento de la cobertura del servicio de agua potable. | 110 |
| 5.3.2.4 | Facultar a las personas sobre tecnologías para captación de agua y consumo de agua segura..... | 112 |
| 5.3.2.5 | Construcción de un filtro lento para el agua proveniente de Las Islas. | 114 |
| 5.3.3 | PROPUESTAS A LARGO PLAZO | 115 |
| 5.3.3.1 | Programa de Monitoreo..... | 115 |
| 5.3.3.2 | Protección de cuencas hidrográficas | 116 |
| 5.3.3.3 | Control de la contaminación de aguas superficiales..... | 120 |
| CONCLUSIONES..... | | 123 |
| RECOMENDACIONES | | 126 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | | 127 |
| ANEXOS..... | | 133 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| GRÁFICO 1.1. COBERTURA DE AGUA POTABLE EN EL MUNDO | 17 |
| GRÁFICO 1.2. DISTRIBUCIÓN DE USOS CONSUNTIVOS EN EL ECUADOR..... | 18 |
| GRÁFICO 2.1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE | 21 |
| GRÁFICO 3.1. PROYECCIÓN POBLACIONAL DE GUALEA | 63 |
| GRÁFICO 4.1. PIRÁMIDE POBLACIONAL DE GUALEA | 69 |
| GRÁFICO 4.2. UBICACIÓN DE PROYECTOS MINEROS EN GUALEA..... | 73 |
| GRÁFICO 4.3. TENENCIA DE LA VIVIENDA EN LA PARROQUIA | 75 |
| GRÁFICO 4.4. MATERIAL CON EL QUE ESTÁ CONSTRUIDA LA VIVIENDA..... | 75 |
| GRÁFICO 4.5. USO DE LA VIVIENDA..... | 76 |
| GRÁFICO 4.6. ACCESO AL SERVICIO ELÉCTRICO | 77 |
| GRÁFICO 4.7. ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE | 78 |
| GRÁFICO 4.8. SATISFACCIÓN CON EL SERVICIO DE AGUA POTABLE..... | 79 |
| GRÁFICO 4.9. CONCIENCIA DE LA POBLACIÓN SOBRE EL RECURSO..... | 80 |
| GRÁFICO 4.10. CONCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE EL AGUA..... | 80 |
| GRÁFICO 4.11. DISPOSICIÓN DE EXCRETAS..... | 81 |
| GRÁFICO 4.12. FORMA DE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS. | 82 |
| GRÁFICO 4.13. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO: CABECERA PARROQUIAL | 84 |
| GRÁFICO 4.14. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO SAN CARLOS-LAS ISLAS | 85 |
| GRÁFICO 5.1. PROYECTOS EN ESTADO DE FACTIBILIDAD PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA..... | 112 |
| GRÁFICO 5.2. COSECHA DE AGUA LLUVIA | 113 |
| GRÁFICO 5.3. COSECHA DE NEBLINA..... | 113 |
| GRÁFICO 5.4. FILTRO DE AGUA DE LECHO DE ARENA Y GRAVA..... | 114 |

ÍNDICE DE MAPAS

| | |
|--|-----|
| MAPA 3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 43 |
| MAPA 3.2. HIDROLOGÍA DEL AREA DE ESTUDIO | 44 |
| MAPA 3.4. CUENCA DEL RÍO SAN CARLOS..... | 47 |
| MAPA 3.5. PUNTOS DE MUESTREO..... | 52 |
| MAPA 4.1. USOS DEL SUELO Y RÍOS DE GUALEA..... | 67 |
| MAPA 5.1. ÁREAS DE PROTECCIÓN DE LAS FUENTES | 119 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|--|-----|
| FOTOGRAFÍA 3.1. MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD IN SITU..... | 58 |
| FOTOGRAFÍA 4.1. TANQUE DE CAPTACIÓN VERTIENTE LOS MOTILONES..... | 86 |
| FOTOGRAFÍA 4.2. INTERIOR TANQUE DE CAPTACIÓN LAS GUADUAS..... | 87 |
| FOTOGRAFÍA 4.3. TANQUE DE CAPTACIÓN VERTIENTE LA CHELITA..... | 87 |
| FOTOGRAFÍA 4.4. TANQUE DE CAPTACIÓN SISTEMA LAS ISLAS..... | 88 |
| FOTOGRAFÍA 4.5. DIQUE PARA CAPTACIÓN DEL RÍO SAN CARLOS..... | 89 |
| FOTOGRAFÍA 4.6. FUGA EN LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN VERTIENTE LAS ISLAS. | 90 |
| FOTOGRAFÍA 4.7. TANQUE DE ALMACENAMIENTO LAS ISLAS..... | 91 |
| FOTOGRAFÍA 4.8. UNIDAD SANITARIA DE GUALEA | 92 |
| FOTOGRAFÍA 5.1. AGUJEROS EN LA TAPA DEL TANQUE LA CHELITA | 106 |
| FOTOGRAFÍA 5.2. ABREVADERO PARA ANIMALES..... | 117 |
| FOTOGRAFÍA 1. RÍO CHIRAPI..... | 134 |
| FOTOGRAFÍA 2. RÍO PIRIPE..... | 134 |
| FOTOGRAFÍA 3. RÍO GUAYLLABAMBA, LÍMITE PROVINCIAL ENTRE LAS PROVINCIAS PICHINCHA E IMBABURA. | 134 |
| FOTOGRAFÍA 4. INTERIOR DEL TANQUE DE CAPTACIÓN EL CARMEN | 135 |
| FOTOGRAFÍA 5. TANQUE DE CAPTACIÓN LAS GUADUAS | 135 |
| FOTOGRAFÍA 6. INTERIOR DEL TANQUE DE CAPTACIÓN DE LA VERTIENTE LA CHELITA | 135 |
| FOTOGRAFÍA 7. VERTIENTE LAS ISLAS, COBERTURA PLÁSTICA. | 136 |
| FOTOGRAFÍA 8. SERPIENTE ENCONTRADA DENTRO DEL TANQUE LAS ISLAS DURANTE EL MUESTREO | 136 |
| FOTOGRAFÍA 9. CONDUCCIÓN VERTIENTE LAS ISLAS..... | 136 |
| FOTOGRAFÍA 10. CAMINO DE ACCESO A LA VERTIENTE LAS ISLAS | 137 |
| FOTOGRAFÍA 11. SISTEMA DE TUBERÍAS ABANDONADO | 137 |
| FOTOGRAFÍA 12. TUBERÍAS ENTERRADAS BAJO CEMENTO..... | 137 |
| FOTOGRAFÍA 13. TUBERÍA DE CONDUCCIÓN VERTIENTE LAS ISLAS | 138 |
| FOTOGRAFÍA 14. REJILLA. TOMA LATERAL RÍO SAN CARLOS | 138 |
| FOTOGRAFÍA 15. VISTA PANORÁMICA DEL BARRIO GUALEA CRUZ..... | 138 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| TABLA 2.1. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO QUE REQUIEREN TRATAMIENTO CONVENCIONAL | 38 |
| TABLA 2.2. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO QUE REQUIEREN ÚNICAMENTE DESINFECCIÓN | 38 |
| TABLA 2.3. REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR EL AGUA POTABLE | 39 |
| TABLA 3.1. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO | 50 |
| TABLA 3.2. PARÁMETROS REALIZADOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA. | 53 |
| TABLA 3.3. MUESTRAS DE AGUA RECOGIDAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO. | 57 |
| TABLA 3.4. METODOLOGÍA DE LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS EN LABORATORIO. | 59 |
| TABLA 3.5. NIVEL DE CONFIANZA DE ACUERDO AL PORCENTAJE DE CERTEZA | 60 |
| TABLA 3.6. PROYECCIÓN DE HABITANTES DE GUALEA. | 63 |
| TABLA 4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GUALEA. | 64 |
| TABLA 4.2. USOS DEL SUELO EN LA PARROQUIA GUALEA..... | 65 |
| TABLA 4.3. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA, INACTIVA Y EN EDAD DE TRABAJAR | 71 |
| TABLA 4.4. ACTIVIDADES QUE DESARROLLA LA POBLACIÓN. | 72 |
| TABLA 4.5. TIPO DE VIVIENDA PARA LA POBLACIÓN DE GUALEA..... | 74 |
| TABLA 4.6. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO..... | 83 |
| TABLA 5.1. ACCESO A SERVICIOS EN LA PARROQUIA. | 94 |
| TABLA 5.2. OFERTA DE AGUA DE LAS FUENTES | 95 |
| TABLA 5.3. DATOS DE DOTACIÓN Y AGUA NO CONSUMIDA | 96 |
| TABLA 5.4. CAUDALES NECESARIOS PARA ABASTECER A LA PARROQUIA. | 98 |
| TABLA 5.5. CAUDALES NECESARIOS PARA CUBRIR LA DEMANDA POBLACIONAL AHORA Y A FUTURO PARA EL SISTEMA SAN CARLOS..... | 98 |
| TABLA 5.6. POBLACIÓN FUTURA REFERENTE AL SISTEMA DE LA CABECERA PARROQUIAL. | 99 |
| TABLA 5.7 CAUDALES NECESARIOS PARA CUBRIR LA DEMANDA POBLACIONAL AHORA Y A FUTURO PARA LA CABECERA PARROQUIAL..... | 99 |
| TABLA 5.8. RESUMEN DE CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS REQUERIDOS. | 100 |
| TABLA 5.9. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA PARA FUENTES DE AGUA CRUDA. | 102 |
| TABLA 5.10. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA PARA AGUA POTABLE | 104 |
| TABLA 5.11. PROBLEMÁTICA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN GUALEA..... | 105 |
| TABLA 5.12. FRECUENCIA DE REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO..... | 108 |

| | |
|---|-----|
| TABLA 5.13. DATOS PARA LA PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE CLORO PARA LA DESINFECCIÓN DE TANQUES DE AGUA | 110 |
| TABLA 5.14. PUNTOS DE MUESTREO DE LA EPMAPS PARA MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN. | 116 |
| TABLA 5.15. RESUMEN DE PROPUESTAS DE MEJORA Y ACTIVIDADES | 122 |
| TABLA 1. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PESTICIDAS: VERTIENTE LA CHELITA..... | 150 |
| TABLA 2. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PESTICIDAS: VERTIENTES LOS MOTILONES-EL CARMEN | 151 |
| TABLA 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PESTICIDAS EN EL TANQUE DE CAPTACIÓN LAS ISLAS..... | 152 |
| TABLA 4. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PESTICIDAS EN LA CAPTACIÓN DEL RÍO SAN CARLOS | 153 |

SIMBOLOGÍA Y SIGLAS

| | |
|---------------------------|---|
| °C | Grados centígrados. |
| ACUS | Área de Conservación y Uso Sustentable |
| BEDE | Banco del Estado |
| bmhMB | Bosque muy húmedo montano bajo |
| CEC | Código Ecuatoriano de la Construcción |
| CEPAL | Comisión Económica para América Latina y el Caribe |
| CEPIS | Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. |
| Cm | Centímetros. |
| DMQ | Distrito Metropolitano de Quito |
| EMAAP-Q | Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable-Quito. |
| ENAMI-EP | Empresa Nacional Minera – Empresa Pública |
| EPA | Environmental Protection Agency |
| EPMAPS | Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento. |
| FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura |
| FONAG | Fondo Ambiental para la Protección de las Cuencas y Agua |
| GIRH | Gestión Integral de Recursos Hídricos |
| Ha | Hectáreas |
| IANC | Índices de agua no contabilizada |
| IBA | Important Bird and Biodiversity Areas |
| IBM | International Business Machines |
| IGM | Instituto Geográfico Militar |
| INEC | Instituto Nacional de Estadísticas y Censos |
| INEN | Instituto Ecuatoriano de Normalización |
| IUCN | International Union for Conservation of Nature |
| L/s | Litros por segundo |
| L/s/km² | Litros por segundo por kilómetro cuadrado. |
| LMP | Límite Máximo Permisible |
| Lpcpd | Litros per cápita por día |

| | |
|-----------------|---|
| m | Metros |
| MAE | Ministerio del Ambiente del Ecuador |
| MAGAP | Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. |
| mg/L | Miligramos por litro |
| mL | Mililitros |
| msnm | Metros sobre el nivel del mar |
| NBI | Necesidades básicas insatisfechas |
| NMP | Número más probable |
| NTU/ UTN | Nephelometric Turbidity Unit/ Unidades de turbiedad nefelométricas. |
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| ONU | Organización de las Naciones Unidas. |
| OSP | Oficina de Servicios y Productos |
| PAAMAC | Productos agrícolas y acuicultivos Maduri y Asociados |
| PEA | Población Económicamente Activa |
| PEI | Población Económicamente Inactiva |
| PET | Población en edad de Trabajar |
| pH | Potencial Hidrógeno |
| PTAR | Planta de Tratamiento de Aguas Residuales |
| Pt-Co | Unidades Platino-cobalto, medida de color |
| PVC | Policloruro de vinilo |
| SENAGUA | Secretaría Nacional del Agua |
| SNI | Sistema Nacional de Información |
| SODIS | Solar disinfection (Desinfección solar) |
| TULSMA | Texto Unificado de Legislación Secundaria para el Medio Ambiente |
| μohm/cm | Micro ohmios por centímetro, unidades de conductividad |
| μS | Micro siemens, unidad de medición de conductividad |
| UTC | Unidades de color |
| WMO | World Meteorological Organization |

RESUMEN

El presente proyecto buscó identificar los problemas existentes en el abastecimiento de agua potable de las poblaciones de Gualea y Gualea Cruz, ubicadas en la parroquia rural de Gualea en la provincia de Pichincha, y otorgar propuestas de solución.

El pedido de un estudio sobre la situación actual del recurso hídrico destinado al suministro de agua potable nació de las autoridades de la parroquia debido a la inconformidad de sus habitantes respecto a la cantidad y características del agua que reciben.

Se realizó una investigación sobre los sistemas de abastecimiento que se tienen en la zona de estudio. La información fue recabada de la EPMAPS (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento), que proporciona el servicio; y de la población, a través de encuestas, que permitan obtener información base acerca de la situación actual de las comunidades implicadas. Por otro lado, los análisis de la calidad del agua y la medición de caudales realizados permitieron obtener una idea de las características del agua que se trata, de la eficiencia del tratamiento y la calidad del agua que reciben en los hogares; así como la cantidad del recurso hídrico que se capta para cubrir la demanda poblacional.

El desarrollo de esta investigación reveló problemas en los sistemas de dotación de agua potable, por lo que se han propuesto soluciones a las fallas detectadas con el fin de que el servicio mejore para los pobladores de esa región y se garantice su salud y las condiciones para el correcto desempeño de sus actividades diarias y económicas.

ABSTRACT

The present project aim is to identify the existing problems in the water supply system of the populations of Gualea and Gualea Cruz, located in Gualea rural parish, in the Pichincha province, and give proposals of solution.

The request of a study about the current situation of water resources destined to the supply of drinking water comes from the authorities of the parish due to the disagreement of its people with regard to the quantity and characteristics of the water they receive.

An investigation was conducted on the water supply systems that are found in the study area. The information was gathered from the EPMAPS (Metropolitan Public Company for Drinking Water and Sanitation), which provides the service; and the population, through surveys, which allow to know the point of view of the beneficiaries. On the other hand, the analysis of the quality of the water and the measurement of flows allowed to get an idea of the characteristics of the water that is treated, the treatment efficiency and the quality of the water they receive in the homes; as well as the quantity of water collected to cover the population's demand.

The development of the investigation revealed problems in the systems of provision of drinking water, by what they propose solutions to the shortcomings identified in order that the service improve for the inhabitants of the region and to ensure their health and the conditions for the proper performance of their daily and economical activities.

PRESENTACIÓN

Este proyecto presenta propuestas al sistema actual de abastecimiento de agua de la parroquia Gualea con el fin de mejorar la eficiencia del mismo y garantizar a la población, agua en cantidad y calidad adecuadas.

El primer capítulo comprende el establecimiento de los objetivos, el alcance y la justificación del trabajo los mismos que ayudarán a esclarecer las actividades a realizarse, de qué manera y hasta qué punto se estudiará la situación.

En el segundo capítulo se hace una revisión teórica sobre los sistemas de abastecimiento de agua y la calidad del recurso. Además se incluye una revisión de la normativa legal aplicable al presente proyecto y se establecen brevemente las pautas para el desarrollo de la Gestión Integral de Recursos Hídricos.

La tercera sección es una descripción del sitio de estudio, tomando en consideración los aspectos físicos, bióticos del lugar; y los aspectos socioeconómicos de la población que allí habita.

El cuarto apartado contiene la metodología que se utilizó para la realización del trabajo, se detalla la manera en la que se desarrolló la investigación, considerando la recopilación de la información, la programación del muestreo y métodos.

En el quinto capítulo se presentan los resultados obtenidos de los estudios realizados respecto a la medición de caudales, los análisis de la calidad del agua, de las encuestas socioeconómicas y se presentan las propuestas de mejora para los sistemas.

Por último se exponen las conclusiones y recomendaciones del estudio y los anexos que complementan la información.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN

La problemática sobre el abastecimiento de agua radica en la escasez del recurso apto para el consumo en comparación con la creciente demanda poblacional (UNESCO, 2009).

El abastecimiento del agua se ve afectado por factores como la contaminación del recurso mediante descargas de aguas residuales hacia ríos, lagos y zonas costeras. Estas descargas sin tratamiento previo representan más del 80% en países en vías de desarrollo (UNESCO, 2009). Además se ve influenciado por la conversión de vegetación autóctona en tierras de cultivo, incrementando la erosión (WENTZ, 2007) y perjudicando la conservación del recurso.

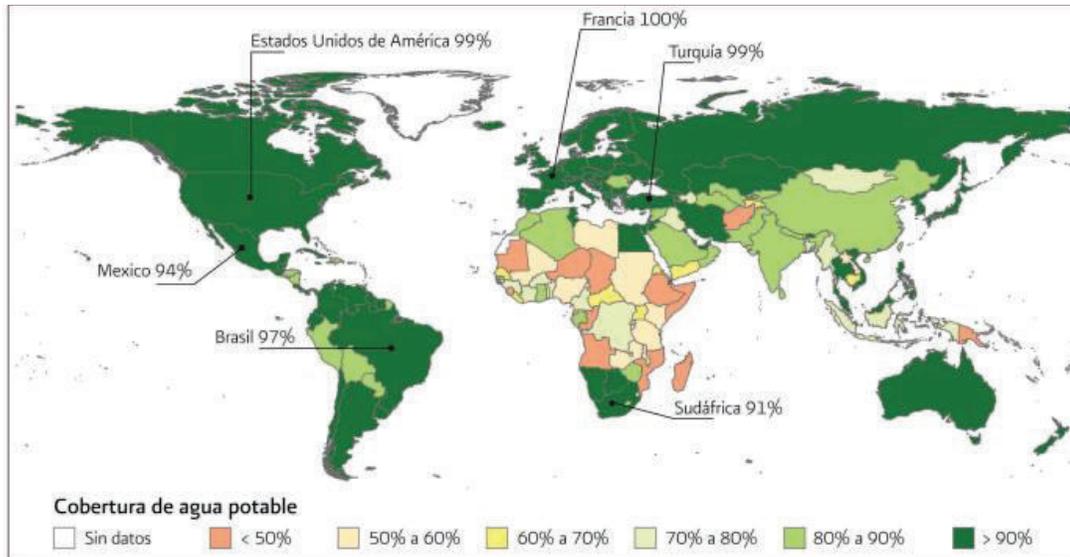
Actualmente, el acceso al agua es reconocido como un prerrequisito para la reducción de la pobreza. Es uno de los objetivos del milenio incrementar las cifras en cuanto al abastecimiento de agua potable y alcantarillado (SULLIVAN, 2003).

En 2010, el 89% de la población mundial utilizaba fuentes de agua mejoradas, mientras que el 11% restante carece de acceso al recurso. En cuanto a saneamiento, para el mismo año, el 63% de la población mundial contaba con acceso a baños y otros servicios de saneamiento mejorados, pero el 15% de la población mundial aun defecaba al aire libre, de este porcentaje, el 87% habita en áreas rurales. En el gráfico 1.1 se observa la situación del agua potable en el mundo, casi todo el continente americano y el Ecuador tienen valores que superan el 90% de cobertura (OMS, 2010).

América Latina y el Caribe son conocidas como las regiones del agua pues engloban el 12% del territorio del planeta con el 6% de la población global y el 27% de los recursos hídricos del mundo. Sin embargo, su distribución poblacional no es homogénea y la mayoría (75% urbana) se asienta en áreas con limitaciones respecto al recurso. Los problemas del mundo respecto al agua se reflejan también

en América Latina, entre ellos están el manejo inadecuado y la contaminación de más de la mitad de sus ríos y acuíferos (ANDRADE, 2004).

GRÁFICO 1.1. COBERTURA DE AGUA POTABLE EN EL MUNDO



Fuente: Conagua, 2010.

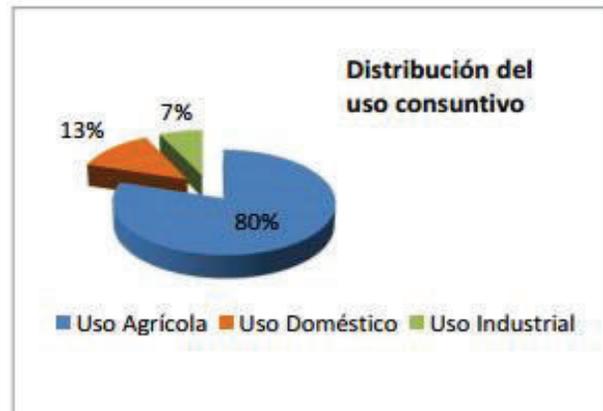
La situación del Ecuador no difiere mucho de la realidad de la región y del mundo pues la mayoría de la población ecuatoriana habita en la región Sierra y en la cuenca del río Guayas en la Costa, en donde los recursos hídricos son más escasos; mientras que el mayor potencial hídrico del país, que corresponde al 88% se ubica en la vertiente Amazónica, en donde habita solo el 4% de la población nacional. (CEPAL, 2012)

La inequidad y distribución poblacional se ven empeoradas por la falta de tratamiento de las aguas residuales, las mismas que se vierten en fuentes de agua superficiales (CEPAL, 2012).

Para el año 2010, el 55,31% de los hogares a nivel nacional reciben agua por red pública, de este porcentaje un 71.63% son viviendas urbanas y el 26.55% están ubicadas en zonas rurales. En cuanto al alcantarillado, el 53,59% de casas en el país tienen acceso al servicio, de las cuales el 22,93% son rurales (SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN, 2010).

En el gráfico 1.2 se puede observar la distribución del uso consuntivo de agua en el país con los porcentajes correspondientes, en donde la mayor cantidad de agua se destina a la agricultura, al igual que en el resto del mundo.

GRÁFICO 1.2. DISTRIBUCIÓN DE USOS CONSUNTIVOS EN EL ECUADOR



Fuente: SENAGUA, 2011.

El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), tiene una cobertura de 98,42% de agua potable y 92,75% de alcantarillado, de acuerdo a cifras otorgadas por la EPMAPS, empresa pública encargada de la dotación de dichos servicios; las parroquias rurales del distrito tienen cobertura de alcantarillado en un 83,79% y de agua potable en un 95,76%. Además la EPMAPS indica que el 99,95% del agua que se abastece es de calidad aceptable, además el 99,39% del tiempo existe continuidad en el servicio.

A pesar de los índices, bastante buenos, la realidad en áreas rurales es otra ya que el servicio de agua potable está en función de la cantidad de agua que exista en la fuente local y de las normas que establecen las características apropiadas para el consumo, las mismas que están relacionadas con el nivel de servicio y el tipo de clima (ENRÍQUEZ, 2001). De esta manera, se crea una brecha importante entre el área urbana y rural respecto al acceso a servicios básicos como agua potable y alcantarillado.

En Gualea, las inquietudes de la población acerca del agua que consumen, crea interrogantes sobre si la calidad y cantidad del agua que se abastecen son adecuadas.

El presente proyecto se centrará en la identificación de falencias en los sistemas de abastecimiento de agua de las comunidades representativas y en el análisis de la situación actual para brindar propuestas de solución que eviten la contaminación del recurso y que mejoren el servicio que se otorga a la población.

1.2.OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la calidad del agua que reciben los habitantes de Gualea y Gualea Cruz mediante el estudio de sus fuentes para establecer posibles medidas de mejora al sistema de abastecimiento de agua potable.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los sistemas de abastecimiento de agua existentes en la zona de estudio a través de información de la EPMAPS.
- Evaluar dichos sistemas mediante análisis físicos, químicos y biológicos del agua.
- Examinar posibles fuentes de contaminación, comparando los parámetros de calidad del recurso de distintos puntos del sistema.
- Analizar soluciones a los problemas reconocidos, en los ámbitos de la gestión y operación de los sistemas.

1.3. ALCANCE

Con este proyecto se presentan propuestas cualitativas encaminadas a la corrección de los problemas hallados en los sistemas de abastecimiento, para así garantizar que el agua que llega a los usuarios cumpla con los estándares que establece la normativa.

El estudio se centrará en dos barrios que conforman la parroquia de Gualea: Gualea y Gualea Cruz, ya que de acuerdo a información recabada de la EPMAPS, la cabecera parroquial se abastece de sus propias vertientes y Gualea Cruz se

suministra de la captación del río San Carlos, que a su vez dota el recurso al resto de la parroquia.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación aportará información valiosa sobre la situación actual del recurso en la parroquia de Gualea, la misma que servirá como referencia para futuras investigaciones en otras zonas rurales del país. Asimismo, brindará detalles sobre los sistemas que abastecen de agua a la población, lo que pretende ser un llamado de atención a la EPMAPS hacia Gualea y demás áreas rurales que conforman el DMQ.

Con este aporte se busca mejorar la dotación de agua para evitar problemas de salud, alimentación y desarrollo de la población, cumpliendo lo que establece el artículo 66 de la Constitución de la República del Ecuador, en el que “se reconoce y garantizará a las personas el derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios.”

La importancia de este estudio radica en la urgencia de solucionar los problemas que aquejan a la comunidad referentes al servicio de agua potable y saneamiento. Si bien muchos de los habitantes viven en lugares apartados a los que no llega la red de distribución, quienes si tienen acceso al mismo señalan no disponer de agua varios días a la semana en verano y recibir agua turbia en invierno. La mala calidad del agua ha llegado a ocasionar enfermedades infecciosas y parasitarias y se agrava por la falta de un sistema de alcantarillado (BAQUERO, 2008). Además se ve afectada la economía de la zona puesto que se restringe el desarrollo del turismo local, producción de panela, leche, ganadería bovina y porcina que se efectúan en la parroquia. Una de las consecuencias de que el agua de consumo no cumpla la normativa nacional es el lento desarrollo de los pueblos (SENAGUA, 2012).

Este proyecto busca proporcionar soluciones que mejoren el sistema de abastecimiento actual, en pro de la mejora de la calidad de vida de los habitantes de Gualea y otras parroquias rurales.

CAPÍTULO 2

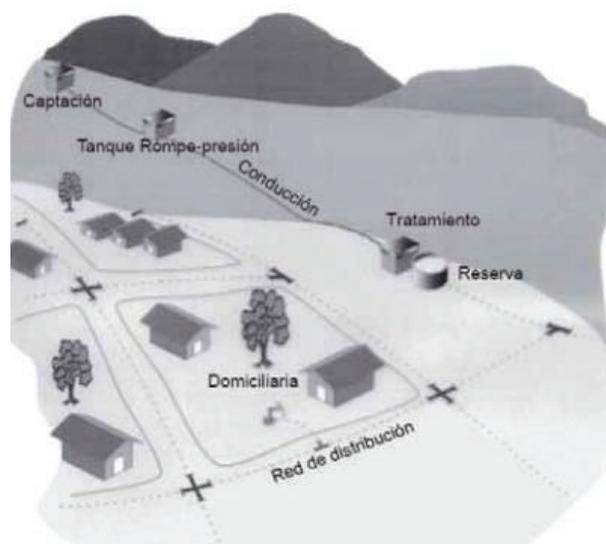
MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS DE AGUA POTABLE

2.1.1 CAPTACIÓN

La captación consiste en el encauce de cierto caudal proveniente de una fuente que cumpla con los requisitos que dicta la normativa para ser tratada y distribuida posteriormente, el tipo de captación varía según la fuente pudiendo ser superficiales, subterráneas o de agua lluvia (CARE Internacional-Avina, 2012). Según el Código Ecuatoriano de la Construcción. (CEC), el caudal de la fuente de abastecimiento deberá ser al menos el doble del caudal máximo diario futuro calculado y la captación deberá tener una capacidad que permita derivar al sistema de agua potable un caudal mínimo equivalente a 1.2 veces el caudal máximo diario correspondiente al final del período de diseño. Véase en el gráfico 2.1, el diagrama de un sistema de abastecimiento.

GRÁFICO 2.1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE



Fuente: Care International – Avina, 2012

2.1.2. CONDUCCIÓN

La conducción es un sistema de canales o tuberías que llevan el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento o al tanque de almacenamiento, ya sea con flujo libre o a presión (CARE Internacional-Avina, 2012). El CEC indica que el caudal de diseño deberá ser 1.1 veces el caudal máximo diario calculado al final del periodo de diseño cuando el sistema no requiere bombeo. El diámetro mínimo para las tuberías de la línea de conducción es de 25 mm o 1 pulgada. Deberá preverse sitios de inspección de la conducción, que garanticen la no contaminación del agua.

2.1.3 TRATAMIENTO

Es el conjunto de operaciones unitarias destinadas a modificar las características físicas, químicas y biológicas del agua, con el fin de que sea apta para el consumo humano, las unidades que posea dependerán de la calidad del agua a cruda; incluye la infraestructura, obras, equipos y materiales necesarios para la potabilización (CARE Internacional-Avina, 2012). De acuerdo al Código Ecuatoriano de Construcción, la capacidad de la planta de potabilización será de 1.1 veces el caudal máximo diario correspondiente al final del período de diseño. En cualquier tipo de agua se considerará la desinfección como tratamiento mínimo.

2.1.3.1 Coagulación

La coagulación es el proceso fisicoquímico mediante el cual se produce la desestabilización eléctrica de algunas partículas a través de la adición de sustancias químicas denominadas coagulantes que reaccionan con el agua y forman especies hidrolizadas con carga positiva (RESTREPO, 2009).

Sirve para retirar especies coloidales halladas en aguas superficiales y residuales como arcillas, sílice, hierro, metales pesados, color o sólidos orgánicos como por ejemplo residuos de animales muertos. Los coagulantes más utilizados son: sulfato de aluminio, cloruro férrico, sulfato ferroso, sulfato férrico. La alcalinidad y la concentración de coloides son parámetros influyentes sobre el proceso de coagulación. Para el proceso se utiliza la mezcla rápida, en el que se agita

rápidamente el agua para que el contacto de las partículas coloides se mezcle adecuadamente con los coagulantes añadidos (CÁNEPA DE VARGAS, 2004).

2.1.3.2 Floculación

La floculación es un proceso de colisión de partículas, se da la aglomeración de partículas desestabilizadas primero en microfloculos, y más tarde en aglomerados voluminosos llamados flóculos. Un floculante reúne partículas en una red, formando puentes de una superficie a otra y enlazando las partículas individuales en aglomerados. La floculación es estimulada por un mezclado lento que junta poco a poco los flóculos. Un mezclado demasiado intenso los rompe y rara vez se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos (RESTREPO, 2009).

Una buena floculación favorece el manejo del lodo final para su desecación, filtrado, etc. La floculación se ve afectada por la alcalinidad, el pH y la turbiedad. Cuando existen variaciones de caudal, es necesario modificar los tiempos de residencia y los gradientes de velocidad. El tiempo de floculación y el número de compartimentos de la unidad influyen debido a que la aglomeración de las partículas es proporcional al tiempo. (CÁNEPA DE VARGAS, 2004).

2.1.3.3 Sedimentación

Es la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua (IDROVO, 2010).

Estas partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido. Las partículas en suspensión sedimentan, dependiendo de las características de las partículas, así como de su concentración. Entre los factores que influyen en el proceso, son la concentración de materia en suspensión y las propiedades de las partículas, que determinan la forma de sedimentación y depósito. Asimismo, la concentración de partículas y la temperatura varían la densidad del agua y pueden ocasionar cortocircuitos hidráulicos debido a corrientes cinéticas o térmicas. Para que la eficiencia del proceso sea mayor, se debe buscar que el flujo laminar y estable. La eficiencia de un sedimentador laminar es directamente proporcional a la turbiedad y el color del agua cruda. En cambio, la temperatura tiene una relación inversamente proporcional a la eficiencia del sedimentador. (CÁNEPA DE VARGAS, 2004)

2.1.3.4 Filtración

La filtración separa aquellas partículas de una densidad próxima a la del agua y de baja velocidad de sedimentación o que son re suspendidas por cualquier causa y que no son removidas en la sedimentación (CÁNEPA DE VARGAS, 2004).

Es aquella operación de separación sólido-fluido en la que se produce la separación de partículas sólidas o gotas de líquidos o gases a través de un medio filtrante. Sirve para la separación de mezclas de sustancias compuestas de diferentes fases. Su objetivo es retener a las partículas y microorganismos que no han sido retenidos en los procesos previos. En la filtración influyen el tipo del medio filtrante, la velocidad de filtración, el tipo de suspensión, influencia de la temperatura, dureza del flóculo (MARTIN, 2011).

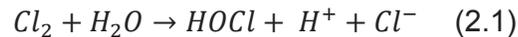
2.1.3.5 Desinfección

La desinfección procura eliminar microorganismos patógenos presentes en el agua, los cuales pueden ser nocivos para la salud humana (CÁNEPA DE VARGAS, 2004). Para ello se necesita un agente físico o químico utilizando como vehículo pasivo al agua. Generalmente la desinfección es el último proceso dentro de la cadena de tratamiento convencional del agua; sin embargo, dependiendo de las características de la fuente, puede ser el único proceso necesario para que el agua sea apta para el consumo.

Un desinfectante es una sustancia que ataca las células de los microorganismos, lo que inactiva su sistema enzimático. Se trata de un proceso progresivo que varía su velocidad a través del tiempo, se rige a través de la Ley de Chick, relacionando la velocidad de reacción con el número de microorganismos en función del tiempo. Los factores que inciden en la desinfección son: la especie y concentración de los microorganismos en el agua; la resistencia del microorganismo al agente desinfectante; el tipo y concentración del desinfectante utilizado, que a su vez está íntimamente relacionado con el tiempo de contacto; las características fisicoquímicas del agua. La temperatura y el pH intervienen en la desinfección puesto que definen las condiciones del ambiente donde habitan las bacterias, y por tanto el efecto sobre el crecimiento de sus poblaciones (Comisión Nacional del Agua , 2007).

El cloro reacciona en el agua a través de reacciones de hidrólisis y reacciones de oxidación y reducción. El ácido hipocloroso es el bactericida más poderoso y su presencia respecto al ion hipoclorito depende del pH (BARREIRO, s/a).

Hidrólisis del cloro, ecuación 2.1:



Disociación, se ioniza el ácido hipocloroso (ver ecuación 2.2):



Entre los mecanismos dosificadores recomendables para zonas rurales que se describen en la Guía para la desinfección del agua para el consumo en sistemas rurales de abastecimiento de agua por gravedad y bombeo, (Organización Panamericana de la Salud, 2007) están:

- Sistema Dosificador por goteo o flujo constante.- Requiere de un tubo de PVC con orificios. El tubo se fija a un dispositivo que flote, de tal manera que los orificios se coloquen bajo el nivel de la solución. La profundidad a la que se ubican los orificios determina la tasa de dosificación (Organización Panamericana de la Salud, 2014).
- Hipocloradores por difusión.- Son sencillas construcciones con tubería de PVC. Trabajan con soluciones de hipoclorito de calcio al 30%. El sistema consiste en dos tubos concéntricos, en donde la difusión se realiza debido a los orificios en los tubos (Organización Panamericana de la Salud, 2014).
- Dosificador por erosión de tabletas.- Su uso es fácil de operar y mantener, es económico y duradero. Este sistema funciona con tabletas de hipoclorito de calcio y se utiliza en comunidades pequeñas y familiares. Consiste en la disolución gradual de las tabletas, debido a la corriente de agua, en una cámara de solución, que enviará el agua concentrada de con solución de cloro a un tanque, canal o reservorio. Un factor importante a tomar en cuenta es la temperatura del agua. Su calibración depende de la profundidad de inmersión de la columna de tabletas y del caudal de agua en la cámara y el volumen que ocupa (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

Los dos últimos sistemas tienen costos intermedios y alcanzan hasta el 10% de error de dosificación. Ninguno de los sistemas requiere energía eléctrica.

De acuerdo a (MOLINA, s/a), para hacer el ensayo de demanda de cloro por el método convencional se deben seguir los siguientes pasos:

- Numerar un número “n” de frascos del 1 hasta n.
- Llenar cada uno de los frascos con 50 ml de muestra.
- Añadir en orden creciente a cada frasco las dosis de cloro.
- Tapar los frascos y agitar.
- Dejar reposar los frascos por aproximadamente 15 minutos en un lugar oscuro.
- Medir el cloro libre residual en cada uno de los frascos.
- Para tabular los datos se realiza una tabla y una gráfica como la que se muestra, con la dosis añadida y el cloro libre residual para con ello identificar el punto de quiebre.

La cantidad de cloro que se suministra en las plantas potabilizadoras depende de la presentación en la que se encuentra el cloro, sea sólido, líquido o gas, y de su concentración (CEPIS, s/a).

La demanda de cloro (ecuación 2.3) es la cantidad de cloro necesaria para que la materia orgánica presente en el agua sea consumida, el cloro reacciona con el nitrógeno, presente en cualquiera de sus formas (Comisión Nacional del Agua , 2007).

$$\text{Demanda de cloro} = \text{dosis de cloro} - \text{cloro residual} \quad (2.3)$$

Con esta expresión se calcula la dosis de cloro que se debe suministrar al agua en mg/L para garantizar la desinfección, luego se procede a calcular la cantidad de cloro que se debe añadir al día, utilizando la ecuación 2.4:

$$\text{Capacidad} = \text{caudal} \times \text{dosis} \quad (2.4)$$

2.1.4 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento es un tanque en donde se deposita el agua hasta el momento de su distribución, en algunos casos la desinfección se lleva a cabo en este tanque cuando el recurso no recibe otro tiempo de tratamiento (CARE Internacional-Avina, 2012).

Permite regular la distribución o simplemente prevenir fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones. Se le llama tanque de regulación cuando guarda cierto volumen adicional de agua para aquellas horas del día en que la demanda en la red sobrepasa al volumen suministrado por la fuente, la mayor parte de los tanques existentes son de este tipo (CAÑARTE, 2015).

El Código Ecuatoriano de la Construcción especifica que la capacidad del almacenamiento será el 50% del volumen medio diario futuro. En ningún caso, el volumen de almacenamiento será inferior a 10 m³.

2.1.5 RED DE DISTRIBUCIÓN

La distribución es una serie de tuberías a baja presión que conecta el tanque de almacenamiento con los puntos de consumo. Consiste en una tubería principal y varias secundarias que se derivan desde la principal y se ramifican sin formar circuitos (Comisión Nacional del Agua, 2007).

Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para el consumo usual y además transportar caudal para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios y emergencias (MOLIÁ, 2000).

Será diseñada para el caudal máximo horario. El diámetro nominal mínimo de los conductos de la red será de 19mm (3/4"). La red debe disponer de válvulas que permitan independizar sectores para su operación o mantenimiento, sin necesidad de suspender el servicio en toda la localidad (CEC 1992).

2.2 CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua está asociada al uso que se le da, pues sus características varían de acuerdo a la presencia de sustancias químicas disueltas o insolubles

tanto de origen natural como antropogénico. Un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial (CÁNEPA DE VARGAS, 2004).

Los parámetros que ayudan a la determinación de la calidad del agua están ligados a sus características físicas, químicas y biológicas. Las características físicas incluyen los parámetros que son perceptibles a los sentidos e incluyen: turbiedad, sólidos solubles e insolubles, color, olor y sabor, temperatura y potencial hidrógeno (pH) (REYES, 2002).

En cuanto a las características químicas, se toman en cuenta todas las sustancias que pueden estar presentes en el agua, tanto disueltas como insolubles, incluyen elementos químicos tanto orgánicos como inorgánicos (CEPIS, s/a).

Las características biológicas del agua se refieren a la presencia de microorganismos en forma de partículas. Es importante evaluar estas características debido a que pueden encontrarse organismos patógenos como bacterias, protozoarios y enterovirus, los mismos que son causantes de enfermedades y epidemias gastrointestinales. Su presencia indicaría serias fallas en el diseño y manejo del sistema, así como la posible presencia de sedimentos en las redes de distribución del agua debido a fluctuaciones en la presión (CÁNEPA DE VARGAS, 2004).

Generalmente los tratamientos convencionales y la desinfección cuyo diseño, operación y mantenimiento son adecuados, resultan efectivos contra las bacterias patógenas y otro tipo de bacterias propias del agua. Los métodos para detectar bacterias patógenas en el agua son caros y demandan mucho tiempo, por ello, el control de la calidad del agua se evalúa mediante la búsqueda de indicadores bacterianos a través de métodos de filtración y del Número Más Probable por tubos múltiples. Entre los indicadores bacterianos más comunes están los coliformes totales y coliformes fecales (Comisión Nacional del Agua , 2007).

2.2.1 PARÁMETROS

Se describen los parámetros analizados para el presente proyecto:

2.2.1.1 Potencial Hidrógeno (pH)

Mide el grado de acidez del agua, su variación puede influir en los procesos de tratamiento como coagulación y desinfección; así como en la presencia de corrosión e incrustaciones en la red de distribución (CÁNEPA DE VARGAS, 2004). El aumento en la cantidad de materia orgánica, disminuye el pH del agua.

2.2.1.2 Turbiedad

Se origina por partículas suspendidas o coloides, el tamaño de estas partículas hace que se suspendan sobre el agua y reduzcan su transparencia. Valores elevados de turbiedad pueden afectar a la eficacia de desinfección con cloro (IDROVO, 2009). La Agencia de Protección Ambiental, EPA por sus siglas en inglés, recomienda que el agua tenga una turbiedad máxima de 5 UTN; sin embargo, para garantizar la desinfección del agua, la OMS recomienda que sea menor a 1 UTN.

2.2.1.3 Temperatura

Influye en el crecimiento o decrecimiento de la actividad bacteriana, además influye en la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, la desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración. (REYES, 2002)

2.2.1.4 Color

Puede estar o no ligada a la turbiedad. El agua puede tener color debido a varias razones, entre ellas la presencia de materia orgánica y su descomposición, presencia de hierro, manganeso y otros compuestos, extracción acuosa de sustancias de origen vegetal, o una combinación de estos procesos (CEPIS, s/a).

El color aparente es aquel que se evidencia en aguas crudas, mientras que el color verdadero es aquel que se observa en aguas filtradas.

Los parámetros que afectan el color del agua son: el pH, la temperatura, tiempo de contacto, materia disponible y solubilidad de compuestos coloreados (CÁNEPA DE VARGAS, 2004). La OMS recomienda un valor de 15 unidades de color para aguas

destinadas a consumo humano. El color del agua se mide en unidades platino-cobalto (Pt-Co) que también se denomina HAZEN.

2.2.1.5 Oxígeno disuelto

Es un indicador de contaminación pues tiene una relación indirecta con el crecimiento bacteriano y presencia de materia orgánica. La cantidad de oxígeno disuelto en el agua depende de la temperatura, presión y mineralización del agua y de la presencia de organismos que habiten el cuerpo de agua (CÁNEPA DE VARGAS, 2004). La concentración de oxígeno en el agua puede variar mucho del día a la noche y del verano al invierno (PEÑA, 2007).

2.2.1.6 Sólidos totales

Determina la cantidad de materia disuelta y suspendida en el agua. Los sólidos totales corresponden al residuo luego de secar la muestra a 105 °C. Es la sumatoria de sólidos disueltos y suspendidos, fijos y volátiles. Los sólidos suspendidos son aquellos que miden más de un micrómetro y que se pueden retener mediante filtración. Los sólidos disueltos son aquellos que no son retenidos por filtración y cuyo tamaño es menor a un micrómetro, incluye los coloides. Los sólidos fijos corresponden al material inorgánico presente en el agua, mientras que los sólidos volátiles corresponden al material orgánico, estos se evaporan después de calcinar la muestra a 550°C. (IDROVO, 2009)

2.2.1.7 Nitratos

Los nitratos se forman a partir del nitrógeno presente en el agua proveniente de la materia orgánica. La nitrificación se refiere al proceso de transformación del nitrógeno en nitratos y nitritos; este proceso depende de factores como la temperatura, contenido de oxígeno disuelto y pH. Los nitratos son sales de ácido nítrico muy solubles en agua, son más estables que los nitritos por los que estos se convierten en nitratos mediante procesos oxidativos. La concentración de nitratos puede incrementar por la presencia de fertilizantes y materia orgánica, proveniente de excretas tanto animales como humanas. Los nitritos y nitratos se movilizan

fácilmente en los sedimentos; los nitritos pueden oxidarse con cloro a nitratos (CÁNEPA DE VARGAS, 2004).

2.2.1.8 Conductividad

Indica la cantidad de sales en solución presentes en una muestra de agua. El valor de la conductividad depende de la concentración, movilidad y valencia de los iones presentes y de la temperatura ambiental. Mientras más pura es el agua, menor es la concentración de electrolitos que contiene y por ende, mayor es la resistencia del medio a la transmisión de una corriente eléctrica. La cantidad de sólidos disueltos en una solución también influye en la conductividad (GOYENOLA, 2007).

Se altera la eficiencia de procesos de tratamiento de agua debido a la presencia de sales o minerales que interfieren en los procesos unitarios de las plantas potabilizadoras o interfieren en la dureza del agua. Las aguas duras pueden provocar incrustaciones en las tuberías e infraestructura. Para agua de montaña se esperan valores de 1.0 uS/cm y para agua de uso doméstico entre 500 y 800uS/cm (Universidad Nacional de Tucuman, 2010).

2.2.1.9 Cloro libre residual

El cloro se utiliza en la mayoría de sistemas de tratamiento de agua debido a su poder desinfectante, pues destruye a los microorganismos sin afectar la salud de los seres humanos. El cloro es un elemento oxidante que destruye la estructura de los microorganismos al entrar en contacto con ellos, sin embargo, esto se ve afectado cuando hay presencia de lodo en el agua, pues las bacterias se ocultan en el lodo, impidiendo el contacto con cloro (CEPIS, s/a).

El cloro se consume al destruir a los organismos, cuando se dosifica en suficiente cantidad, queda una cierta cantidad de cloro remanente después de haber destruido a todos los organismos, a esta cantidad de cloro se le conoce como cloro libre residual (Comisión Nacional del Agua , 2007). Para garantizar la desinfección es necesario considerar el tiempo de contacto, la temperatura y pH del agua (CÁNEPA DE VARGAS, 2004). A mayor temperatura, el tiempo de contacto será menor. Para una cloración efectiva se recomienda un pH entre 6.8 y 7.2.

2.2.1.10 Coliformes fecales

Los coliformes son microorganismos patógenos, que se han definido como indicadores para determinar la presencia de microorganismos que puedan afectar la salud de la población, puesto que la mayor parte de las especies que conforman este grupo habitan en intestinos de humanos y animales (Comisión Nacional del Agua , 2007).

Se utilizan como indicadores también por su capacidad de supervivencia y multiplicación en el intestino y fuera de él, pudiendo encontrarlos incluso en el agua potable. El grupo Coliformes incluye a los Coliformes totales y Coliformes fecales. Los Coliformes totales son bacilos Gram negativos aerobios y aerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Corresponde a los géneros Enterobacter, Escherichia, Citrobacter, Klebsiella. Los Coliformes fecales también son bacilos Gram negativos, estos fermentan la lactosa a $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$. La especie más representativa es Escherichia coli (CÁNEPA DE VARGAS, 2004).

2.2.1.11 Pesticidas

Son compuestos orgánicos utilizados en agricultura para control de plagas, maleza, entre otros. Dependiendo de su composición, sus efectos son diversos sobre el ambiente y sobre la salud humana (CÁNEPA DE VARGAS, 2004).

Los pesticidas organoclorados contienen en su estructura átomos de cloro, generalmente se acumulan en los tejidos grasos de los organismos vivos, son compuestos bioacumulables y persistentes en el ambiente, entre ellos están: DDT, Aldrín, Dieldrín, Endrín, Mirex (CALVA, 1998).

Los pesticidas organofosforados son compuestos orgánicos sintéticos que tienen fósforo en su estructura, son ésteres de ácido fosfórico que penetran fácilmente en las barreras biológicas, se adhieren a tejidos grasos y son persistentes en el medio ambiente. Entre los pesticidas organofosforados se pueden nombrar: Malathion, Sumithion, Parathion (OBIOLS, 1999).

Cuando en un cuerpo hídrico se tiene la presencia de pesticidas, es importante establecer un método de desinfección adecuado, pues la desinfección con cloro

puede generar la aparición de trihalometanos, sustancias cancerígenas que resultan de la reacción entre la materia orgánica con el cloro (IBARGUEN, 2008).

2.3 NORMATIVA DEL AGUA EN EL ECUADOR

2.3.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008

En la actual Constitución del Ecuador se establece el derecho del ser humano a recibir agua potable que garantice la salud de la población al consumirla. Así también a garantizar la calidad de vida de la población a través del cumplimiento de derechos complementarios como el derecho a la salud, alimentación, entre otros. Además se proclama que el agua no podrá ser privatizada y su uso deberá ser público, siendo el agua patrimonio nacional estratégico.

- **Artículo 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.”
- **Artículo 32.** “La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir. El Estado garantizará este derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales educativas y ambientales. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia y eficacia, precaución y bioética, con enfoque género y generacional.”
- **Artículo 66.** “Se reconoce y garantizará a las personas:
2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios.

25. El derecho a acceder a bienes y servicios públicos y privados de calidad, con eficiencia, eficacia y buen trato, así como a recibir información adecuada y veraz sobre su contenido y características.”

- **Artículo 276.** “El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:
 - 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.”

- **Artículo 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, 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.”

2.3.2 INSTRUMENTOS INTERNACIONALES

Algunos de los instrumentos internacionales en los que se regula el tema del agua se mencionan a continuación:

La Declaración de derechos humanos de la ONU, que en su artículo 14, literal h, expresa que todos los seres humanos tienen derecho a gozar de condiciones de vida adecuadas, particularmente en las esferas de la vivienda, los servicios sanitarios, la electricidad y el abastecimiento de agua.

En la Resolución aprobada en Asamblea general de la Organización de las Naciones Unidas del 28 de julio del 2010, se reconoce que el derecho al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos.

En la Declaración del Milenio de las Naciones Unidas Resolución 55/2 de la Asamblea General, de 8 de septiembre de 2000 se decidió como propósito reducir a la mitad, para el año 2015 reducir a la mitad el porcentaje de personas que carezcan de acceso a agua potable o que no puedan costearlo.

2.3.3 LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS

La Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua engloba de manera general, las políticas para el uso del agua tanto para consumo humano como para los diferentes sectores productivos.

- **Artículo 10.-** Dominio hídrico público. “El dominio hídrico público está constituido por los siguientes elementos naturales:
 - a) Los ríos, lagos, lagunas, humedales, nevados, glaciares y caídas naturales;
 - b) El agua subterránea;
 - c) Los acuíferos a los efectos de protección y disposición de los recursos hídricos.
 - d) Las fuentes de agua, entendiéndose por tales las nacientes de los ríos y de sus afluentes, manantial o naciente natural en el que brota a la superficie el agua subterránea o aquella que se recoge en su inicio de la escorrentía;
 - e) Los álveos o cauces naturales de una corriente continua o discontinua que son los terrenos cubiertos por las aguas en las máximas crecidas ordinarias;
 - f) Los lechos y subsuelos de los ríos, lagos, lagunas y embalses superficiales en cauces naturales;
 - g) Las riberas que son las fajas naturales de los cauces situadas por encima del nivel de aguas bajas;
 - h) La conformación geomorfológica de las cuencas hidrográficas, y de sus desembocaduras; las obras o infraestructura hidráulica de titularidad pública y

sus zonas de protección hidráulica se consideran parte integrante del dominio hídrico público.”

- **Artículo 12.-** “El Estado, sistemas comunitarios, juntas de agua potable y de riego, consumidores y usuarios, son corresponsables de la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley. La Autoridad Única del Agua, los Gobiernos Autónomos Descentralizados, los usuarios, las comunas, pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua, serán responsables de su manejo sustentable e integrado así como de la protección y conservación de dichas fuentes, de conformidad con las normas de la presente Ley y las normas técnicas que dicte la Autoridad Única del Agua, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional y las prácticas ancestrales. El Estado en sus diferentes niveles de gobierno destinará los fondos necesarios y la asistencia técnica para garantizar la protección y conservación de las fuentes de agua y sus áreas de influencia. En caso de no existir usuarios conocidos de una fuente, su protección y conservación la asumirá la Autoridad Única del Agua en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en cuya jurisdicción se encuentren, siempre que sea fuera de un área natural protegida. Los propietarios de los predios en los que se encuentren fuentes de agua y los usuarios del agua estarán obligados a cumplir las regulaciones y disposiciones técnicas que en cumplimiento de la normativa legal y reglamentaria establezca la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional para la conservación y protección del agua en la fuente.”
- **Artículo 34.-** Gestión integrada e integral de los recursos hídricos. La Autoridad Única del Agua es responsable de la gestión integrada e integral de los recursos hídricos con un enfoque ecosistémico y por cuenca o

sistemas de cuencas hidrográficas, la misma que se coordinará con los diferentes niveles de gobierno según sus ámbitos de competencia.

- **Artículo 57.-** “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 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.”
- **Artículo 58.-** Exigibilidad del derecho humano al agua. “Las personas, comunidades, pueblos, nacionalidades, colectivos y comunas podrán exigir a las autoridades correspondientes el cumplimiento y observancia del derecho humano al agua, las mismas que atenderán de manera prioritaria y progresiva sus pedidos”.

2.3.4 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA PARA EL MEDIO AMBIENTE (TULSMA)

El TULSMA es un compendio de leyes ecuatorianas orientadas a la protección del medio ambiente, divididas en varios libros y sus anexos para la legislación y establecimiento de los derechos y deberes de los diferentes actores involucrados en la gestión ambiental y protección de los recursos naturales.

Para el presente proyecto, se ha utilizado como referencia el LIBRO VI del TULSMA, que trata de la Calidad Ambiental. Establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental.

El Libro VI, contiene varios anexos donde se encuentran las normas técnicas y se establecen los límites para evitar la contaminación de acuerdo al uso que se da a los recursos: agua, aire, suelo, biodiversidad. Esta normativa detalla las características que deben tener las fuentes de agua de acuerdo al tipo de tratamiento que ha de utilizarse para su potabilización, con la intención de garantizar su calidad respecto al uso que se dará al recurso.

En las tablas 2.1 y 2.2 se muestran los criterios de calidad para las fuentes de agua que se destinen a consumo humano y doméstico que requieran tratamiento convencional o únicamente desinfección, respectivamente. Se especifican los límites máximos permisibles de los parámetros que definen la calidad del agua.

TABLA 2.1. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO QUE REQUIEREN TRATAMIENTO CONVENCIONAL

| PARÁMETRO | EXPRESADO COMO | UNIDAD | CRITERIO DE CALIDAD |
|---------------------|--------------------------------------|----------------|---------------------|
| Coliformes fecales | NMP | NMP/100ml | 2000 |
| Color | Color real | Unidades Pt-Co | 75 |
| Nitratos | NO ₃ | mg/L | 50 |
| Potencial hidrógeno | pH | | 6 – 9 |
| Turbiedad | Unidades Nefelométricas de Turbiedad | UNT | 100 |

Fuente: Libro VI, TULSMA.

TABLA 2.2. CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO QUE REQUIEREN ÚNICAMENTE DESINFECCIÓN

| PARÁMETRO | EXPRESADO COMO | UNIDAD | CRITERIO DE CALIDAD |
|---------------------|--------------------------------------|----------------|---------------------|
| Coliformes fecales | NMP | NMP/100ml | 20 |
| Color | Color real | Unidades Pt-Co | 15 |
| Nitratos | NO ₃ | mg/L | 50 |
| Potencial hidrógeno | pH | unidades de pH | 6 – 9 |
| Turbiedad | Unidades Nefelométricas de Turbiedad | UNT | 5 |

Fuente: Libro VI, TULSMA.

2.3.5 NORMA TÉCNICA INEN 1108:2010 PARA AGUA POTABLE

La Norma Técnica INEN 1108:2010 para Agua Potable contiene las especificaciones que debe cumplir el agua destinada a consumo humano, se aplica a sistemas de agua de redes de distribución y tanqueros. En esta norma se dan los límites máximos permisibles de parámetros físicos, químicos y biológicos que aseguren agua de calidad para las personas. En la tabla 2.3 se presentan los límites máximos permisibles de los parámetros tomados en cuenta en este estudio, para el caso de agua tratada.

TABLA 2.3. REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR EL AGUA POTABLE

| PARÁMETRO | UNIDAD | LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE |
|----------------------|----------------|--------------------------|
| Coliformes fecales | NMP/100ml | <1,1 |
| Color | UTC | 15 |
| Nitratos | mg/L | 50 |
| Potencial hidrógeno | unidades de pH | 6 – 9 |
| Turbiedad | UNT | 5 |
| Cloro libre residual | mg/L | 0,3 - 1,5 |

Fuente: Norma Técnica INEN 1108:2010

En el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm³ o 10 tubos de 10 cm³ ninguno es positivo.

2.4 GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

En el Manual para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) en cuencas realizado por Global Water Partnership (2009), se define a la GIRH como un proceso que permite la gestión coordinada del agua, la tierra y los recursos asociados dentro de los límites de una cuenca para optimizar y compartir equitativamente el resultante bienestar socioeconómico sin comprometer la salud de los ecosistemas vitales a largo plazo.

La GIRH consiste en un sistema de planificación y control a través de cuencas hidrográficas, que incluye a los diferentes niveles de gobierno con el objeto de manejar los recursos hídricos desde la fuente hasta el servicio de suministro de agua potable.

La importancia de la implementación de la GIRH radica en la gestión del territorio a partir de la cuenca hidrográfica, lo que permite conocer las poblaciones, las actividades económicas, los usos del suelo, los conflictos territoriales y otros factores que afectan al recurso hídrico. De igual manera, se promueve un vínculo entre las instituciones, lo que impide la superposición de competencias entre entidades y un diálogo más directo entre niveles de gobierno.

La integración de recursos hídricos en las cuencas incluye las siguientes etapas:

- La creación de sistemas de gestión de cuencas depende de la voluntad política y una gestión que incluya la participación de distintos niveles de autoridad y demás partes interesadas mediante el diálogo. Además requiere la elaboración de leyes y políticas a nivel nacional, provincial y local, en las que se establezcan los roles y responsabilidades de los diferentes actores en el aprovechamiento y gestión de los recursos hídricos. No solo se debe cumplir con la legislación nacional, sino que se deben tomar en cuenta los acuerdos internacionales, incluso cuando no se trata de cuencas transfronterizas.
- Se deben crear organismos de cuenca, los mismos que serán públicos y actuarán como portavoces del dialogo entre los involucrados dentro de la gestión del agua, entre sus funciones principales están: monitorear, investigar, coordinar y regular; planificar y financiar; desarrollar y administrar los recursos hídricos. La regulación estará a cargo del ministerio pertinente, el mismo que normará la fijación de precios y directrices en materia de calidad del agua, desarrollará leyes y políticas, control de extracciones y descargas y auditoría del desempeño de las demás instituciones. La gestión estará a cargo de la autoridad en materia de gestión de recursos naturales o cuencas, que evaluará y desarrollará estrategias, concesión de caudales, investigación, planificación del aprovechamiento, financiación de planes de acción a nivel de cuencas, entre otros. La operación de servicios deberá estar en manos de empresas de servicios públicos estatales, privados o mixtos, que construyan y operen el suministro del agua, el alcantarillado, plantas de tratamiento de aguas residuales y los sistemas de desagüe y riego, además del mantenimiento de la infraestructura, proporción de asesoría técnica, cobro del servicio suministrado.

- Los sistemas de gestión de cuencas requieren de financiamiento adecuado, confiable y sostenido; las fuentes de ingresos pueden ser tarifas, impuestos y transferencias (subsidios o donaciones); los mismos que se utilizarán para cumplir con sus funciones de custodia del recurso, el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura y la operación del organismo de cuenca.
- Planificación estratégica a largo plazo implica fijar objetivos a largo plazo para la gestión de recursos hídricos de la cuenca. Se deben cubrir áreas clave como problemas, prioridades, acciones de gestión, costos y beneficios, y evaluación de riesgos. Vincula acciones a nivel de cuencas con la gestión a nivel regional y nacional. Debe ser flexible para adaptarse a nueva información y cambio de circunstancias. Se deben identificar problemas mediante el método de los estudios de alcance o de la evaluación inicial del impacto para reconocer su gravedad, afectados, y posibilidad de resultados a corto plazo; es importante establecer prioridades. Para la toma de decisiones se utilizarán modelos y herramientas como los sistemas de información geográfica, modelos de optimización y simulación, entre otros.
- Los planes de acción a nivel de cuencas implican el cómo desarrollar las acciones para cumplir las metas y objetivos a corto plazo con el fin de implementar estrategias a largo plazo; detallará recursos, acciones, legislación, distribución de costos y rendirá cuentas de las acciones a las partes interesadas y cómo realizarlo.
- Dentro de los sistemas de información y monitoreo de cuencas debe crearse una base de datos físicos, biológicos, sociales y económicos sobre la cuenca, y de que los mismos se relacionen con las estrategias de gestión y de los planes de acción, también se debe procurar que la información sea de fácil manejo y esté disponible para las partes interesadas.
- Finalmente, es fundamental la buena comunicación entre los actores involucrados, que facilite el intercambio de información y permita evaluar el sistema a través de la retroalimentación para su modificación o mejora. Por otro lado, permitirá la generación de conciencia y educación para la población implicada.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Gualea es una de las 33 parroquias rurales pertenecientes al DMQ, Provincia de Pichincha. Se encuentra a 76 km al noroccidente de la capital ecuatoriana, en las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes, que corresponde a la Biorregión del Chocó Ecuatoriano.

Sus límites políticos son:

- Al Norte: La provincia de Imbabura.
- Al Sur: El cantón San Miguel de los Bancos.
- Al Este: La parroquia de Nanegalito y Nanegal.
- Al Oeste: La parroquia de Pacto.

La zona en la que se centra el estudio abarca dos poblados de la parroquia: Gualea (cabecera parroquial) y Gualea Cruz, los mismos que fueron elegidos como poblados representativos de cada uno de los sistemas de abastecimiento que se investigaron. Ambos poblados se ubican en la parte central de la parroquia.

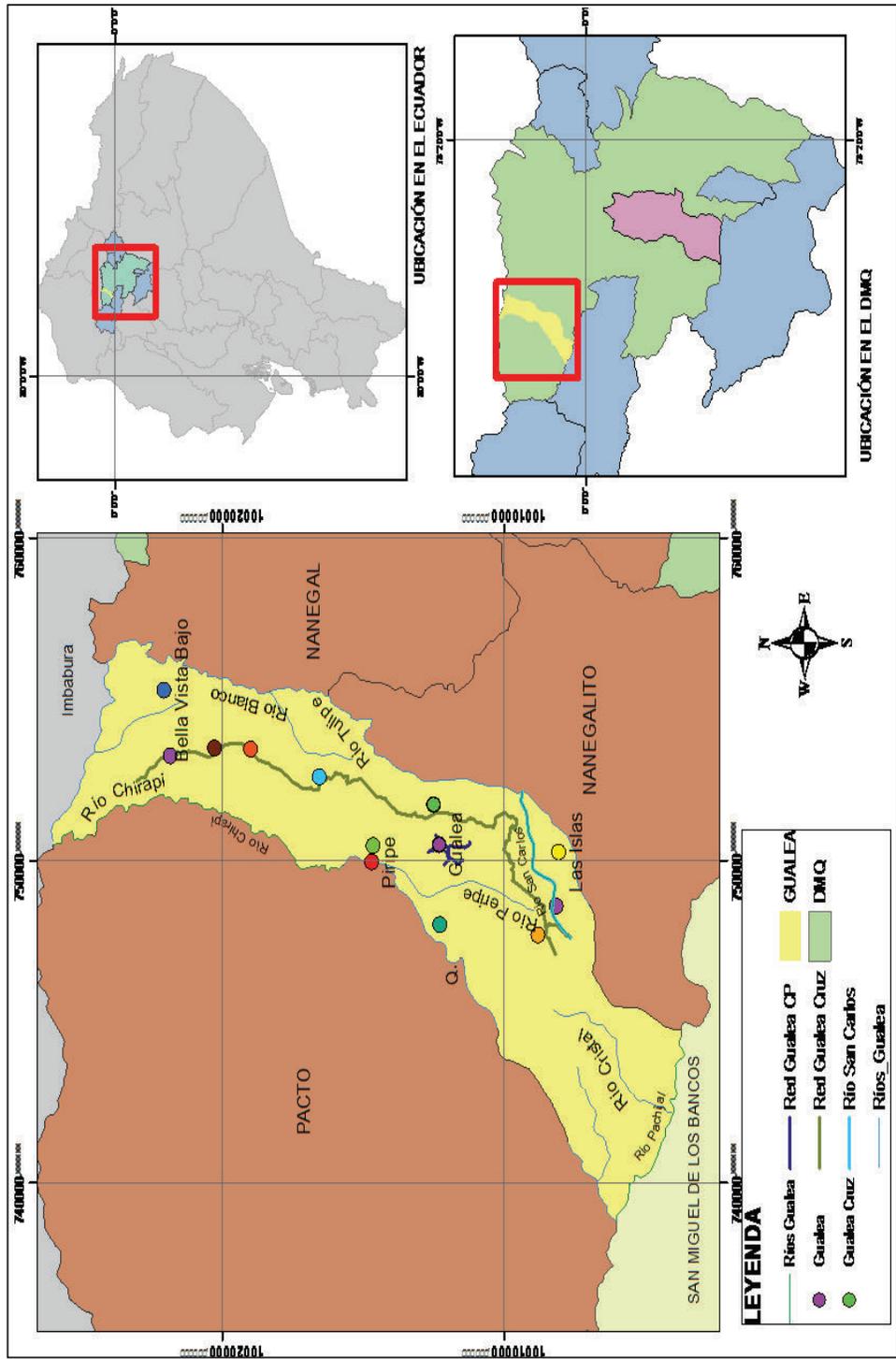
En el mapa 3.1 se pueden observar los poblados en estudio, los sistemas de abastecimiento en estudio y los cuerpos hídricos de la parroquia, así como la ubicación de Gualea dentro de la provincia de Pichincha.

3.2 HIDROLOGÍA

Gualea se encuentra en la cuenca del río Esmeraldas y en la subcuenca del río Guayllabamba. Este territorio está rodeado por ríos, los mismos que la delimitan geográficamente, véase el mapa 3.1:

- Al norte: el río Guayllabamba.
- Al sur: el río Pachijal.
- Al este: los ríos Tulipe y Alambi
- Al oeste: los ríos San José, Piripe, Chirapi.

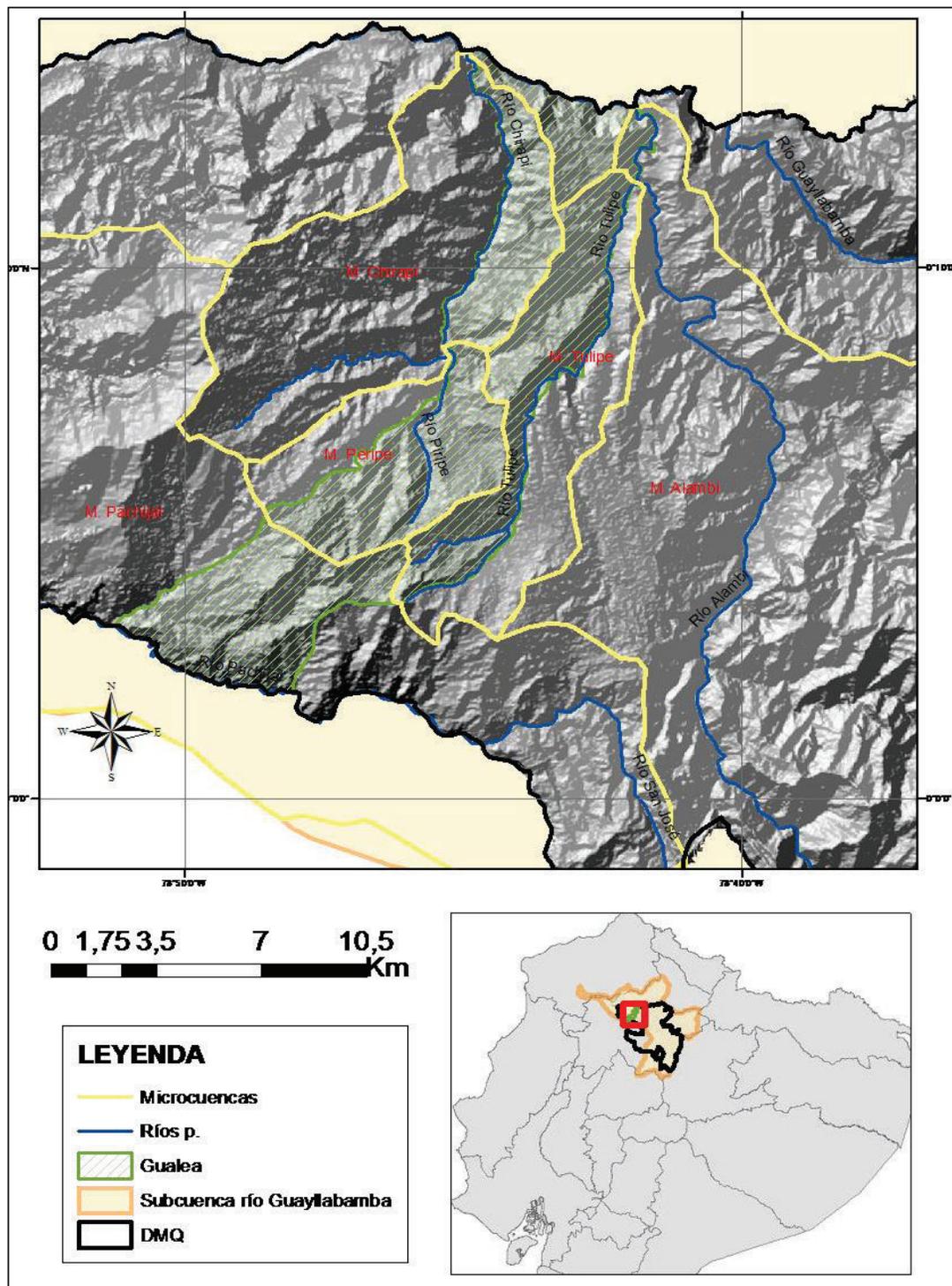
MAPA 3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: SNI- Geoportal IGM, 2013.

En el mapa 3.2 se muestran las subcuencas que abarcan la parroquia, siendo estas las correspondientes a los ríos Alambi, Chirapi, Peripe, Tulipe y Pachijal.

MAPA 3.2. HIDROLOGÍA DEL AREA DE ESTUDIO



Fuente: SNI, Geoportal IGM, 2013.

Gualea está dividida en dos zonas de drenaje que tienen su divisoria de aguas en la cota más alta de la parroquia que está a 1800 msnm. De esta cota hacia el sur las aguas superficiales desembocan al río Pachijal, que después de recorrer el costado sur del territorio de Gualea y la parroquia de Pacto, desemboca en el río Guayllabamba. Por el lado norte las aguas superficiales drenan al Oeste en el río Chirapi y al Este al río Tulipe que es afluente del Alambi y desembocan en el Guayllabamba (CAIRO S.A., 2015).

Además de los ríos mencionados, existen otros al interior de la parroquia como el río San Carlos, que abastece de agua a la población. Asimismo, se pueden encontrar varias quebradas que son utilizadas para el abastecimiento doméstico, riego, ganadería, y como receptoras de las aguas residuales, algunas de las quebradas que vale la pena mencionar son Quebrada Alcabala, Quebrada el Tigre y el río Guanábana los cuales son cuerpos hídricos receptores de aguas residuales.

Se describen algunos de los cuerpos hídricos que bañan la parroquia:

3.2.1 RÍO CHIRAPI

Se encuentra a una altitud de 1200 msnm, donde las temperaturas oscilan entre 20 y 24 °C. En la zona del río las precipitaciones anuales van desde los 2000 mm a los 2600 mm de agua. Atraviesa las parroquias de Pacto, Nanegal y Gualea hasta desembocar en el río Guayllabamba. Como se menciona en el Plan de Ordenamiento Territorial de Gualea para el año 2015, este río recibe las aguas residuales de las cabeceras parroquiales de Gualea y Pacto, y de la población de Urcutambo. (Véase mapa 3.3)

3.2.2 RÍO GUAYLLABAMBA

El río Machángara atraviesa la ciudad de Quito y recepta las aguas servidas, convirtiéndose en un cuerpo hídrico altamente contaminado (Véase mapa 3.3). Al unirse el río Machángara con el Guayllabamba este adquiere una carga contaminante elevada, y continua contaminándose a lo largo de su recorrido por las parroquias aledañas, que descargan sus aguas residuales directamente al río o bien a los afluentes del mismo. Todos los cuerpos hídricos de la parroquia desembocan en el río Guayllabamba.

3.2.4 RÍO SAN CARLOS

El río San Carlos es un cuerpo hídrico que nace de la parte alta de la parroquia de Gualea, se encuentra rodeado de vegetación nativa mezclada con cultivos de ciclo corto y pasto cultivado. En la zona baja del río se encuentra el poblado de Tulipe, en donde se une con el río del mismo nombre, en esta zona recibe aguas residuales provenientes de los hogares de los pobladores. El río Tulipe, atraviesa toda la parroquia de sur a norte hasta su unión con el río Alambi, que desemboca en el Río Guayllabamba.

El río San Carlos es de fundamental importancia ya que es utilizado como fuente de agua potable. Tiende a disminuir su caudal en verano, de manera que no logra satisfacer a la población. (Ver mapa 3.4)

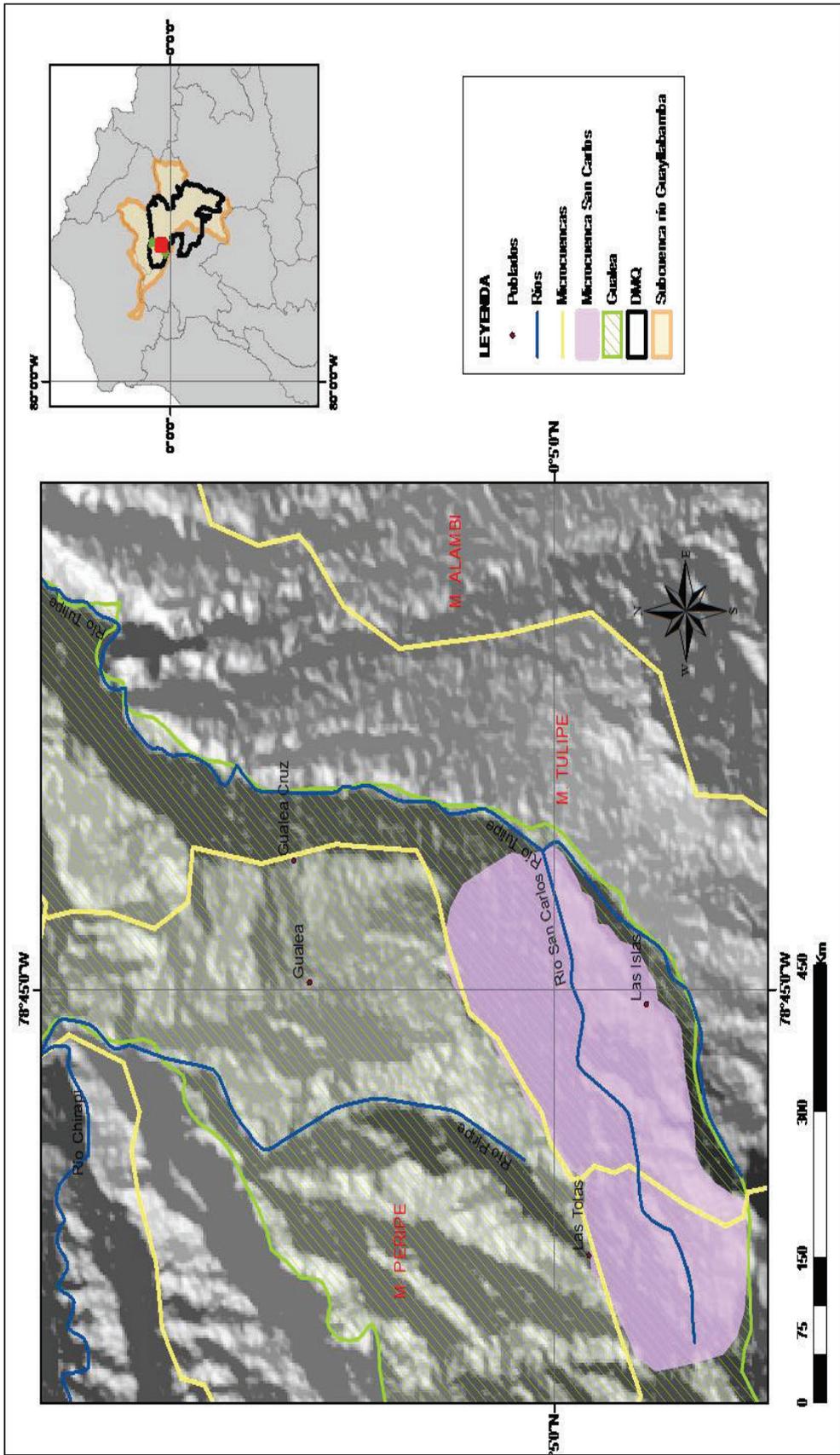
En la cuenca hidrográfica del río San Carlos, alrededor de su nacimiento, el suelo es utilizado para producción de cultivos; la cuenca media está ocupada por bosques intervenidos y en la cuenca baja se une con el río Tulipe, en donde el suelo se destina a otros usos.

La cuenca se puede ver amenazada por actividades antrópicas de los poblados Bellavista Alto, Las Islas y Las Tolas, los mismos que se ubican dentro de la cuenca hidrográfica. Como se indica en el mapa 3.4, el agua que se utiliza de esta cuenca proviene de la vertiente Las Islas y de la captación del Río San Carlos y se destina a satisfacer la demanda de gran parte de la parroquia.

Respecto a las aguas subterráneas, se pueden encontrar innumerables vertientes, de las cuales se abastece una parte de los habitantes, generalmente estas se encuentran en propiedades privadas y se usan por sus dueños para cubrir sus necesidades. Es posible afirmar que en la mayor parte del Ecuador existe agua subterránea dulce disponible, indicándose que en los valles del Callejón Interandino los acuíferos son pequeños, mientras que los más abundantes se localizan en la cuenca del río Guayas y en los aluviones del Oriente (CEPAL, 2012).

Las vertientes del sistema Las Islas fortalece la captación del río San Carlos, además cada uno de los poblados cuenta con sus propias quebradas y vertientes de donde recolectan agua a través de sistemas de agua que puede ser potabilizada o bien mediante conexiones individuales.

MAPA 3.3. CUENCA DEL RÍO SAN CARLOS



Fuente: SNI – IGM, 2013.

3.3 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Se recogió información de dos actores principales, para establecer criterios de cada una de las partes involucradas y contrastarlos: La EPMAPS, y la población.

Se solicitó información a la EPMAPS sobre los sistemas de abastecimiento que maneja en la parroquia y se realizaron entrevistas para recabar datos sobre los procesos de tratamiento y el servicio que se ofrece.

Los mapas se realizaron con el software libre Quantum GIS 1.7.4 con cartografía base obtenida de los portales web del SNI y del IGM.

Se efectuaron encuestas socioeconómicas y reuniones con los habitantes del lugar y sus autoridades, quienes contribuyeron con su percepción del servicio y los problemas que identifica en cuanto a la dotación del agua.

Por otro lado, se obtuvieron datos y estadísticas del INEC y se ha tomado en cuenta el Plan de Ordenamiento Territorial del año 2015 para poner en contexto la situación actual de la parroquia.

Previamente, se han realizado varios estudios en la región sobre temas como el turismo, desarrollo de actividades económicas, tanto para el sector privado como el público, los cuales se han tomado como fuentes de información para el presente proyecto.

3.4 PROGRAMA DE MONITOREO

El programa de monitoreo que se definió para el presente estudio se enfocó en la definición del estado general del agua que se utiliza como fuente para consumo humano y la forma en la que llega a los usuarios.

Se siguieron los siguientes pasos para el desarrollo del proyecto:

- Con información de las redes de abastecimiento previamente solicitadas a la EPMAPS, se limitó el área de estudio.
- Se establecieron sitios de muestreo que permitan evaluar la calidad del agua que se toma para cada sistema y de la que llega a la población.

- Se determinaron los parámetros que se analizarían en cada uno de los puntos, de manera que permitan conocer si el agua de las fuentes y de los hogares cumple la normativa y si el tratamiento es adecuado.
- Se definieron los materiales y métodos de muestreo.
- Se establecieron las técnicas de medición de parámetros in situ.
- Finalmente se determinaron los mecanismos de conservación y transporte para el análisis de las muestras en laboratorio.

3.4.1 PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA

Para determinar los puntos de toma de muestra se consideró la información obtenida de la EPMAPS, que define dos sistemas principales:

- El sistema de abastecimiento principal denominado San Carlos-Las Islas
- El sistema de abastecimiento de Gualea (cabecera parroquial).

El primero dota de agua a la mayor parte de la parroquia, incluye a las poblaciones: Gualea Cruz, El Porvenir, Urcutambo, Santa Martha, Bellavista y El Belén. El segundo, abastece únicamente a la población de la cabecera parroquial. Por esta razón, se escogieron dos poblados representativos, uno de cada sistema existente: Gualea y Gualea Cruz.

Con el objetivo de analizar la calidad del agua que se utiliza para dotar el servicio a la población se tomaron muestras en los tanques de captación de cada uno de los sistemas. Para evaluar las fuentes del Sistema San Carlos-Las Islas se tomó una muestra en el tanque de captación de la vertiente Las Islas y otra en la captación del río San Carlos. Para el sistema de la cabecera parroquial se obtuvo una muestra en cada uno de los tanques de captación de las tres vertientes existentes.

Por otro lado, se evaluó la calidad del agua que recibe la población en sus hogares, para lo cual se escogieron lugares de venta de alimentos y baños públicos, ubicados en cada poblado, los mismos que debieron estar conectados a la red de agua potable directamente sin contar con tanques de almacenamiento privados.

3.4.1.1 Puntos de toma de muestra y medición de caudales

En Gualea (cabecera parroquial) se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

- Vertiente Las Guaduas
- Vertientes Los Motilones-El Carmen
- Vertiente La Chelita
- Unidad Sanitaria
- Restaurante

En Gualea Cruz, los sitios de muestreo de agua fueron:

- Sistema de vertientes Las Islas.
- Captación del Río San Carlos.
- Vivienda (venta de comida rápida).

En la tabla 3.1 se listan los puntos y las coordenadas en donde se tomaron las muestras y en donde se midieron los caudales.

TABLA 3.1. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

| PUNTO DE MUESTREO | COORDENADAS | |
|--|--------------|---------------|
| | Latitud | Longitud |
| Vertiente La Chelita | 0° 5'11.00"N | 78°43'46.00"O |
| | | |
| Vertiente Las Guaduas | 0° 6'30.00"N | 78°45'14.00"O |
| | | |
| Vertientes Los Motilones y El Carmen | 0° 6'3.09"N | 78°45'9.22"O |
| | | |
| Unidad Sanitaria | 0° 6'43.05"N | 78°44'59.75"O |
| | | |
| Restaurante Gualea (Cabecera Parroquial) | 0° 6'39.95"N | 78°44'53.03"O |
| | | |
| Vertiente Las Islas | 0° 3'55.14"N | 78°45'48.83"O |
| | | |
| Captación del Río San Carlos | 0° 4'7.78"N | 78°46'12.75"O |
| | | |
| Vivienda en Gualea Cruz | 0° 5'25.52"N | 78°43'0.68"O |
| | | |

Los lugares ubicados en los barrios se seleccionaron considerando sitios en donde la población puede estar más expuesta debido al consumo de alimentos como el caso del restaurante y los sitios de venta de comida rápida, así como en sitios de acceso gratuito al recurso como la unidad sanitaria, a donde accede gran parte de la población para usar los baños o el agua del grifo. Además se procuró que las viviendas no posean tanques de reserva o almacenamiento de agua.

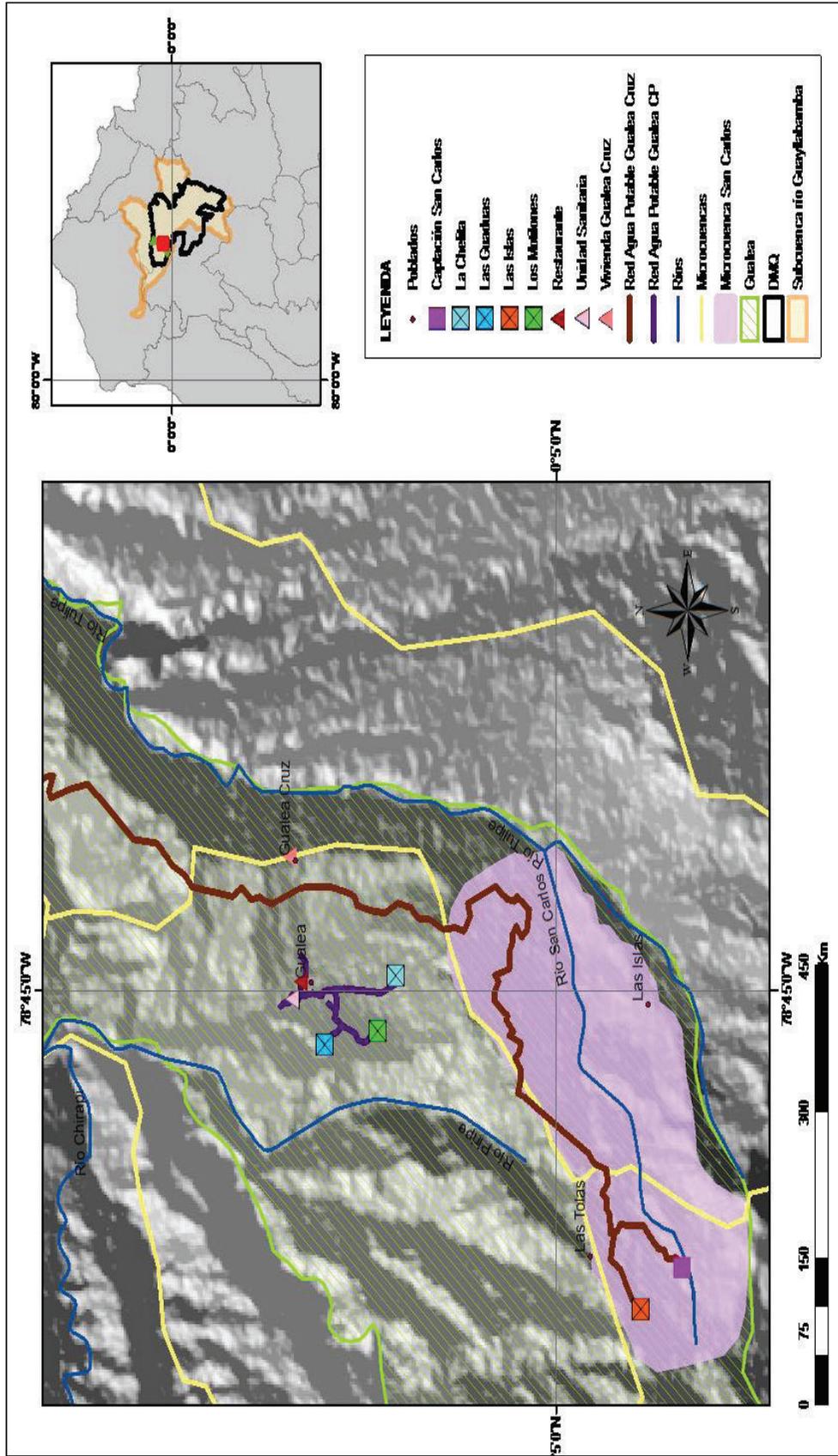
En el mapa 3.4 se indican los puntos de muestreo de la tabla 3.1, se señala el río San Carlos en cuya captación se tomó una muestra de agua y los tanques de captación de las vertientes se representan con un cuadrado cruzado, mientras los demás puntos de muestreo de la red de distribución se simbolizan con un triángulo. Los poblados cercanos se visualizan a partir de círculos. Además se pueden apreciar los dos sistemas de abastecimiento en estudio y la cuenca del río San Carlos, obtenida en base a información pública del IGM, la misma que ha sido procesada en el programa ArcGIS 10.3.

3.4.1.2 Determinación de los parámetros a evaluarse

En la tabla 3.2 se listan los parámetros que se evaluaron y se especifica si su medición se realizó en el sitio o en el laboratorio. Los parámetros físicos, químicos y biológicos ayudaron a determinar si el recurso cumple la normativa vigente en cuanto a su aptitud para el consumo humano.

Los parámetros que se midieron, permitieron evaluar si el agua de las vertientes cumple con los requisitos para recibir tratamiento convencional o desinfección, y si las condiciones de captación, conducción, tratamiento y distribución preservan la calidad del recurso y son descritos a continuación.

MAPA 3.4. PUNTOS DE MUESTREO.



Fuente: SNI – Geoportal IGM, 2013.

TABLA 3.2. PARÁMETROS REALIZADOS EN LAS MUESTRAS DE AGUA.

| TIPO DE PARÁMETRO | PARÁMETRO | LUGAR DE ANÁLISIS |
|-------------------|-------------------------------|----------------------|
| Físicos | Sólidos totales | Laboratorio |
| | Color | Laboratorio |
| | Turbidez | In situ/ Laboratorio |
| | Temperatura | In situ |
| | Conductividad | In situ/ Laboratorio |
| | pH | In situ |
| Químicos | Nitratos (N-NO ₃) | Laboratorio |
| | Oxígeno disuelto | In situ |
| | Cloro libre residual | In situ/ Laboratorio |
| | Pesticidas organofosforados | Laboratorio |
| | Pesticidas organoclorados | Laboratorio |
| Biológicos | Índice de coliformes fecales | Laboratorio |

Los sólidos totales, color y turbiedad se midieron para conocer si la presencia de sedimentos en la infraestructura de captación alteraba las características del recurso. Se evalúan con el fin de determinar la cantidad de impurezas en el agua, las mismas que pueden influir sobre las características físicas del agua como color, sabor y olor.

El color del agua se midió puesto que es una característica visual que no es aceptada por la población en general, además es importante pues revela la presencia de sustancias químicas y materia que puede afectar la calidad del recurso.

La turbiedad se analizó porque valores elevados de ella provocan la reducción de la transparencia del agua y puede afectarse la eficiencia de procesos de desinfección.

La temperatura se midió en el agua porque permite evaluar su relación con otros parámetros como el pH y con el crecimiento bacteriano, sobre los que tiene gran impacto, así como la influencia que tiene sobre procesos de tratamiento.

La conductividad fue uno de los parámetros analizados puesto que altos niveles del mismo puede afectar a las tuberías y otras estructuras sanitarias, ya que provoca incrustaciones al influir sobre la dureza.

El pH se determinó con el fin de medir la acidez o alcalinidad del agua, la cual interfiere sobre algunos procesos de tratamiento como la floculación y la desinfección. También provoca corrosión e incrustaciones en las estructuras hidráulicas.

Al analizar nitratos se evaluó si en el agua existe materia orgánica proveniente de la contaminación por pesticidas o por la presencia de residuos animales o humanos, altos niveles de nitratos. Asimismo el oxígeno disuelto en el agua, sirvió para determinar si el agua tiene materia orgánica y microorganismos, debido a que esta reacciona con el oxígeno y se consume por procesos de respiración y descomposición.

El cloro libre residual se determinó porque cantidades elevadas de cloro pueden afectar a la salud y cantidades muy bajas no garantizan la desinfección adecuada del agua. Es fundamental determinar si hay la presencia de materia orgánica en el agua, pues al contacto con el cloro pueden producirse trihalometanos, sustancias cancerígenas.

La concentración de pesticidas en el agua se estudió en algunas de las captaciones, alrededor de las cuales el terreno ha sido transformado en área de cultivos y pastizales en los que se utilizan estos compuestos orgánicos para matar la maleza, para determinar si se produce contaminación no puntual al infiltrarse las sustancias con el agua en el suelo.

Se ha determinado el índice de coliformes fecales en el agua debido a que pueden afectar la salud de la población con enfermedades gastrointestinales. Las fuentes se localizan cerca de lugares de pastoreo en donde se observó presencia de animales, cuyas excretas se transportan con el agua hacia los acuíferos o cursos de agua superficiales.

3.4.1.3 Materiales y técnicas de medición de caudales

Los caudales fueron medidos utilizando el método volumétrico y diferentes técnicas de acuerdo a las características de las fuentes. Se utilizó un GPS para medir las coordenadas de todos los puntos.

Para calcular el caudal de la Vertiente La Chelita se utilizó un envase plástico, en el que se recolectó el agua proveniente de la única tubería que abastece al tanque de captación, midiendo con un cronómetro el tiempo que tarda en llegar a una altura del recipiente, previamente marcada. A continuación se calculó el volumen del recipiente utilizando la fórmula geométrica 3.1, del volumen de un cilindro con la medición del diámetro del envase y altura marcada. Finalmente, se utilizó la fórmula 3.2 que relaciona el volumen y el tiempo para obtener el caudal.

$$V = \pi \frac{D^2}{4} h \quad (3.1)$$

Donde:

V: volumen del cilindro

D: diámetro del envase

h: altura de la marca

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3.2)$$

Donde:

Q: caudal

V: volumen del envase

t: tiempo de llenado

Para el caso de la vertiente Las Guaduas, se recogió agua por un intervalo de cinco segundos en un envase plástico de cuatro litros de capacidad. Se marcó la altura que alcanza el agua en el recipiente. Se repitió el proceso por tres ocasiones para tener un valor promedio y se utilizaron las ecuaciones 3.1 y 3.2 para el cálculo del caudal utilizando los promedios obtenidos. La misma metodología se utilizó para el sistema de vertientes de Las Islas y la vertiente Los Motilones-El Carmen.

Para medir el caudal de la captación del Río San Carlos se utilizó la misma metodología pues todo el caudal del río se dirige al tanque desarenador, en este se

tiene una caída de agua en donde se colocó un recipiente de aproximadamente 20 litros de capacidad. Para este caso se tomó un tiempo de 3 segundos y se marcó la altura que alcanzó el agua, se midió el diámetro del balde y la altura, repitiendo el proceso por tres ocasiones para obtener un promedio y con estos valores se utilizaron las ecuaciones 3.1 y 3.2 para obtener el volumen y caudal respectivamente.

Para cada punto de medición se estableció un tiempo de acuerdo a la cantidad de agua de cada vertiente. Cuando exista más de una entrada de agua al tanque de captación, se midieron cada una de las entradas de agua y luego se sumaron los resultados de caudal obtenidos.

3.4.1.4 Materiales y técnicas de muestreo

Se realizó un muestreo esquematizado ya que fueron necesarios obtener datos de la calidad del agua en las fuentes y en la red de distribución, para lo cual se tomaron muestras simples y puntuales en los tanques de captación de vertientes y de las obras de captación de aguas superficiales.

Para el muestreo se utilizaron los procesos definidos por las Normas Técnicas Ecuatorianas del INEN y por el documento de la IUCN, sobre Mecanismos e instrumentos para el monitoreo de la calidad del agua.

Materiales

| | |
|--|------------------|
| Recipiente de polietileno blanco de 4 L. | Encendedor. |
| Recipiente de vidrio ámbar de 2 L. | Potenciómetro. |
| Recipiente plástico estéril de 100 mL. | Conductivímetro. |
| Pastillas de tiosulfato de sodio. | Turbidímetro. |
| Agua destilada. | Hielo. |
| Kit de determinación de cloro portátil. | Hielera. |

Las Normas Técnicas Ecuatorianas fueron utilizadas para definir los protocolos de muestreo en campo ver anexo 3, se siguieron los pasos especificados para la realización del muestreo en el río, tanques de captación y grifos de la red de distribución, de acuerdo a la NTE INEN 2226:2000, NTE 2176:1998, NTE 2169:1998 y NTE 1105:1984.

Cada una de las muestras fue recolectada en un tipo de envase específico y siguiendo dependiendo de los parámetros a analizarse en cada una de ellas. En la tabla 3.3 se definen las muestras que se tomaron para los análisis de la calidad del agua, además se especifican los recipientes, el volumen y los puntos de muestreo.

TABLA 3.3. MUESTRAS DE AGUA RECOGIDAS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.

| FUENTE | VOLUMEN | RECIPIENTE | TIPO DE ANÁLISIS |
|---|---------|--------------------|-------------------------------|
| La Chelita, Los Motilones-El Carmen, Captación Río San Carlos, Las Islas. | 4 L | Polietileno blanco | Parámetros físicos y químicos |
| | 2 L | Vidrio ámbar | Pesticidas |
| | 100 mL | Plástico estéril | Parámetros Microbiológicos |
| Las Guaduas, Vivienda, Unidad Sanitaria, Restaurante | 4 L | Polietileno blanco | Parámetros físicos y químicos |
| | 100 mL | Plástico estéril | Parámetros Microbiológicos |

Fuente: NTE INEN 2169:98

En las muestras para análisis bacteriológicos, tomadas en los grifos de agua de las viviendas, fue necesario neutralizar el cloro agregando una pastilla de tiosulfato de sodio, la misma que se colocó en la muestra inmediatamente después de su recolección; para evitar que la presencia de cloro en la muestra provocara la muerte de los microorganismos durante el transporte, afectando el resultado del análisis.

En los tanques que tienen más de una tubería de entrada de agua, se tomaron las muestras del agua que se acumula en el fondo del tanque, y se procedió de manera similar al muestreo de agua en el río.

3.4.1.5 Medición de parámetros in situ.

Los parámetros in situ se evaluaron con equipo portátil obtenido del laboratorio docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional.

Los procesos de medición en el campo se detallan en el anexo 3 y se obtuvieron de las técnicas de utilización de cada equipo.

Los parámetros medidos en campo fueron pH, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura, turbiedad y cloro libre residual. Para ello se utilizó equipo portátil apto para cada uno de los parámetros, previamente calibrado.

Para el cloro libre residual, dado q los rangos de comparación son muy amplios, se enviaron las muestras al laboratorio para un análisis cuantitativo.

En la fotografía 3.1 se muestra la medición de la conductividad en campo en el punto de captación de la vertiente La Chelita.

FOTOGRAFÍA 3.1. MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD IN SITU.



3.4.1.6 Conservación y transporte de muestras

Una vez tomadas las muestras se etiquetó cada frasco; la etiqueta incluye: Nombre del técnico, identificación de la muestra, fecha y hora del muestreo, tipo de muestra y el (o los) análisis que se realizará en esa muestra.

Las muestras se guardaron en una caja aislada de luz, con hielo procurando que la temperatura sea de 4°C (TOMASINI, s/a). Para evitar que se alteren las propiedades de las muestras, los análisis fueron realizados a las 21 horas de haberlas tomado. Al momento de tomar las muestras, se procuró tapar rápido y con cuidado los recipientes para evitar la contaminación externa (IUCN, 2010).

3.4.1.7 Análisis de parámetros en laboratorio

Las muestras de agua recolectadas se llevaron al laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador, OSP. Este laboratorio acreditado utiliza las metodologías para el análisis de parámetros que se establecen en *Standard Methods* (APHA, 1999), las cuales se listan en la tabla 3.4.

TABLA 3.4. METODOLOGÍA DE LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS EN LABORATORIO.

| PARÁMETRO | MÉTODO |
|-------------------------------|--|
| Sólidos totales | MAM-29/ APHA 2540 B MODIFICADO |
| Color | MAM-76/ MÉTODO RÁPIDO MERCK |
| Turbidez | MAM-78/ MÉTODO RÁPIDO MERCK |
| Nitratos (N-NO ₃) | MAM-43/APHA 4500-NO ₃ -B MODIFICADO |
| Cloro libre residual | MAM-06/ APHA 4500 CI B MODIFICADO |
| Pesticidas organofosforados | MAL 79/ EPA 8270 D MODIFICADO |
| Pesticidas organoclorados | MAL 80/ EPA 8270 D MODIFICADO |
| Índice de coliformes fecales | MMI-12/SM 9221 – E |

Fuente: APHA, 1999.

3.5 ASPECTOS POBLACIONALES

3.5.1 ENCUESTAS SOCIOECONÓMICAS

3.5.1.1 Cálculo del tamaño de la muestra poblacional

Para designar una muestra poblacional fue necesario definir tres aspectos: el tipo de muestreo, el tamaño de la muestra y la estimación del error (LAGARES, 2001).

En este caso, el objetivo fue preguntar una sola vez a cada familia sobre el abastecimiento del recurso hídrico y las condiciones de vida en la parroquia, es por ello que el tipo de muestreo elegido fue el *muestreo probabilístico* y dentro de este, el *muestreo aleatorio sin reemplazo*, que consiste en una elección al azar de un

elemento de la población, en donde todos los elementos tienen la misma posibilidad de ser seleccionados para formar parte de la muestra, tomando en cuenta que un elemento no puede volver a ser seleccionado (LAGARES, 2001).

Para establecer el tamaño de la muestra, primeramente se determinó el nivel de confianza que es la probabilidad de que la muestra que se haya escogido influya en el resultado; y la probabilidad de ocurrencia de la encuesta, para este caso se tiene un 50% de probabilidad de que ocurra o no (MANCHENO, 2015).

De acuerdo a Murray y Larry (2009), citado en (MANCHENO, 2015), el nivel de confianza se obtiene de una distribución de Gauss, de acuerdo al porcentaje de certeza como se muestra en la tabla 3.5. El error no puede ser mayor a 10% debido ya que valores mayores reducen la validez de la información (MURRAY R., 2009).

TABLA 3.5. NIVEL DE CONFIANZA DE ACUERDO AL PORCENTAJE DE CERTEZA

| Certeza | 95% | 94% | 93% | 92% | 91% | 90% | 80% | 62.27% | 50% |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------|------------|
| Z | 1,96 | 1,88 | 1,81 | 1,75 | 1,69 | 1,65 | 1,28 | 1 | 0,6745 |
| E | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,20 | 0,37 | 0,50 |

Fuente: Murray y Larry (2009)

Para efectos del presente estudio se consideró un valor de certeza del 90%, correspondiente a al nivel de confianza $Z=1.65$ y un error máximo del 10% debido a que se toma en cuenta el error de selección porque en la parroquia no siempre se encuentran los propietarios de los terrenos, pues habitan normalmente en la ciudad de Quito, y acuden regularmente los fines de semana o en casos necesarios a sus tierras; y el error por no respuesta debido a que algunas personas de la tercera edad viven solas y fueron renuentes a responder la encuesta por temor al uso inadecuado de los datos. De acuerdo a datos del INEC, en la parroquia Gualea habitan 559 familias, valor que corresponde al universo del cual se extrajo la muestra representativa.

La expresión 3.1 obtenida de Murray y Larry (2009), permitió calcular el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{Z^2 p \times q \times N}{Ne^2 + Z^2 p \times q} \quad (3.1)$$

Donde,

N= universo

e= error máximo

n= tamaño de la muestra

Z= nivel de confianza

p= probabilidad de ocurrencia

q= probabilidad de no ocurrencia

$$n = \frac{(1.75)^2(0.5) \times (0.5) \times (559)}{(559)(0.08)^2 + (1.75)^2(0.5) \times (0.5)}$$

$$n = 98$$

Para la población total de Gualea se obtuvo una muestra de 98 personas a las cuales se aplicó la encuesta para que los resultados sean representativos y válidos.

3.5.1.2 Llenado de encuestas

De las encuestas socioeconómicas se pudo adquirir información valiosa que ayudó a comprender la percepción de la población respecto a la situación del recurso hídrico en la zona. La encuesta realizada se basó en la Encuesta socioeconómica para diagnóstico comunitario en Orizaba realizada por el Instituto Atenas de Orizaba, México. (Véase Anexo 1).

La encuesta se efectuó a 100 personas representantes de familia de los barrios Gualea, Gualea Cruz, San Luis, Las Tolas. Las encuestas se hicieron durante un evento público al que convocó el gobierno parroquial para la exposición sobre cocinas de inducción y al visitar una a una las casas de Gualea (cabecera parroquial). Se obtuvo el factor de muestreo (f) y factor de elevación (E) a partir de las ecuaciones 4.2 y 4.3, respectivamente (LAGARES, 2001).

$$f = \frac{n}{N} \quad (4.2)$$

$$E = \frac{N}{n} \quad (4.3)$$

El factor de muestreo dio como resultado 18% que corresponde al porcentaje de población encuestada; por otro lado el factor de elevación dio como resultado un valor de 6 que indica que cada familia encuestada representa a 6 familias de la parroquia.

3.5.1.3 Tratamiento de datos

Para el tratamiento de datos de las encuestas realizadas a la población se utilizó el programa informático IBM SPSS Statistics 22, en el que se introdujeron las preguntas de la encuesta a manera de variables. Se registraron cada una de las respuestas de la población en las respectivas variables, a continuación se escogió una variable y se programó la función estadística. El programa dio como resultado una tabla o gráfico que resume la información solicitada.

3.5.2 PROYECCIÓN POBLACIONAL

La proyección poblacional de la parroquia sirvió para determinar la demanda de agua que se tendrá y conocer si las fuentes actuales de agua podrían satisfacer tanto las necesidades actuales como futuras.

Dado que los proyectos de agua potable previstos en el Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado para Quito los definen como corto a mediano plazo, es decir cuya operación iniciaría en el año 2020 y las Normas de diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado establecen que el periodo de diseño de las obras de agua potable deben ser de 30 años (EMAAP-Q, 2008), se proyectó la población hasta el año 2050. En la tabla 3.6 se presentan las proyecciones poblacionales para Gualea de las Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable.

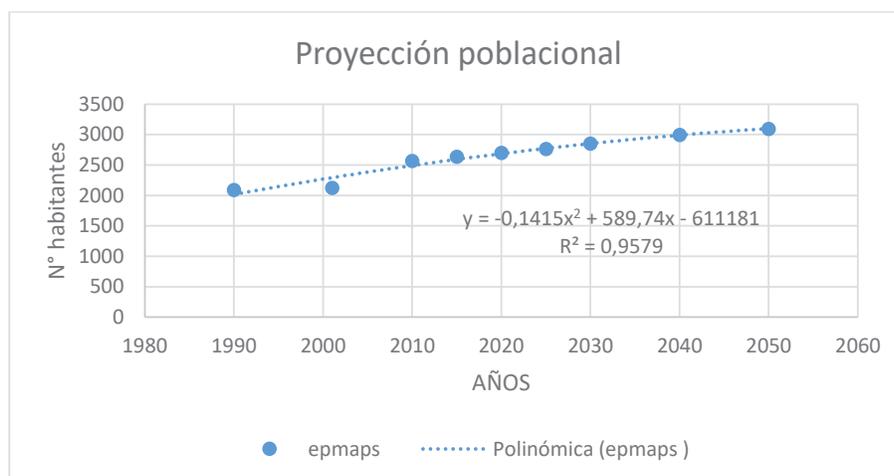
A partir de la tabla 3.6 se graficó el crecimiento de la población en el tiempo, y se obtuvo el coeficiente de correlación R^2 que indica un error del 4% y la ecuación de la curva que corresponde a una función polinómica. En la gráfica 3.1 se observa que la tasa de crecimiento disminuye en el tiempo.

TABLA 3.6. PROYECCIÓN DE HABITANTES DE GUALEA.

| GUALEA | AÑO | No. HABITANTES | TASA DE CRECIMIENTO % |
|------------|------|----------------|-----------------------|
| CENSO | 1990 | 2085 | 0,16 |
| | 2001 | 2121 | 2,56 |
| PROYECCIÓN | 2005 | 2347 | 1,77 |
| | 2010 | 2563 | 0,54 |
| | 2015 | 2633 | 0,49 |
| | 2020 | 2699 | 0,45 |
| | 2025 | 2761 | 0,63 |
| | 2030 | 2849 | 0,54 |
| | 2035 | 2927 | 0,44 |
| | 2040 | 2992 | 0,36 |
| | 2045 | 3046 | 0,3 |
| | 2050 | 3092 | -- |

Fuente: EMAAP-Q, 2008.

GRÁFICO 3.1. PROYECCIÓN POBLACIONAL DE GUALEA



Fuente: EMAAP-Q. 2008.

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 ASPECTOS FÍSICOS

Se caracteriza por ser una zona bastante húmeda y de clima cálido durante la mayor parte del año. Su relieve es escarpado a montañoso con valles paralelos profundos de montañas altas, sobre terrenos vulcano-sedimentarios, con pendientes entre 50% y 80% (CAIRO S.A., 2015).

En la tabla 4.1 se listan las características físicas de la parroquia, los datos presentados se basan en información de mapas del Sistema Nacional de Información y del Plan de Ordenamiento Territorial. Sus datos de temperatura, precipitación y altitud la definen como un área de transición entre la Costa y la Sierra, albergando un sinnúmero de paisajes y especies animales y vegetales (CAIRO S.A., 2015).

TABLA 4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE GUALEA.

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | |
|-------------------------|------------------------------|
| Área | 120,82 km ² |
| Altitud | 700 - 1800 msnm |
| Temperatura | 15 – 24 °C |
| Precipitación | 1500 – 4000 L/m ² |

Fuente: SNI, 2015.

4.1.1 USOS DEL SUELO

El suelo de Gualea, de acuerdo con su Plan de Ordenamiento Territorial es arable y apto para la agricultura y aprovechamiento forestal. Un 70% del territorio tiene riesgo de erosión, que se incrementa de acuerdo a la pendiente del terreno y a la remoción de la vegetación (CAIRO S.A., 2015).

De acuerdo a datos obtenidos de los mapas del Sistema Nacional de Información, los principales usos del suelo en la parroquia son el agrícola y pecuario, en menor proporción están los bosques naturales para conservación.

El uso que se le da al suelo influye sobre la cantidad de agua, proveniente de la precipitación, que se infiltra hacia los acuíferos subterráneos o que contribuye a la escorrentía superficial (WMO, 2008b); así también influye el tipo de suelo ya que, en caso de ser suelos permeables, favorecen la recarga de acuíferos que son los que alimentan a los cursos de agua en épocas de estiaje. (ORELLANA, 2015).

La mayor parte del territorio ha sido alterado a lo largo de los años y debido a la intervención humana quedan muy pocas áreas naturales, el resto del territorio se ha destinado a la producción de alimentos. En las zonas agrícolas se cultivan productos como café, limón meyer, cacao, y caña de azúcar. Por otro lado se observan abundantes pastizales para el ganado vacuno (CAIRO S.A., 2015).

En la tabla 4.2 se detalla el uso del suelo y el área de terreno que cubre, además de los porcentajes respecto del total.

TABLA 4.2. USOS DEL SUELO EN LA PARROQUIA GUALEA.

| USO DEL SUELO | Área acumulada | % |
|------------------------------|----------------|-------|
| NO DEFINIDO | 2394,64 | 19,82 |
| 100% ARBORICULTURA TROPICAL | 54,38 | 0,45 |
| 100% BOSQUE NATURAL | 997,50 | 8,26 |
| 100% CUERPO DE AGUA NATURAL | 1,80 | 0,015 |
| 100% CULTIVOS | 264,63 | 2,19 |
| 100% PASTO CULTIVADO | 307,86 | 2,55 |
| 100% PASTO NATURAL | 90,55 | 0,75 |
| 100% VEGETACION ARBUSTIVA | 35,55 | 0,29 |
| 50% ARBORICULTURA TROPICAL | 73,78 | 0,61 |
| 50% BOSQUE INTERVENIDO | 216,42 | 1,79 |
| 50% CULTIVO DE CICLO CORTO | 1339,11 | 11,08 |
| 70% ARBORICULTURA TROPICAL | 767,26 | 6,35 |
| 70% BOSQUE INTERVENIDO | 1895,42 | 15,69 |
| 70% CULTIVOS | 260,34 | 2,15 |
| 70% PASTO CULTIVADO | 1133,45 | 9,38 |
| 70% PASTO NATURAL | 93,56 | 0,77 |
| 70% VEGETACION ARBUSTIVA | 2053,67 | 17 |
| AREAS CON PROCESO DE EROSION | 102,01 | 0,84 |

Fuente: SNI, 2015.

El uso no definido del suelo corresponde al 19,82% del territorio, el cual se refiere al uso de suelo para asentamientos poblacionales y actividades de producción diferentes a la agrícola. Los mayores porcentajes de uso de suelo corresponden a sitios en donde se cuenta con área cubierta de vegetación arbustiva, lo que en la parroquia representa el 17% del territorio total. Otro dato importante corresponde a las áreas cubiertas de bosques intervenidos, lo que representa el 15,69%. Se destaca que el 11% de la parroquia se utiliza para cultivos de ciclo corto. Cabe recalcar que el 8,26% del territorio se conserva como bosque natural en su totalidad, otro porcentaje importante es el área de pasto cultivado ya que se utiliza para la crianza de ganado.

Como se menciona en el Estudio de Impacto Ambiental del Bosque Protector Tulipe-Pachijal ubicado en la zona, los suelos de Gualea tienen una calificación de media a severa para el crecimiento de nueva vegetación.

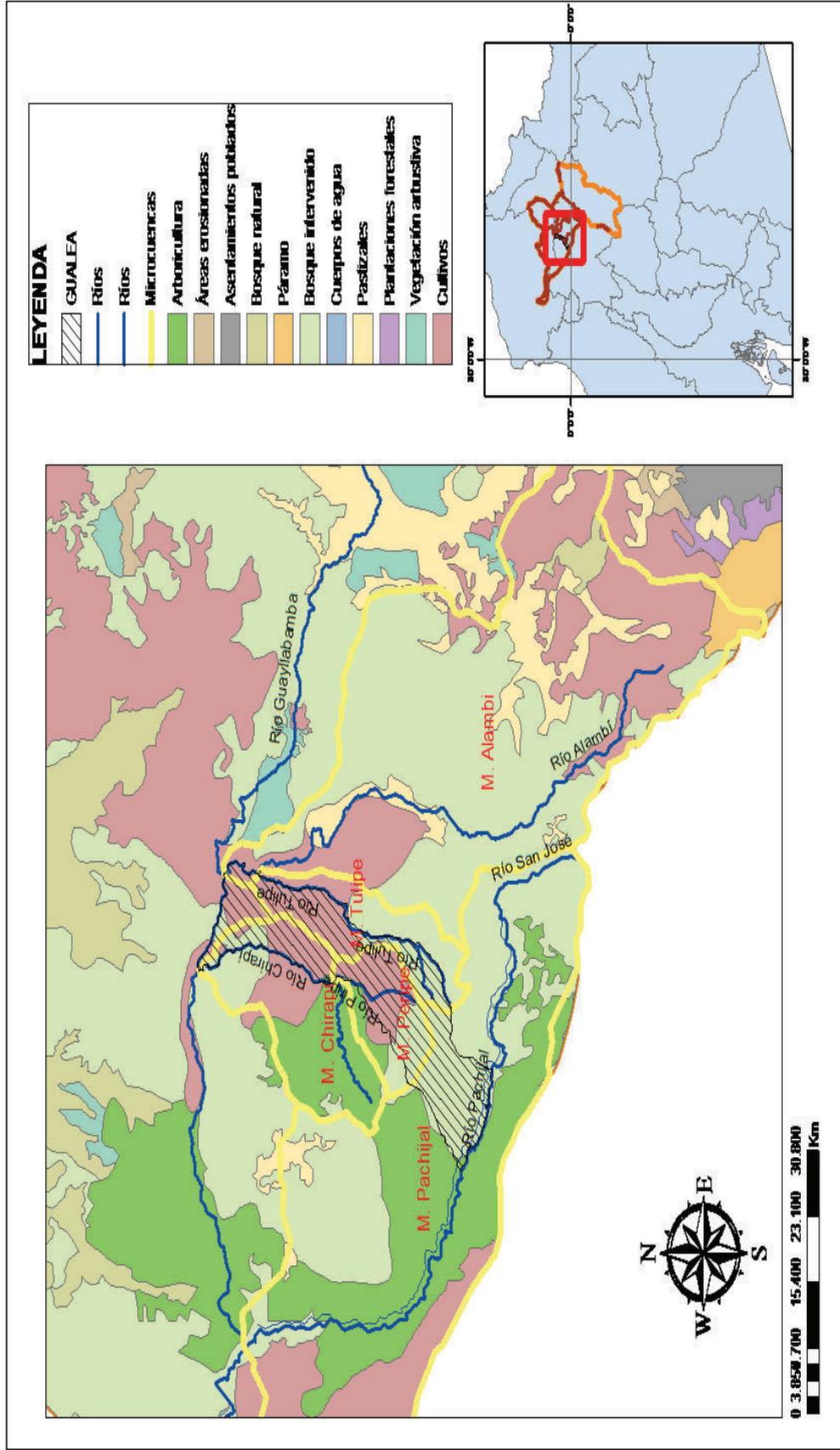
El mapa 4.1 indica los usos de suelo para las subcuencas en las que se ubica la parroquia y cuya alteración puede afectar a la cantidad o calidad del recurso hídrico disponible.

4.1.1.1 Áreas de conservación en Gualea

La microcuenca del río Pachijal se ha convertido en un área de conservación de biodiversidad y en una reserva estratégica de agua, según datos revelados en el diario El Comercio, el Pachijal provee una cantidad de 44 l/s/km², equivalente a la demanda actual de agua para la ciudad de Quito (El Pachijal, una reserva natural que cuida la vida de su entorno, 2013). Véase el mapa 4.1.

En el mapa 4.1 se observa que el suelo en la microcuenca del río Pachijal está recubierto por bosques intervenidos, bosques naturales, pastos plantados y arboricultura. A través del programa ArcGIS 10.3, se estimó que el 85,32% de la microcuenca del río Pachijal está recubierta por bosques naturales e intervenidos, como producto de las prácticas de conservación que se desarrollan actualmente.

MAPA 4.1. USOS DEL SUELO Y RÍOS DE GUALEA



4.2 ASPECTOS BIÓTICOS

Es una parroquia con abundante cobertura vegetal tropical y extensas áreas de pastoreo, lo que se debe a su localización, en la biorregión del Chocó, categorizada como una de las diez áreas de mayor biodiversidad.

Según el Mapa Bioclimático del Ecuador (CAÑADAS, 1983), la zona en estudio corresponde a la Región (21) Lluvioso-templado que va desde arriba de Nanegalito hacia el nacimiento del Río Palmeras, cerca de Chiriboga, inmediaciones del Toachi hacia el Toachi Grande. Se identifica a la zona como Bosque muy Húmedo Montano Bajo (bmhMB). Las características bioclimáticas del Bosque muy húmedo Montano Bajo se enmarcan en los rangos altitudinales entre 2000 y 3000 msnm. Tienen temperaturas medias anuales que oscilan entre los 12 a 18 °C. Las lluvias promedio van entre los 300 y 400 mm de lluvia mensuales, llueve todo el año aunque en menor cantidad en meses de julio y agosto, siendo las precipitaciones mínimas entre 45 y 65 mm al mes (CAIRO S.A., 2015).

La preservación de este ecosistema depende del uso racional del mismo, evitando la extracción excesiva de madera y la apertura de pastizales para la crianza de ganado vacuno (JOSSE, 2003).

La flora singular de este ecosistema se ubica en ramas y troncos y está constituida por un sinnúmero de epífitas como musgos, helechos, orquídeas, bromelias. Las especies arbóreas dominantes son el guarumo, el ceibo y el zapote. También se encuentran especies como la heliconias utilizada ornamentalmente y de importancia ecológica pues sirve de alimento para los colibríes (MECN, 2009).

En esta zona, debido a su altitud, se permite el traslape de especies y el incremento de su riqueza, encontrándose grupos importantes ecológicamente como escarabajos peloteros, águilas, lagartijas y tangaras. La zona es muy diversa en cuanto a sus ecosistemas acuáticos. Este ecosistema de montaña es una cubierta protectora en las laderas empinadas, reduciendo la erosión.

4.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

La parroquia de Gualea está conformada por la cabecera parroquial que lleva su mismo nombre y sus 12 barrios: El Porvenir, Gualea Cruz, Las Tolas, Urcutambo,

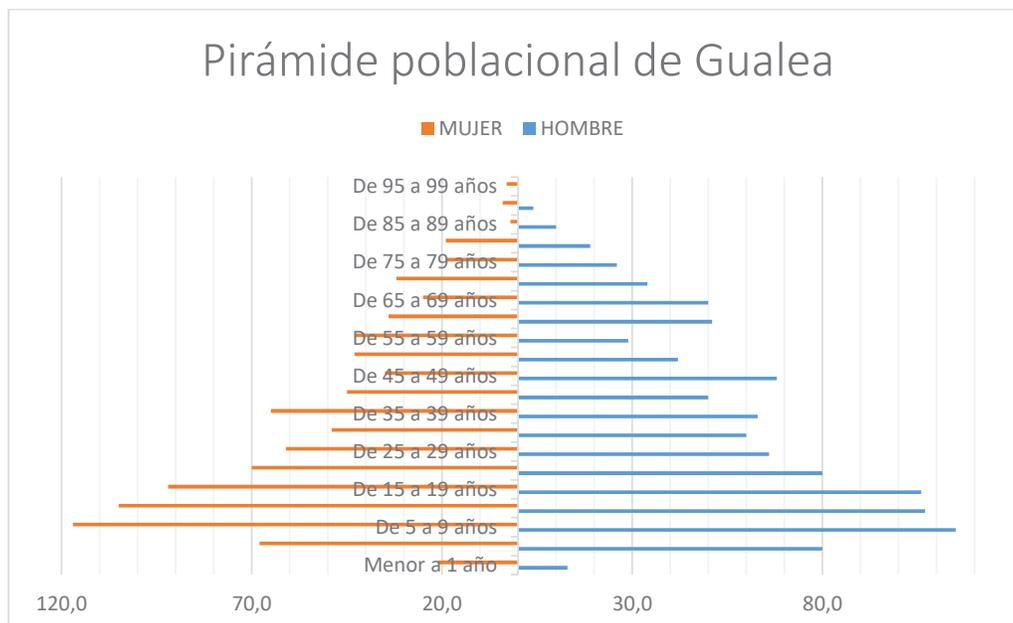
Vista Hermosa, Bella Vista, San Luis Alto, San Luis Bajo, El Belén, Ayapi, Guanábana, Manchuri (CAIRO S.A., 2015).

4.3.1 NÚMERO DE HABITANTES

La parroquia de Gualea tiene un total de 2025 personas de acuerdo al Censo del INEC del año 2010. La población es, en su mayoría, joven, la pirámide poblacional identifica al mayor porcentaje de sus habitantes, es decir el 64.40%, entre el 1 y los 39 años de edad. La población de la parroquia mayor a los 65 años de edad corresponde a un porcentaje del 12.20% (INEC, 2010).

El 52.99% corresponde al sector masculino de la población. El gráfico 4.1 indica número de habitantes de la parroquia respecto a su género y edad.

GRÁFICO 4.1. PIRÁMIDE POBLACIONAL DE GUALEA



Fuente: Censo INEC, 2010.

4.3.2 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN LA PARROQUIA

Los habitantes de Gualea se asientan en diferentes barrios localizados a lo largo de la parroquia, los más poblados son Las Tolas, El Porvenir, Gualea, Urcutambo y Gualea Cruz, tienen un número mayor a 248 personas.

Cada barrio de la parroquia tiene un centro poblado en donde se concentra la mayor parte de sus habitantes, por lo general esta zona es abastecida por servicios básicos.

Gran parte de la parroquia está ocupada por grandes áreas de terreno y las viviendas son esporádicas y distantes una de otra, ubicándose en zonas de difícil acceso, por lo que no cuentan con servicios básicos.

Según el proyecto de titulación “Estudio y promoción de los atractivos turísticos naturales de la parroquia Gualea, ubicada al noroccidente de Pichincha” (COSTALES, 2014) en el barrio de Gualea habitan aproximadamente 79 familias y en Gualea Cruz 68 familias.

4.3.3 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA

De acuerdo a estadísticas del INEC para el año 2010, las categorías de ocupación a las que se dedica la mayor parte de la población son como jornalero o peón de hacienda encargados del cuidado del ganado o de los cultivos. En el mismo porcentaje, trabajan por su cuenta en actividades agrícolas, comercio, manufactura, entre otras.

La Población Económicamente Activa (PEA) representa el 44,04% de la población total, lo cual es 3,67% menor que para el año 2001. De igual manera, comparando los censos realizados en el 2001 y 2010, los porcentajes de la población económicamente inactiva PEI y de la población en edad de trabajar PET, han disminuido. Esto puede deberse al fenómeno conocido como éxodo rural, en donde las personas que habitan parroquias rurales, se trasladan a las grandes ciudades en busca de empleo y distintas condiciones de vida (CAIRO S.A., 2015). Al analizar los datos de PEA y PEI en relación a la PET, se puede concluir que la mayor cantidad de personas trabaja, sin embargo existe un porcentaje muy cercano de personas que no lo hacen, lo que puede traducirse en la falta de oportunidades laborales en la región.

En la tabla 4.3 se detalla el número de personas de acuerdo a las categorías de Población Económicamente Activa, Población económicamente Inactiva y

población en edad de trabajar con sus respectivos porcentajes y se comparan datos del año 2001 y 2010.

TABLA 4.3. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA, INACTIVA Y EN EDAD DE TRABAJAR

| AÑO | PEA | % | PEI | % | PET | % |
|------|-----|-------|-----|-------|------|-------|
| 2001 | 932 | 43,94 | 881 | 41,53 | 1910 | 90,05 |
| 2010 | 899 | 44,40 | 712 | 35,16 | 1611 | 79,56 |

Elaboración: ETP - GADPP

Fuente: INEC, 2010.

El 86,4% de 2021 personas encuestadas, considera que su economía es pobre, mientras el restante 13,6% está satisfecho, basados en el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), pese a ser una población con propiedades de tierras cultivables y actividades productivas, la falta de cobertura de servicios básicos incide en el índice NBI, además de la escasa participación económica de la población en el mercado nacional, ambos factores inciden en el desarrollo local y en la mejora de las condiciones de vida.

4.3.4 ACTIVIDADES PRINCIPALES QUE REALIZA LA POBLACIÓN

La población se dedica principalmente a la agricultura y ganadería, se cultivan productos como caña, frutas, legumbres y hortalizas. En cuanto a ganadería se crían aves, cerdos y vacas, de las que se produce leche y cárnicos. Otras de las actividades importantes que se desarrollan en la parroquia son el comercio al por mayor y menor y las industrias manufactureras de elaboración de panela y artesanías. Esto se refleja en la tabla 4.4, en donde el 64,74% de los encuestados desarrolla actividades agrícolas, ganaderas, silvícolas y pesqueras.

En la antigüedad, una parte de la población se dedicó a la explotación maderera, pero actualmente se enfoca en el desarrollo del comercio al por mayor y menor como se observa en la tabla 4.4; y del turismo con la implementación de lodges, restaurantes, hosterías, rutas a lugares exóticos como cascadas, ríos, entre otros.

TABLA 4.4. ACTIVIDADES QUE DESARROLLA LA POBLACIÓN.

| ACTIVIDAD | NO. HABITANTES | % |
|--|----------------|-------|
| Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | 582 | 64,74 |
| Industrias manufactureras | 34 | 3,78 |
| Construcción | 17 | 1,89 |
| Comercio al por mayor y menor | 51 | 5,67 |
| Transporte y almacenamiento | 13 | 1,45 |
| Alojamiento y servicio de comidas | 10 | 1,11 |
| Información y comunicación | 1 | 0,11 |
| Inmobiliarias | 1 | 0,11 |
| Profesionales, científicas y técnicas | 8 | 0,89 |
| Servicios administrativos y de apoyo | 13 | 1,45 |
| Administración pública y defensa | 29 | 3,23 |
| Enseñanza | 24 | 2,67 |
| Atención de la salud humana | 15 | 1,67 |
| Artes, entretenimiento y recreación | 3 | 0,33 |
| Otras actividades de servicios | 2 | 0,22 |
| Actividades de los hogares como empleadores | 13 | 1,45 |
| No declarado | 74 | 8,23 |
| Trabajador nuevo | 9 | 1,00 |

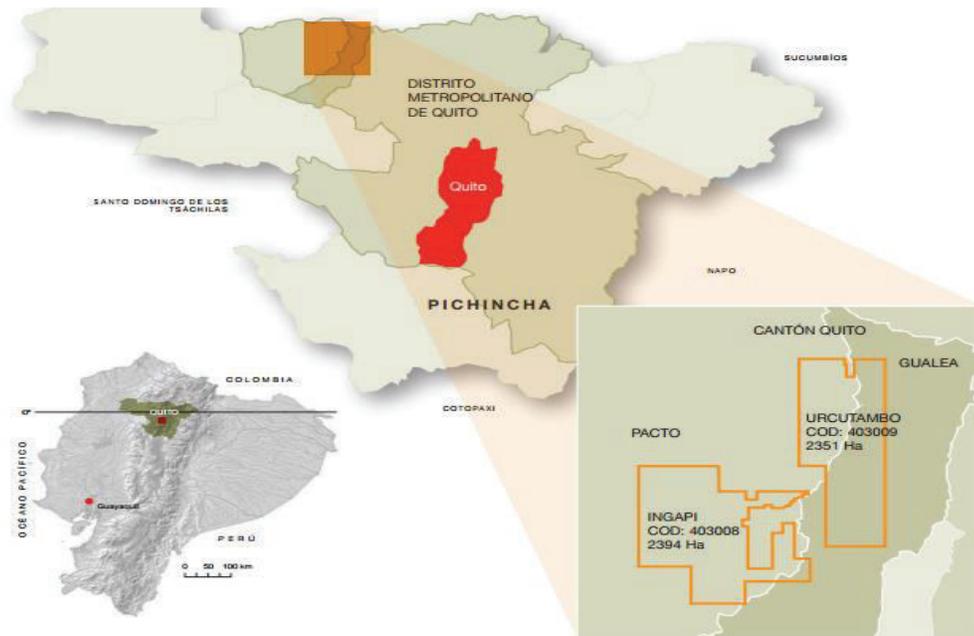
Fuente: Censo INEC, 2010

4.3.4.1 Actividades extractivas en la parroquia: Minería

La minería es una actividad controversial respecto a la conservación del recurso hídrico ya que los drenajes, producto de la actividad son potenciales contaminantes del agua. En esta zona, en donde las aguas superficiales y subterráneas son abundantes, el riesgo de contaminación por metales pesados y otras sustancias es significativo.

De acuerdo al Catálogo de Inversiones de los Sectores Estratégicos para el periodo 2015-2017, se planteó el proyecto minero Pacto que consiste en la exploración inicial de oro y polimetálicos para la determinación de los recursos minerales existentes en una superficie de 4.645 Ha. localizadas en el sector de Urcutambo. Este proyecto tiene un potencial geológico de 250 mil onzas de oro y una inversión de 7 millones de dólares, está a cargo de la Empresa Nacional Minera (ENAMI-EP) y abarca 2.251 Ha. En el gráfico 4.2 se visualiza la ubicación de los proyectos mineros que se desarrollan en la parroquia.

GRÁFICO 4.2. UBICACIÓN DE PROYECTOS MINEROS EN GUALEA



Fuente: Catálogo de Inversiones de los Sectores Estratégicos 2015-2017.

En el 2009, la Minera Silex estimó en esta zona un potencial de 300 mil onzas de oro, contempla la exploración inicial de oro y polimetálicos para la determinación de los recursos minerales existentes. La actividad minera está presente en el barrio Guanábana (zona del Río Chirapi) donde se explotan minerales metálicos (CAIRO S.A., 2015).

4.3.5 ACCESO A SERVICIOS

La población de la parroquia cuenta con servicios como instituciones educativas, centros de salud, unidad sanitaria, restaurantes, hoteles, centros deportivos, entre otros.

La situación económica de la población se toma en cuenta en el presente estudio, pues refleja la capacidad de la población de pagar por los servicios que recibe. Se han considerado algunos servicios que son importantes dentro del concepto de desarrollo y buen vivir como: educación, acceso a agua potable, alcantarillado, recolección de basura, energía eléctrica.

4.3.5.1 Vivienda

Uno de los indicadores que ayudan a evaluar esa capacidad es el tipo de la vivienda, que refleja que la mayoría de la población habita en una casa propia, según datos obtenidos del Censo del INEC, 2010, se especifican en la tabla 4.5 los distintos tipos de vivienda y los porcentajes de la población que habitan en cada uno.

Otro porcentaje rescatable (6,65%) habita en mediaguas ubicadas en los terrenos que utilizan para actividades agrícolas. Cabe recalcar que de acuerdo a las encuestas poblacionales ejecutadas, algunas personas tienen sus propiedades en esta parroquia, pero acuden a ella ocasionalmente.

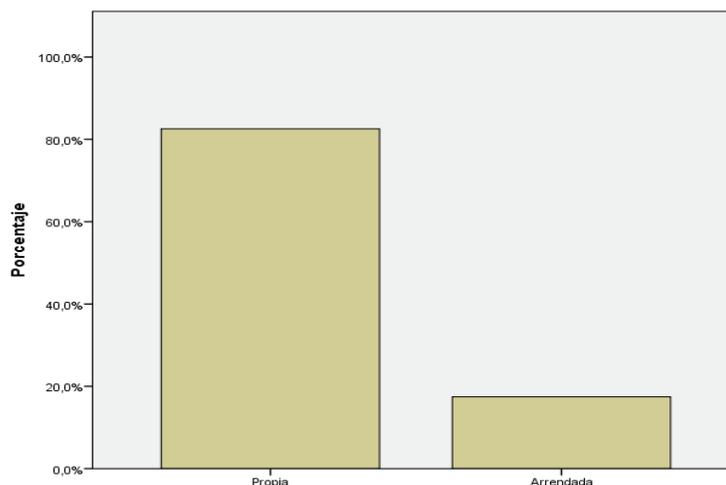
Un grupo de personas habita en la casa de sus empleadores pues desempeñan el trabajo del cuidado de tierras y ganado. Más del 80% de las personas encuestadas aseguran tener vivienda propia, véase el gráfico 4.3.

TABLA 4.5. TIPO DE VIVIENDA PARA LA POBLACIÓN DE GUALEA

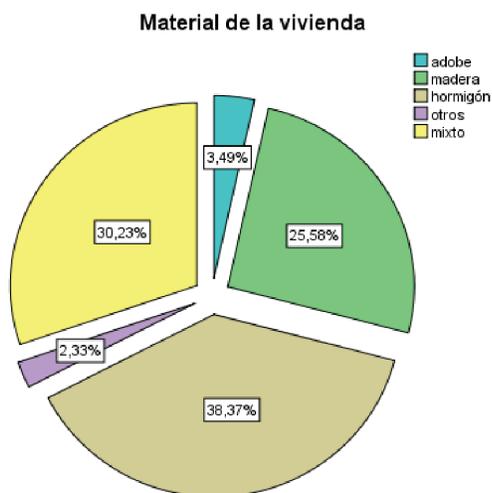
| TIPO DE LA VIVIENDA | CASOS | % |
|--------------------------------------|-------|--------|
| Casa/Villa | 733 | 85,53 |
| Departamento en casa o edificio | 3 | 0,35 |
| Cuarto(s) en casa de inquilinato | 3 | 0,35 |
| Mediagua | 57 | 6,65 |
| Rancho | 30 | 3,50 |
| Covacha | 6 | 0,70 |
| Otra vivienda particular | 24 | 2,80 |
| Hotel, pensión, residencial u hostel | 1 | 0,12 |
| Total | 857 | 100,00 |

Fuente: CAIRO S.A. 2015

De acuerdo a estadísticas del INEC y de los resultados de las encuestas realizadas como parte de este estudio, se conoce que la mayor parte de la población (85,53%) habita en una casa propia.

GRÁFICO 4.3. TENENCIA DE LA VIVIENDA EN LA PARROQUIA

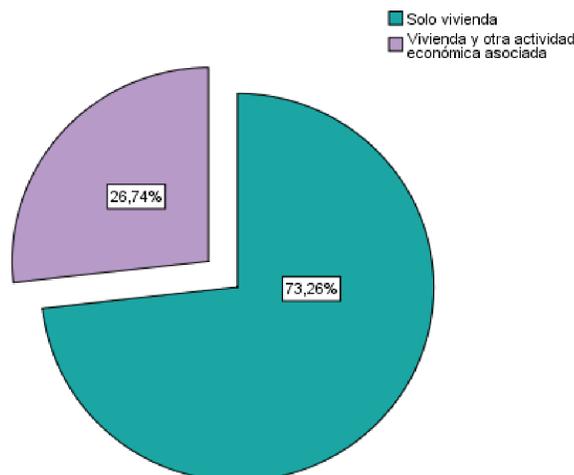
La mayor parte de las edificaciones de la parroquia son construidas de hormigón y madera, aproximadamente un 30,23% de ellas combinan estos dos materiales como se puede observar en el gráfico 4.4.

GRÁFICO 4.4. MATERIAL CON EL QUE ESTÁ CONSTRUIDA LA VIVIENDA

En Gualea, la mayoría de hogares tienen en promedio 5 habitantes, se da el caso de personas de la tercera edad que viven solas o en pareja, puesto que trabajan la tierra mientras el resto de sus familias se ha ubicado en ciudades cercanas.

Un 73,26% de las edificaciones de las familias encuestadas son utilizadas solo como vivienda, el porcentaje restante tiene en su vivienda una actividad productiva como tiendas de víveres, restaurantes. Véase el gráfico 4.5.

GRÁFICO 4.5. USO DE LA VIVIENDA



4.3.5.2 Educación

Una de las más renombradas relaciones entre la educación y el desarrollo es la movilidad social a razón del nivel educativo, es decir que a mayor nivel educativo mayor ingreso y mejores oportunidades laborales (PARRA I. , 2013).

El sistema educativo en Gualea es insuficiente, se educan 485 estudiantes en apenas dos colegios y ocho escuelas, todas fiscales. La escasa calidad académica de los profesores así como el bajo cumplimiento de los horarios de trabajo agravan el acceso al sistema educativo (CAIRO S.A., 2015).

El número de profesores en cada una de las escuelas, es bastante reducido, lo que permite establecer que en ocasiones un único profesor cubre todas las asignaturas del programa educativo para todos los niveles de educación básica.

Según datos del Censo de población y de vivienda, no todos los niños y jóvenes en edad escolar tienen acceso a educación. Un total de 699 niños y jóvenes de entre 6 y 18 años, deberían asistir a alguna institución educativa, sin embargo el total de asistentes es 485, por lo que el 69,38% de los niños y jóvenes de entre 3 y 18 años reciben educación y el 30,61%, no lo hace. Si los habitantes de la parroquia en

edad de ir a la universidad, deciden hacerlo, deberán trasladarse a ciudades más grandes como Quito.

4.3.5.3 Migración

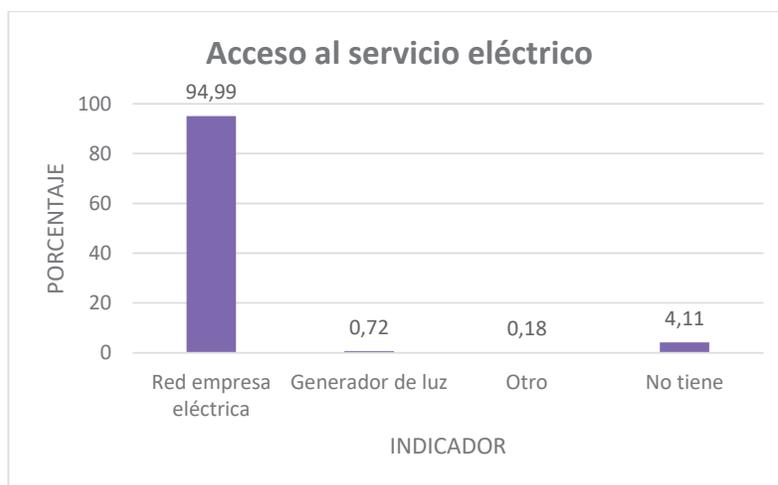
En cuanto a migración, la mayoría de personas migran de Gualea a otras ciudades o países por motivos de trabajo, representando el 64,29% de migración y el género predominante en el fenómeno migratorio es el femenino con el 57,14% (Censo INEC, 2010).

La migración por motivos de trabajo es importante pues implica que las condiciones de empleo en el lugar de residencia no satisfacen la demanda y la gente se ve obligada a cambiar de ciudad.

4.3.5.4 Electricidad

El servicio de energía eléctrica es el de mayor cobertura a nivel parroquial, el 94,99% está conectado a la red de energía de la empresa eléctrica, lo que es un dato importante puesto que se podrían implementar sistemas de tratamiento de agua tanto potable como residual que utilicen energía eléctrica. La información específica sobre el servicio de energía eléctrica se especifica en el gráfico 4.6.

GRÁFICO 4.6. ACCESO AL SERVICIO ELÉCTRICO



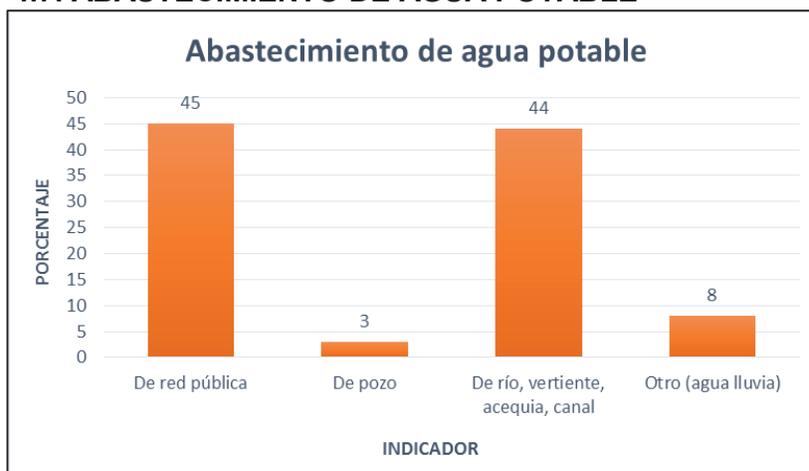
Fuente: CAIRO S.A., 2015.

4.3.5.5 Agua potable

El acceso a los servicios básicos tiene un porcentaje alto de déficit, esto puede deberse al difícil ingreso a algunas viviendas o bien a la lejanía al lugar donde se ubican, entre ellos están el agua potable, alcantarillado y recolección de basura.

Solo el 45% de las viviendas de la parroquia tienen acceso a la red pública de agua potable, y el 44% se abastece de ríos, vertientes o acequias. Estos porcentajes difieren mucho de los datos presentados por la EPMAPS en los que se muestra más del 90% de cobertura. En el gráfico 4.7 se muestran las fuentes de agua de las que se abastece la población de Gualea.

GRÁFICO 4.7. ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE



Fuente: CAIRO S.A., 2015

Del 73,26% de los encuestados dijo estar conectado a la red de agua, de este porcentaje, el 69,8% de los encuestados era habitante de la cabecera parroquial de Gualea. Las personas que no disponen del servicio se conectan mediante tubería a quebradas y otras fuentes, las mismas que no reciben tratamiento.

Al momento de realizar las encuestas se encontraron ciertas inconsistencias, pues la gente aseguraba estar conectada a la red pública de agua potable; sin embargo, al hablar del pago por la prestación del servicio, expresaron no cancelar ningún valor por el servicio, pues el agua que reciben no es potable.

La población que accede al servicio de agua potable presenta sus quejas sobre la disponibilidad del recurso, asegurando que en verano no reciben agua potable por

varios días, mientras que en invierno el agua llega turbia, lo que los pobladores expresan como agua con lodo.

Algunos pobladores almacenan agua en sus casas durante la época seca, otros se ven obligados a adquirir agua proveniente de la lluvia, acequias, quebradas o ríos, o también comprar botellones para abastecerse. La mayor parte de los encuestados conectados a la red indica que está satisfecho con la cantidad de agua que reciben y la presión con la que llega a los hogares, sobretodo en invierno.

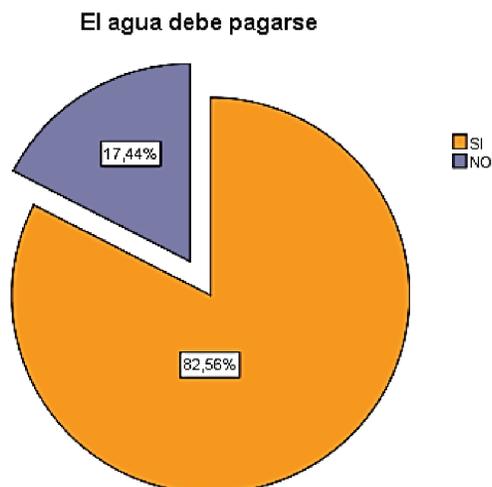
Como se observa en el gráfico 4.8, lastimosamente solo un 8,14% de los entrevistados están satisfechos con el servicio de agua potable, los demás lo califican como regular y malo. La calidad del recurso es definida como regular pues se abastece agua turbia por temporadas y algunas personas consideran que el agua que reciben podría causarles enfermedades gastrointestinales y dérmicas.

GRÁFICO 4.8. SATISFACCIÓN CON EL SERVICIO DE AGUA POTABLE.



El 82,56% de los encuestados estuvieron de acuerdo con que el agua es un servicio que debe pagarse, debido a que debe recibir tratamientos y mantenimiento que aseguren su calidad. (Ver gráfico 4.9)

GRÁFICO 4.9. CONCIENCIA DE LA POBLACIÓN SOBRE EL RECURSO



Como se observa en el gráfico 4.10, el 83,72% de la población entrevistada considera que el agua es fuente de vida, las demás personas coincidieron en que el agua es un instrumento que sirve para desempeñar las actividades diarias del ser humano. El 76,74% de los encuestados piensa que el agua podría llegar a escasear.

GRÁFICO 4.10. CONCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE EL AGUA.



4.3.5.6 Alcantarillado

Solo el 13,42% de la población tiene conexión con el alcantarillado, el mayor porcentaje de viviendas descargan sus aguas residuales hacia un pozo séptico y

otro porcentaje del 19,5% descarga a pozos ciegos. Si estos sistemas no se encuentran en buen estado, pueden ser un foco de contaminación a fuentes hídricas debido a filtraciones de aguas residuales. Pese a que una pequeña parte de la población cuenta con sistema de alcantarillado, al no existir planta de tratamiento, las aguas se descargan a los cuerpos receptores y los contaminan.

Se detallan datos sobre la forma en la que se disponen las excretas en el gráfico 4.11, de acuerdo al número de viviendas y el porcentaje que representan en la parroquia.

GRÁFICO 4.11. DISPOSICIÓN DE EXCRETAS



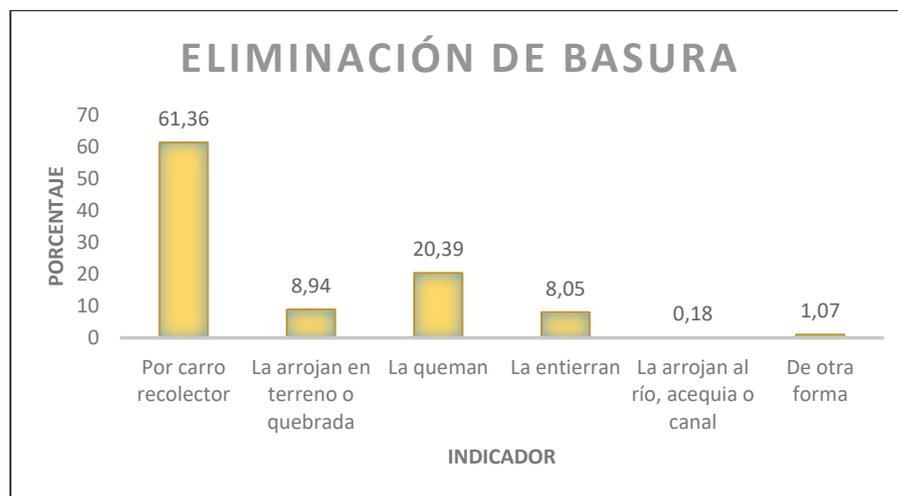
Fuente: CAIRO S.A., 2015

La descarga de aguas residuales a los cuerpos hídricos por falta de sistemas de alcantarillado y/o plantas de tratamiento de aguas residuales, genera un grave problema de contaminación. En el caso de la parroquia en estudio, cada barrio emite sus aguas residuales a los ríos y quebradas cercanos. No solo las aguas provenientes del uso doméstico afectan la calidad del agua, sino también las aguas provenientes de actividades productivas como las chancheras o el agua de escorrentía que lleva consigo desechos animales resultantes de la crianza de ganado vacuno en las zonas erosionadas destinadas al pastoreo. Gualea Centro y la población de Guanábana descargan sus aguas residuales a la Quebrada Alcabala. El Porvenir en cambio emite sus aguas negras a la Quebrada El Tigre (CAIRO S.A., 2015).

4.3.5.7 Recolección de basura

El 61,36% de la población tiene servicio de recolección de basura, el carro recolector recoge los residuos de la vivienda, otro 20,39% los quema en sus terrenos, cabe recalcar que un 8,94% de la población arrojan sus residuos a las quebradas. Todas las personas que fueron encuestadas coinciden en el hecho de que si arrojan basura en los lechos de los ríos y quebradas, el agua se contamina. Véase el gráfico 4.12.

GRÁFICO 4.12. FORMA DE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS.



Fuente: CAIRO S.A. 2015

4.4 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO

Las fuentes con las que se abastece a esta parroquia son superficiales y subterráneas, siendo estas últimas fundamentales para cubrir la demanda debido a que algunos de los ríos y quebradas reciben la descarga de aguas residuales y otros no abastecen la demanda.

En la parroquia se tienen dos tipos de abastecimiento de agua, detallados en la tabla 4.6: la captación de vertientes ubicadas en terrenos de cotas altas, algunos poblados cuentan con al menos dos vertientes; y la captación del río San Carlos que abastece a la mayor parte de la parroquia a través de la distribución de la red de agua potable de la EPMAPS. Cuando las personas no tienen acceso a este

servicio debido a la lejanía de sus propiedades a los centros poblados, conectan tubería a quebradas cercanas para su abastecimiento personal.

Inicialmente la construcción de los sistemas de captación fue realizada por los pobladores de la región, y acogida más tarde por la EPMAPS, para completar su tratamiento, distribución y mantenimiento.

TABLA 4.6. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO.

| SISTEMA | FUENTE | TIPO DE FUENTE |
|----------------------|-------------------------|----------------|
| Cabecera Parroquial | La Chelita | Subterránea |
| | Los Motilones-El Carmen | |
| | Las Guaduas | |
| San Carlos-Las Islas | Las Islas | Superficial |
| | Río San Carlos | |

Fuente: EPMAPS, 2015.

Para Gualea Centro (cabecera parroquial), se obtiene agua de las vertientes La Chelita, Los Motilones-El Carmen y Las Guaduas, las cuales se ubican en terrenos de propiedad privada ubicadas sobre la cota en la que se encuentra la mayor parte de la población. Dichos terrenos se utilizan para la crianza de ganado vacuno y sembrío de pastizales.

Para la captación del agua proveniente de las vertientes se utiliza una tubería de polietileno de color negro de 1 ½ pulgadas que se inserta en un punto de la vertiente y se dirige a un tanque. De este, el agua se conduce (por superficie y bajo tierra) por tubería hasta el tanque de almacenamiento en donde se le da tratamiento de desinfección, para más tarde abastecer a los hogares únicamente de este poblado.

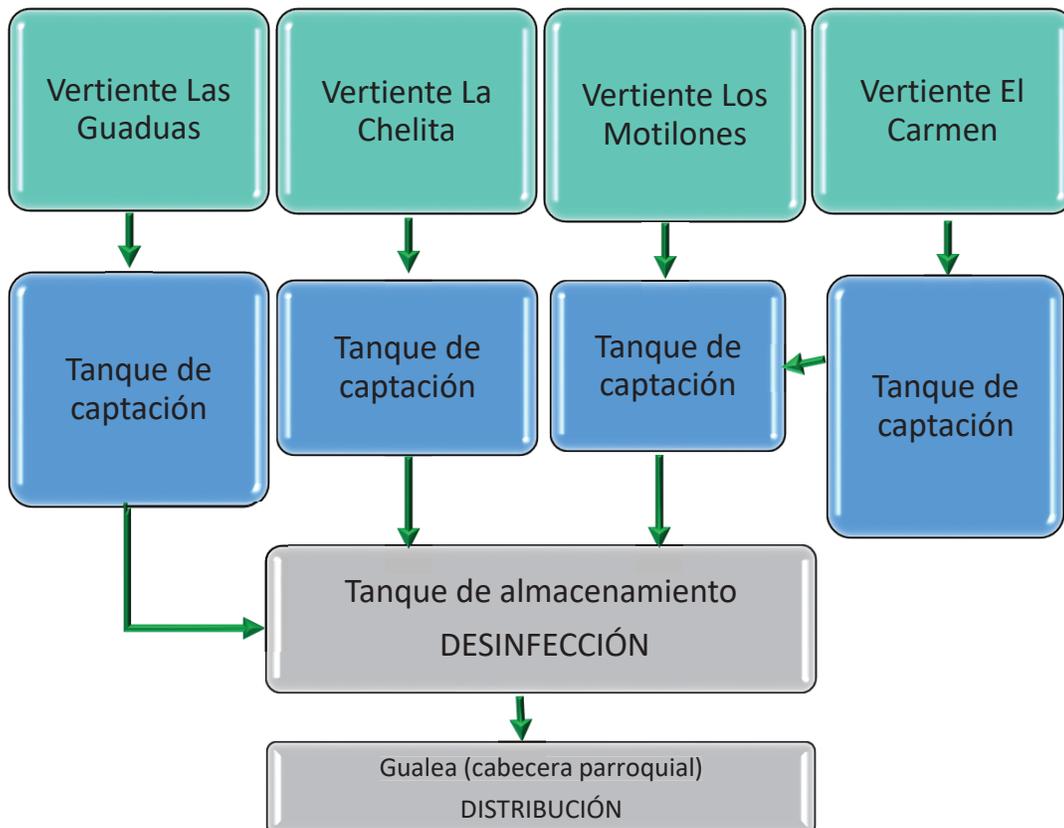
En la parroquia existen varios puntos de captación, para los barrios Gualea y Las Tolas de Gualea se trata de sistemas independientes del resto de la zona, que aprovechan el agua de manantiales, la misma que recibe tratamiento de desinfección en los tanques de almacenamiento, otros barrios también tienen conexiones a vertientes, las cuales no son administradas por la EPMAPS y no reciben tratamiento.

A la mayor parte de la parroquia, se le abastece con el agua proveniente de la captación del río San Carlos que es la única que recibe tratamiento en la planta de potabilización. Este sistema es apoyado por el agua proveniente de tres vertientes que conforman el sistema de captación del sector Las Islas, en especial en época seca.

La EPMAPS indica que en el tanque de almacenamiento se unen el sistema San Carlos y el Sistema Las Islas y se desinfecta con cloro, para después abastecer a los barrios Gualea Cruz, El Porvenir, Urcutambo, Santa Martha y de estos a las redes de distribución de Bellavista y El Belén. (Ver anexo 2 y mapa 3.1)

En el gráfico 4.13 se explica el proceso de captación y tratamiento del sistema que abastece a la cabecera parroquial, este sistema aprovecha el agua de fuentes subterráneas, extraídas por medio de tubería hacia tanques de captación, en donde se tomaron las muestras.

GRÁFICO 4.13. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO: CABECERA PARROQUIAL



Fuente: EPMAPS-Q, 2015.

El gráfico 4.14 muestra al sistema San Carlos-Las Islas.

GRÁFICO 4.14. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO SAN CARLOS-LAS ISLAS



Fuente: EPMAPS-Q, 2015.

4.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA CAPTACIÓN

4.4.1.1 Vertiente El Carmen y Los Motilones

Estas dos vertientes se captan por separado, cada uno en un tanque; sin embargo, a pocos metros la vertiente El Carmen se une a Los Motilones en un solo tanque.

La captación de estas vertientes se realiza insertando una tubería en roca hasta el nivel del agua, luego se cubre con una capa de hormigón, plástico, tierra y roca. La tubería de cada vertiente se conduce independientemente hacia dos tanques de captación de aproximadamente 1 metro cúbico de capacidad.

Los tanques están contruidos bajo el nivel del suelo, quedando la tapa superior a nivel del mismo. Desde la vertiente al tanque, la tubería recorre aproximadamente 10 y 15 metros de distancia, respectivamente. La fotografía 4.1 muestra el tanque Los Motilones.

El agua se capta mediante tuberías negras de polietileno de 1 1/2 pulgadas. Los tanques que recogen estas dos vertientes se ubican muy cercanos uno de otro, a unos 30 metros de distancia entre sí.

El área donde se encuentran los tanques es de propiedad privada perteneciente al Sr. Alfredo Mena y está rodeada de pastizales. De las mismas vertientes y con tuberías similares se capta directamente agua que es utilizada para bebederos de

ganado vacuno, la cual no ha sido tomada en cuenta como parte de los caudales medidos pues dicha agua no ingresa en el tanque de captación.

FOTOGRAFÍA 4.1. TANQUE DE CAPTACIÓN VERTIENTE LOS MOTILONES.



Los tanques lucen en buen estado, sin embargo, las tapas que los recubren están ligeramente oxidadas. El tanque Los Motilones tiene un solo compartimento, dos tuberías de ingreso de agua y una de salida, ésta última recubierta por una malla fina (ver en anexos, la fotografía 5). En el agua que se encuentra al interior del tanque se observa arena, pocas hojas pequeñas y algunas telas de araña.

4.4.1.2 Vertiente Las Guaduas

Como en el caso anterior, una tubería está insertada en la ladera hasta el nivel del agua. Cerca de la vertiente, se ha construido el tanque de captación Las Guaduas, el mismo que se localiza en la propiedad privada perteneciente al Señor Sáenz. Está rodeada por vegetación arbustiva, árboles y guadua, por lo que lleva su nombre. (Ver en anexos, la fotografía 6)

El tanque luce en buen estado, tiene un solo compartimento, tres tuberías de PVC de ingreso de agua y una de salida, como se puede observar en la fotografía 4.2. Actualmente, únicamente ingresa agua por dos tuberías, mientras que por la tercera no ingresa caudal. Según los moradores del lugar, en épocas pasadas el agua ingresaba en mayor cantidad por las tres tuberías. La tapa del tanque está un poco oxidada y por fuera, el musgo cubre las paredes del tanque, sin embargo en las paredes interiores hay poca arena en el fondo y no se encuentran plantas ni animales.

FOTOGRAFÍA 4.2. INTERIOR TANQUE DE CAPTACIÓN LAS GUADUAS.**4.4.1.3 Vertiente La Chelita**

Una tubería enterrada capta el agua de la vertiente y la conduce a un tanque de hormigón con cubierta de hierro. Este tanque se ubica en un área de cultivo de pastizales de propiedad privada; luce en buen estado aunque la tapa de acero que lo cubre, presenta agujeros y señales de oxidación, como se puede ver en la fotografía 4.3.

FOTOGRAFÍA 4.3. TANQUE DE CAPTACIÓN VERTIENTE LA CHELITA.

Este tanque de captación posee dos compartimentos con una tubería para la entrada de agua y dos para la salida, esta división interna permite la acumulación de sedimentos en el primero y el paso de agua con menor cantidad de sólidos al segundo compartimento. (Ver Anexos: fotografía 7). Para abastecer de agua al ganado sale de la vertiente una tubería negra de 1 1/2 pulgadas que no abastece al tanque.

4.4.1.4 Vertiente Las Islas

El acceso a este punto es bastante difícil y lejano, el punto de recolección de muestras está rodeado por vegetación nativa. Se ha construido a varios metros de las vertientes un tanque de captación, que aunque fue edificado por los habitantes de la zona, está ahora administrado por la EPMAPS, el mismo que se muestra en la fotografía 4.4.

FOTOGRAFÍA 4.4. TANQUE DE CAPTACIÓN SISTEMA LAS ISLAS



Las vertientes están cubiertas por un plástico a manera de protección y sobre el mismo una capa de tierra y piedras grandes, en total son tres vertientes distintas las que abastecen al tanque (Ver Anexos: fotografía 8).

El tanque como tal se aprecia en buenas condiciones, no se observan fisuras, aunque existen pedazos de tubería de aproximadamente treinta centímetros, que salen del tanque para la salida del exceso de agua, las mismas que permiten la entrada de insectos y animales como serpientes, como la que se encontró al momento de la toma de muestra. La tapa del tanque tiene un cierto grado de oxidación. (Ver Anexos: fotografía 9).

La captación de esta vertiente ayuda en épocas de sequía a abastecer las necesidades de la población que la captación del Río San Carlos no puede cubrir, debido a que disminuye su caudal significativamente en verano.

4.4.1.5 Captación Río San Carlos

Este tramo del río San Carlos se encuentra rodeado por vegetación nativa, no se encuentran zonas de pastoreo ni asentamientos humanos junto al área de captación. El ingreso a la captación se hace a través de una propiedad privada.

En el río San Carlos se tiene una captación lateral. La construcción de un dique retiene toda el agua del río, que se puede observar en la fotografía 4.5 y es canalizada mediante estructuras de hormigón a un tanque que se ubica a unos cinco metros del río. El lecho del río es bastante arenoso, además el calado es poco profundo y existe la presencia de hojas flotando en el cauce. Junto al lecho del río hay vegetación y lodo.

FOTOGRAFÍA 4.5. DIQUE PARA CAPTACIÓN DEL RÍO SAN CARLOS.



Al momento del muestreo, el lodo y sedimentos que acarrea el río estaban acumulados en la rejilla de ingreso de agua, lo que obstaculizaba la entrada de agua al canal y causaba que esta se acumule junto al dique (ver Anexos: fotografía 14). En el canal y el tanque también se observa la presencia de sedimentos.

4.4.2 DESCRIPCIÓN DE LA CONDUCCIÓN

Todas las conducciones de la parroquia son sistemas por gravedad. Para el caso de las vertientes que abastecen a la cabecera parroquial, no es posible observar la conducción puesto que se encuentra enterrada desde la salida del tanque de captación hasta llegar al tanque de almacenamiento de la EPMAPS.

En cuanto a la vertiente Las Islas, la conducción es superficial y se realiza a través de una tubería negra y gris de polietileno de aproximadamente 4 pulgadas desde

el tanque de captación por un camino abierto con machete a través de la montaña. En este tramo se evidenció una fuga de agua en la tubería, la que se observa en la fotografía 4.6. También se encontraron varios tramos de tubería que no conectan ningún sistema y partes de tubería que son parte o no de la conducción, enterradas bajo cemento.

Una vez recorrido el trayecto montañoso, en el que la tubería se ubica superficialmente en un camino de tierra abierto a mano, continúa el camino a través de campos de pastizal, en donde la tubería de conducción está enterrada y se dirige al tanque de almacenamiento, donde no es posible identificar fugas a simple vista.

FOTOGRAFÍA 4.6. FUGA EN LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE LA VERTIENTE LAS ISLAS.



Coordenadas (747426,23; 8306,22; 17N)

Respecto a la conducción del sistema Río San Carlos, la tubería de conducción es de 100 mm y sale del tanque desarenador recorriendo una zona bastante accidentada, por un camino abierto entre la vegetación natural. Después de 20 minutos de camino a pie, atraviesa otro tipo de ecosistema con asentamientos humanos y zonas de pastoreo que se encuentran en cotas más altas que la captación del río, la tubería está enterrada en esta sección. La conducción no presenta fugas ni enmendaduras en la tubería, se observa a la conducción en buenas condiciones en la primera parte del trayecto, mientras que en la sección enterrada, no es posible evaluar sus condiciones.

4.4.3 DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO

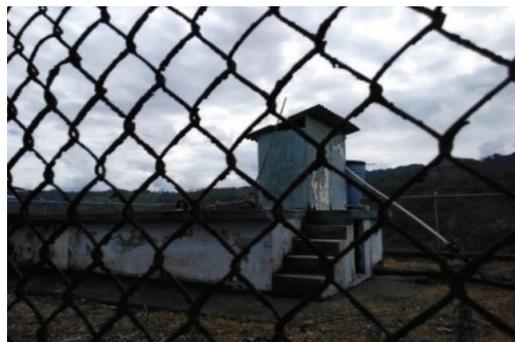
El agua proveniente de las vertientes La Chelita, Los Motilones, Las Guaduas y El Carmen que abastecen a la cabecera parroquial, se dirige hacia el tanque de almacenamiento, en este recibe tratamiento de desinfección con cloro. La planta de tratamiento para el Sistema de agua potable San Carlos tiene una capacidad de 10 l/s. La planta de tratamiento es de tipo paquete, se trata de un tratamiento convencional y cuenta con los siguientes procesos:

- Coagulación
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección con cloro

4.4.4 DESCRIPCIÓN DEL ALMACENAMIENTO

El río San Carlos se conduce hasta la planta de tratamiento y de esta hacia el tanque de almacenamiento construido de hormigón. El tanque de almacenamiento Las Islas se visualiza en la fotografía 4.7. En este punto se une al agua proveniente de las vertientes de Las Islas, y de acuerdo a funcionarios de la EPMAPS, reciben el tratamiento de desinfección.

FOTOGRAFÍA 4.7. TANQUE DE ALMACENAMIENTO LAS ISLAS



4.4.5 DESCRIPCIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Desde la planta de tratamiento, se conduce el agua tratada hacia los tanques de almacenamiento de Gualea Cruz, El Porvenir, Santa Martha y Urcutambo y a las redes de distribución de Bellavista y El Belén. Ver anexo 2.

4.4.5.1 Unidad Sanitaria

Este punto se encuentra en la cabecera parroquial de Gualea, ubicada junto al UPC, es una edificación donde se pueden encontrar sanitarios y lavabos de uso público. La infraestructura es de hormigón y su construcción es moderna, en la edificación no existen ventanas, en su lugar los espacios son cubiertos con rejas, la zona de los lavabos es continua y cubierta de cerámica, las llaves son de hierro y hay varias en una sola pared. Se muestra la unidad sanitaria en la fotografía 4.8.

FOTOGRAFÍA 4.8. UNIDAD SANITARIA DE GUALEA



FUENTE: Alba, L., Rodríguez M.

4.4.5.2 Restaurante

El punto se encuentra en una vivienda, en donde funciona un restaurante diagonal al centro comunitario, en la vía a Tulipe. La construcción es pequeña de tipo moderno, en la casa hay un restaurante en la parte baja y un hospedaje, en la parte alta. En la parte alta de la casa hay dos habitaciones, el baño, la sala y una cocina. El grifo del que se tomó la muestra de agua se encuentra en la cocina y está conectado directamente a la red de distribución y no se cuenta con tanque de reserva.

4.4.5.3 Vivienda

El punto de muestreo se ubicó en una vivienda de Gualea Cruz, en donde se vende comida rápida. Se tomó la muestra del grifo de la cocina, conectado directamente a la red de distribución, como en los casos anteriores se realizaron análisis en el sitio de los parámetros ya mencionados. La infraestructura de la vivienda es pequeña y antigua, está construida con tablas de madera, cuenta con un pequeño lavabo y una cocineta.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existe un déficit en la dotación de servicios básicos en Gualea, sobretodo de agua potable, alcantarillado y recolección de residuos como se muestra en la tabla 5.1, la realidad en cada uno de los barrios que conforman la parroquia es similar.

Se cuenta con el sistema de abastecimiento San Carlos que recibe tratamiento convencional y capta el recurso del río San Carlos. Este sistema es apoyado por el sistema de vertientes Las Islas en verano. En ciertos poblados como la cabecera parroquial y Las Tolas de Gualea, las vertientes existentes en la zona abastecen de agua a la población y únicamente reciben desinfección.

TABLA 5.1. ACCESO A SERVICIOS EN LA PARROQUIA.

| ACCESO A SERVICIOS DE LA PARROQUIA DE GUALEA | | |
|--|------------------------------|-------|
| SERVICIOS BÁSICOS | | % |
| COBERTURA | Energía eléctrica | 94,99 |
| | Recolección desechos sólidos | 61,36 |
| | Agua | 44,90 |
| | Alcantarillado | 13,42 |

Fuente: INEC, Censo 2010.

El caudal de las vertientes, que se supone debe abastecer a todo un poblado, se deriva para actividades como la agricultura y ganadería mediante tubería, lo que recae en la disminución de la oferta hídrica para la población. Esto se debe a que los propietarios de las tierras en donde se encuentran las captaciones no tienen acceso al recurso para cubrir sus propias necesidades.

A los cursos de agua se destinan las aguas residuales provenientes del uso doméstico, haciendo que las aguas de los ríos de la parroquia se conviertan en recurso contaminado, inutilizable para el consumo.

El uso de pesticidas es un problema potencial en las zonas rurales debido a que el suelo junto a las fuentes se usa para el cultivo de pastos y crianza de ganado. Se ha cambiado la cobertura vegetal de estas zonas, removiendo la vegetación nativa.

En el presente capítulo se evalúa si la cantidad de agua que proveen las fuentes satisface la demanda de la población de la parroquia, asimismo si la calidad del agua cumple con los estándares establecidos en la normativa.

5.1 DETERMINACIÓN DE CAUDALES

La cantidad de agua se evalúa mediante la medición de los caudales con los que aporta cada una de las fuentes, añadido a la evaluación de la conducción y redes de distribución para detección de fugas. Al hacer un estudio de caudales de las fuentes que abastecen a la parroquia, se podrá conocer si satisface la demanda de toda la población de Gualea.

5.1.1 CAUDALES MEDIDOS

Calculados los caudales de cada una de las fuentes de abastecimiento de agua de los sistemas en estudio, con las metodologías previamente expuestas en el capítulo 3, se obtuvieron los resultados expuestos en la tabla 5.2. En la misma tabla se expresa el caudal total que ofrece cada sistema a los poblados conectados a dicha red.

TABLA 5.2. OFERTA DE AGUA DE LAS FUENTES

| FUENTE | SECTOR AL QUE ABASTECE | CAUDAL (L/s) | TOTAL (L/s) |
|-------------------------------------|--|--------------|-------------|
| Vertiente La Chelita | Gualea (cabecera parroquial) | 0,35 | 1,1 |
| Vertiente Los Motilones – El Carmen | Gualea (cabecera parroquial) | 0,52 | |
| Vertiente Las Guaduas | Gualea (cabecera parroquial) | 0,23 | |
| Vertiente Las Islas | Gualea Cruz, El Porvenir, Urcutambo, Santa Martha, Bellavista, El Belén. | 1 | 9,8 |
| Captación Río San Carlos | Gualea Cruz, El Porvenir, Urcutambo, Santa Martha, Bellavista, El Belén. | 8,8 | |

5.1.2 DOTACIÓN ACTUAL Y FUTURA.

La dotación actual de agua para los habitantes de parroquias rurales se obtiene del Plan Maestro de Agua Potable para Quito, donde se presenta un valor constante de dotación de agua de 160 litros por habitante y por día, como se indica en la tabla 5.3 (EPMAPS, 2011).

TABLA 5.3. DATOS DE DOTACIÓN Y AGUA NO CONSUMIDA

| Metas de IANC y Dotación Asumidas | | | | | |
|---|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Sector | Parámetro | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 |
| Distrito Urbano de Quito DUQ y Parroquias Urbanas | Dotación Neta (lpcpd) | 183 | 179 | 174 | 170 |
| | Dotación Bruta (lpcpd) | 244 | 235 | 223 | 212 |
| | IANC | 25% | 24% | 22% | 20% |
| | Cobertura | 99% | 99% | 99% | 99% |
| Parroquias Rurales | Dotación Neta (lpcpd) | 160 | 160 | 160 | 160 |
| | Dotación Bruta (lpcpd) | 308 | 291 | 246 | 213 |
| | IANC | 48% | 45% | 35% | 25% |
| | Cobertura | 98% | 98% | 98% | 98% |

FUENTE: EPMAPS, 2011.

A continuación se obtienen los caudales medios, máximos diarios y máximos horarios para los diferentes lapsos de tiempo del periodo de diseño.

Con la expresión 5.1 se calcula el caudal medio con la siguiente ecuación tanto para la población actual como para la población futura:

$$Q_m = \frac{P \times D}{86400} \quad (5.1)$$

Donde: Q_m: caudal medio en litros por segundo

P: población

D: dotación bruta

El ejemplo de cálculo que se presenta a continuación, se refiere a las condiciones actuales de abastecimiento, es decir para el 44,9% de cobertura en la parroquia que corresponde a 909 habitantes. (Véase tabla 5.1)

Cálculo del caudal medio para las condiciones actuales:

$$Q_m = \frac{909 \times 308}{86400} = 3,24 \text{ l/s}$$

El cálculo del caudal máximo diario para las condiciones actuales se efectúa con la ecuación 5.3:

$$QMD = KMD \times Qm \quad (5.3)$$

Donde: QMD: caudal máximo diario
 KMD: coeficiente de consumo máximo diario
 Qm: caudal medio

Se utiliza el coeficiente de consumo máximo diario de 1,4 para el caso de parroquias obtenido en la Norma para diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable (EMAAP-Q, 2009).

$$QMD = 1,4 \times 3,24 = 4,54 \text{ l/s}$$

Se calcula el caudal máximo horario para las condiciones actuales, con la expresión 5.4:

$$QMH = KMH \times Qm \quad (5.4)$$

Donde: QMH: caudal máximo horario
 KMH: coeficiente de consumo máximo horario
 Qm: caudal medio

Se utiliza el coeficiente de consumo máximo diario de 2,1 obtenido en el Código Ecuatoriano de la Construcción: Normas para estudios y diseños para sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (CPE, INEN 005: 1992).

$$QMH = 2,1 \times 3,24 = 6,81 \text{ L/s}$$

Para el caso actual en el que los dos sistemas de agua de la parroquia abastecen al 44,9% de los habitantes se debe cubrir una demanda de 4,54 L/s y en total se cuentan con 10,9 L/s, por lo que no debería haber escasez en la parroquia al momento del muestreo.

Si la cobertura de agua potable se amplía a toda la población de la parroquia, se tienen los siguientes datos de caudal tanto para poblaciones actuales como futuras a 10, 20 y 30 años. Los resultados de los cálculos se detallan en la tabla 5.4 y se

han utilizado las poblaciones que se especifican en la tabla 3.6. Los caudales son la suma de las captaciones de todas las fuentes utilizadas, de acuerdo al lugar al que abastecen.

TABLA 5.4. CAUDALES NECESARIOS PARA ABASTECER A LA PARROQUIA.

| Caudales | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Qm (L/s) | 7,22 | 9,09 | 8,11 | 7,38 | 6,73 |
| QMD (L/s) | 10,11 | 12,73 | 11,36 | 10,33 | 9,42 |
| QMH (L/s) | 15,16 | 19,09 | 17,03 | 15,49 | 14,13 |

Para cubrir la demanda total de los 2025 habitantes de Gualea, actualmente se necesitan 10,11 L/s, y se cuenta con 10,9 L/s en total. Hacia el año 2020 la demanda es la más alta, con 12,73 L/s. De ahí en adelante el consumo será cada vez menor, pero las fuentes actuales no podrán satisfacer la demanda.

Tomando en cuenta que el sistema de captación del río San Carlos y la vertiente Las Islas no abastecen a la cabecera parroquial de Gualea y a las Tolas de Gualea, de 258 y 321 habitantes, respectivamente (por tener sus propios sistemas), en la tabla 5.5 se listan los caudales calculados que se deben abastecer dichas fuentes para el total de la población conectada al sistema principal (suponiendo una cobertura del 100%).

El número de personas actualmente en este caso es de 1446, a partir de este valor se calculó el número de habitantes a futuro con las tasas de crecimiento poblacional expresadas en la tabla 3.6, los resultados de población obtenidos se presentan en la tabla 5.5.

TABLA 5.5. CAUDALES NECESARIOS PARA CUBRIR LA DEMANDA POBLACIONAL AHORA Y A FUTURO PARA EL SISTEMA SAN CARLOS

| Caudales | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Qm (L/s) | 5,15 | 5,13 | 4,58 | 4,16 | 3,79 |
| QMD (L/s) | 7,22 | 7,18 | 6,41 | 5,83 | 5,31 |
| QMH (L/s) | 10,82 | 10,77 | 9,61 | 8,74 | 7,97 |

Actualmente se tienen 9,8 L/s aportados por el sistema de abastecimiento San Carlos-Las Islas, de los cuales se deben restar las fugas del sistema Las Islas. Según los resultados, la demanda puede ser cubierta actualmente puesto que se requieren 7,22 L/s.

Suponiendo un suministro del 100% a los habitantes de la cabecera parroquial de Gualea, la cual se abastece de un sistema independiente de vertientes, se tiene que los caudales necesarios para los 258 habitantes de este poblado, calculados mediante las ecuaciones anteriormente expuestas son los que se registran en la tabla 5.7. Se calculan las poblaciones a futuro, como en el caso anterior, y son mostradas en la tabla 5.6.

TABLA 5.6. POBLACIÓN FUTURA REFERENTE AL SISTEMA DE LA CABECERA PARROQUIAL.

| Periodo | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| Población | 258 | 272 | 287 | 301 | 311 |

TABLA 5.7 CAUDALES NECESARIOS PARA CUBRIR LA DEMANDA POBLACIONAL AHORA Y A FUTURO PARA LA CABECERA PARROQUIAL

| Caudales | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|-----------|------|------|------|------|------|
| Qm (L/s) | 0,92 | 0,92 | 0,82 | 0,74 | 0,68 |
| QMD (L/s) | 1,29 | 1,29 | 1,14 | 1,04 | 0,95 |
| QMH (L/s) | 1,93 | 1,93 | 1,72 | 1,56 | 1,42 |

Para la cabecera parroquial de Gualea, se necesitan actualmente 1,29 L/s pero solo se cuenta con 1,1 L/s, por lo que existe escasez en este poblado. Aunque para el año 2050 disminuye el consumo progresivamente, hasta el año 2030 la demanda supera a la oferta del consumo en este sistema.

En la tabla 5.8 se resumen los caudales máximos diarios de los dos sistemas de abastecimiento en estudio, dado que son aquellos los que deben estar disponibles en las fuentes de agua.

TABLA 5.8. RESUMEN DE CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS REQUERIDOS.

| QMD (L/s) | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| Total parroquia | 10,11 | 12,73 | 11,36 | 10,33 | 9,42 |
| San Carlos | 7,22 | 7,18 | 6,41 | 5,83 | 5,31 |
| Cabecera parroquial | 1,29 | 1,29 | 1,14 | 1,04 | 0,95 |

5.2 EVALUACIÓN CALIDAD DEL AGUA

5.2.1 CALIDAD DEL AGUA EN LAS CAPTACIONES

Los resultados para la vertiente La Chelita demuestran un valor bajo de oxígeno disuelto, este depende de la temperatura del agua y de la presencia de materia orgánica. La temperatura elevada del agua reduce la concentración de oxígeno disuelto; a condiciones normales de presión barométrica y saturación del agua del 100% se tendría un valor de 9,3 mg/L de oxígeno disuelto en agua para una temperatura de 19°C.

Para la misma fuente, el valor de coliformes obtenido es menor 1,8 número más probable por 100 mililitros, lo que indica que no sobrepasa los límites que establece el método utilizado: "Detección de coliformes fecales y *Escherichia coli* en agua por la técnica de número más probable", Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (MMI -12/SM 9221 –E). De acuerdo con este método el límite es: menor a 1.1 NMP/100ml para agua clorada y menor a 1,8 NMP/100 ml para agua cruda.

Para la vertiente Las Guaduas, todos los parámetros se encuentran bajo los límites máximos permisibles que indica la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua, Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria para el Medio Ambiente. Respecto a los coliformes fecales, está bajo el valor indicado según los métodos estándar utilizados para la detección de coliformes en agua, el cual indica que debe ser menor a 1,8 NMP/100ml para el caso de agua cruda.

En el caso de la vertiente Los Motilones-El Carmen, el oxígeno disuelto en el agua tiene un valor muy bajo, esto se debe a la elevada temperatura del agua, el valor más elevado respecto a otras fuentes corresponde a sólidos totales, aunque se encuentra bajo los límites máximos permitidos, por lo que no representa ningún riesgo.

En el tanque de la captación de Las Islas, no se encuentran valores que excedan los límites máximos permisibles que indica el Texto Unificado de Legislación Secundaria para el Medio Ambiente (TULSMA) para fuentes de agua aptas para consumo humano que únicamente requieren desinfección.

De acuerdo a los límites máximos permisibles que indica la Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua, Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria para el Medio Ambiente para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional, los parámetros establecidos para la captación del río San Carlos se cumplen los requisitos. El valor de coliformes fecales y la turbidez deberán ser disminuidos mediante tratamiento convencional para que puedan ser abastecidos a la población.

Los resultados de la calidad del agua para el caso de los puntos de captación se resumen en la tabla 5.9.

También se realizaron análisis de pesticidas en los puntos de las fuentes que se encuentran cerca de lugares en donde se usen pesticidas, tales como cultivos de pasto y de frutas.

La normativa ecuatoriana para aguas crudas, que se dicta en el Texto Unificado de Legislación Ambiental, Anexo 1 del Libro VI de la Calidad Ambiental establece los límites máximos permisibles para la presencia de pesticidas como Concentración de organoclorados totales y concentración de organofosforados totales, siendo estos límites 0,01 mg/L y 0,1 mg/L, respectivamente. Al comparar la norma con los resultados de los análisis, se concluye que no existe presencia perceptible de pesticidas organoclorados ni organofosforados.

Se pueden observar las tablas con los resultados de los análisis de pesticidas en Anexo 5, tablas 1, 2, 3 y 4.

TABLA 5.9. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA PARA FUENTES DE AGUA CRUDA.

| PUNTO | LA CHELITA | LAS GUADUAS | LOS MOTILONES/ EL CARMEN | CAPTACIÓN RÍO SAN CARLOS | TANQUE LAS ISLAS | Unidades | L.M.P |
|--------------------|------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|------------|--|
| | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | | |
| CAUDAL (L/s) | 0,35 | 0,52 | 0,23 | 8,8 | 1 | | |
| Parámetro | Valor | Valor | Valor | Valor | Valor | | |
| Ph | 7 | 6,92 | 6,55 | 6,92 | 6,4 | | 6 a 9 |
| Turbiedad | 0,22 | 0,15 | 0,52 | 26,1 | 5,46 | NTU | 10 |
| Conductividad | 162 | 99,5 | 137,5 | | 68,8 | µS | |
| Temperatura | 19,3 | 20,3 | 20,5 | 15,8 | 16,9 | °C | Condición natural +/- 3°C |
| Oxígeno disuelto | 4,21 | 6,14 | 3,5 | 6,91 | 7,33 | mg/L | No menor al 80% del O2 de saturación y no menor a 6 mg/L |
| Sólidos totales | 139 | 104 | 129 | 53 | 103 | mg/L | 500 |
| Nitratos (N-NO3) | 0,7 | 1,9 | 1,6 | 0,3 | 0,9 | mg/L | 10 |
| Color | <8 | <8 | <8 | <8 | <8 | HAZEN | 20 |
| Coliformes fecales | <1,8 | <1,8 | <1,8 | 3,6 | 3,6 | NMP/100 ml | 600 |

FUENTE: Universidad Central del Ecuador, 2015.

5.2.2 CALIDAD DEL AGUA EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

En la tabla 5.10 se resumen los resultados de los análisis realizados en Laboratorio e In situ para los puntos de la red de distribución en los que se tomaron las muestras de agua potable con el fin de conocer las características del recurso hídrico que llega a los hogares de los pobladores de Gualea.

Se incluyen las unidades en las que se expresan cada uno de los parámetros y los límites máximos permisibles que establece la Norma Técnica INEN 1108:2010. Cabe recalcar que esta Norma es la que sigue la EPMAPS para garantizar la calidad del agua.

Para el punto Unidad Sanitaria de Gualea, se aplica la Norma técnica INEN para agua potable 1108:2010. El parámetro que excede los límites máximos permisibles es el cloro libre residual, que indica valores muy elevados en el análisis hecho en campo y laboratorio. Además se tiene un valor menor a 1.8 número más probable de colonias de coliformes fecales, cuando en el agua potable no se acepta la presencia de coliformes.

En el restaurante, se tiene un valor elevado de temperatura, así como presencia de coliformes fecales en un valor menor a 1,8 NMP/100ml. Por otro lado el valor de cloro libre residual es demasiado alto.

Al analizar las muestras de agua de una casa en Gualea Cruz, la misma que fue escogida de forma aleatoria, se encuentra un valor importante de presencia de coliformes fecales de 49 NMP/100 ml, cuando se desea que para agua potable no se tengan coliformes o tenga un valor máximo de 1,1 NMP/100 ml, según la Norma técnica INEN 1108:2010 para agua potable.

En las muestras de agua potable no se realizaron análisis de pesticidas puesto que los resultados obtenidos de las muestras de agua proveniente de las fuentes, no indicó valores perceptibles de pesticidas.

TABLA 5.10. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA PARA AGUA POTABLE

| PUNTO | RESTAURANTE | UNIDAD SANITARIA | CASA GUALEA CRUZ | | Unidades | LMP |
|----------------------|-------------|------------------|------------------|-------|------------|---|
| | | | Valor | Valor | | |
| Parámetro | Valor | Valor | | | | |
| pH | 7,15 | 7,08 | 7,56 | | | 6,5-9,5 |
| Turbidez | 0,23 | 0,26 | 2,06 | | NTU | 20 |
| Conductividad | 174,8 | 172 | 70 | | uS | |
| Temperatura | 26,8 | 23,9 | 21 | | °C | Condición natural +/- 3°C |
| Oxígeno disuelto | 6,95 | 7,06 | 6,52 | | mg/L | No menor al 80% del O2 de saturación y no menor a 6 mg/L |
| Sólidos totales | 136 | 122 | 56 | | mg/L | 1000 |
| Nitratos (N-NO3) | 1,5 | 1,3 | 0,7 | | mg/L | 40 |
| Color | <8 | <8 | <8 | | HAZEN | 30 |
| Coliformes fecales | <1,8 | <1,8 | 49 | | NMP/100 ml | Ausencia |
| Cloro libre residual | 3,07 | 2,93 | 0,96 | | mg/L | 0,3-1,0 |

FUENTE: Universidad Central del Ecuador, 2015.

5.3 PROPUESTAS DE MEJORA A LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

La problemática de la parroquia referente al abastecimiento de agua incluye aspectos técnicos, económicos y sociales, tanto respecto a la calidad como a la cantidad del recurso.

La tabla 5.11 resume los problemas encontrados en los dos sistemas de abastecimiento evaluados en esta investigación.

TABLA 5.11. PROBLEMÁTICA DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN GUALEA.

| CANTIDAD DE AGUA | CALIDAD DEL AGUA |
|--|--|
| Utilización del agua de las fuentes para necesidades ganaderas, disminuyendo el caudal disponible para la población. | Dosificación excesiva de cloro en la red de distribución de la cabecera parroquial. |
| Deforestación y cambio de uso de suelo en las zonas aledañas a las fuentes de agua subterránea. | Presencia de coliformes fecales en la red de distribución del Sistema San Carlos. |
| Disminución del caudal debido a la presencia de una fuga en la conducción y taponamientos en la captación. | Cobertura insuficiente del servicio de alcantarillado y emisión de aguas residuales a cuerpos de agua. |
| Escasez de agua en verano en la cabecera parroquial | Dotación de agua turbia en invierno. |

La falta de recursos económicos de la EPMAPS, conlleva a una escasa cobertura del servicio de agua potable y a la falta de mantenimiento de los sistemas de abastecimiento. A ello se suma una falta de control por parte de la matriz sobre el trabajo que realizan en la parroquia los empleados que laboran en la Planta de Tratamiento.

Las propuestas de mejora que se plantean para corregir los problemas mencionados, están enfocadas dentro de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Además, algunas de las acciones que se presentan deben ser realizadas de carácter urgente para el correcto funcionamiento de ambos sistemas.

5.3.1 PROPUESTAS A CORTO PLAZO

De acuerdo a la GIRH, las actividades a corto plazo deben ayudar a cumplir aquellas planificadas a largo plazo (Global Water Partnership, 2009). Una de las actividades fundamentales para solucionar la problemática actual de los sistemas es el mantenimiento de la infraestructura, para lograr el correcto funcionamiento de los sistemas de abastecimiento y que luego se refuercen con la construcción de nuevas captaciones.

5.3.1.1 Sistema cabecera parroquial

5.3.1.1.1 *Mantenimiento a los sistemas de abastecimiento*

Es necesario el cambio de la cubierta del tanque La Chelita por una nueva, ya que actualmente presenta agujeros. Las tapas de los demás tanques deben pintarse con pintura anticorrosiva. En la fotografía 5.1 se pueden visualizar los agujeros en la tapa del tanque.

FOTOGRAFÍA 5.1. AGUJEROS EN LA TAPA DEL TANQUE LA CHELITA



5.3.1.1.2 *Capacitación al personal*

Existen varias consecuencias de la falta de capacitación al personal encargado de la planta de tratamiento de la parroquia y de la falta de control por parte de la matriz, pues testimonios de la población aseguran que no se atienden las emergencias de fugas. Se pudo observar que el mantenimiento de los sistemas no es el adecuado para proporcionar el recurso en cantidad adecuada y existe cloración excesiva en la red de distribución de la cabecera parroquial.

Se debe implementar un programa de capacitaciones para instruir al personal sobre la importancia de evitar fugas en el sistema y las prácticas adecuadas para hacerlo, dosificar correctas cantidades de cloro, realizar el mantenimiento regularmente, realización de un adecuado mantenimiento supone menores problemas de abastecimiento y menores costos en insumos, emergencias o daños en el sistema.

5.3.1.2 Sistema San Carlos-Las Islas

5.3.1.2.1 Limpieza y mantenimiento a los sistemas de abastecimiento.

La captación del Río San Carlos se obstruye debido a la acumulación de sedimentos en la rejilla de ingreso del agua al canal, las mismas que deben ser limpiadas por el personal de la EPMAPS que labora en la Planta de Tratamiento. El mantenimiento de dicha estructura debe ser más frecuente retirando el material que se deposita. La rejilla por donde ingresa el agua se debe cepillar con una escobilla metálica. En caso de existir troncos y piedras grandes que obstaculicen el paso del agua al canal, deben ser recogidos y colocados en lugares en donde no taponen ningún sistema (OPS, 2004).

En el tanque de captación se acumulan sedimentos en el fondo, los mismos que deben ser retirados. En este punto, la cerca que rodea al tanque para evitar el paso de personas y animales está destruida, por lo que es preciso reemplazarla.

5.3.1.2.2 Reparación de fugas

En la conducción del sistema Las Islas se evidenció una fuga constante de agua durante la visita al campo. La solución radica en el cambio del tramo afectado, cortando el suministro por varias horas al sistema de distribución del sistema San Carlos; en la tubería se observan intentos de reparación con cinta adhesiva, los cuales no han dado resultado al largo plazo y representa una pérdida del recurso. El punto en donde se encontró la fuga se visualiza en la fotografía 4.6.

Se debe enterrar la tubería en la conducción de Las Islas y en la conducción de la captación San Carlos para evitar daños o vandalismo. En la conducción es importante recoger toda la tubería que no está siendo usada y que se encuentra en la vía y disponerlo correctamente o enviarlo a un centro de reciclaje.

5.3.2 PROPUESTAS A MEDIANO PLAZO

Se presentan las siguientes propuestas a mediano plazo que aplican para ambos sistemas de abastecimiento de la parroquia.

5.3.2.1 Programa de mantenimiento a los sistemas de abastecimiento.

Se debe elaborar un programa de mantenimiento en donde se planifiquen y realicen visitas a las fuentes de agua y limpieza de la infraestructura, es importante incluir la captación, conducción, planta de tratamiento, tanques de almacenamiento y red de distribución.

Si bien las actividades de mantenimiento son realizadas por el personal presente en la parroquia, superiores de la matriz de la EPMAPS deberían supervisarlos, puesto que no se han hecho en la frecuencia adecuada. En la tabla 5.12 se resumen las acciones que se deben ejecutar como parte del mantenimiento y la frecuencia de realización de las mismas.

TABLA 5.12. FRECUENCIA DE REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

| ACTIVIDAD | FRECUENCIA |
|---|----------------------------|
| Realizar ensayos de demanda de cloro para determinar la dosificación adecuada de acuerdo a las características del agua. | QUINCENALMENTE |
| Hacer un cronograma, en el que consten todas las actividades a realizarse en un mes y los responsables de hacerlas, en orden prioritario. | MENSUALMENTE |
| Hacer un inventario de los insumos que se tienen en la planta de tratamiento y solicitar los faltantes para la realización de análisis. | CADA VEZ QUE SEA NECESARIO |
| Cambiar las cubiertas de los tanques de captación de las vertientes o pintarlas. | ANUALMENTE |
| Limpieza y mantenimiento de los tanques de captación de vertientes. | SEMESTRALMENTE |
| Limpieza y mantenimiento de la captación del Río San Carlos. | TRIMESTRALMENTE |
| Recorrer el trayecto de la conducción y red de distribución para identificar fugas en la tubería. | SEMESTRALMENTE |
| Controlar el nivel de cloro libre residual en las viviendas de los diferentes poblados y asegurarse que no excedan una concentración de 1,5 mg/L. | QUINCENALMENTE |
| Limpiar los caminos de acceso a las fuentes. | ANUALMENTE |
| Capacitar al personal. | ANUALMENTE |

Para la limpieza se debe seguir el siguiente procedimiento (IUCN, 2010):

- Programar el día de limpieza e informar a la población sobre la suspensión del servicio.
- Taponar la tubería de entrada de agua al tanque.
- Retirar el sedimento depositado en el fondo del tanque.
- Revisar que el tanque no tenga grietas o rajaduras. De existir, proceder a repararlas.
- Limpiar las paredes internas y externas con agua y jabón.
- Taponar la tubería de salida del agua.
- Abrir la tubería de entrada del agua
- Disolver 140 gramos de hipoclorito de calcio en un balde con agua.
- Agregar al tanque lleno, la solución clorada.
- Dejar asentar la solución clorada por 24 horas.
- Abrir la tubería de salida. Avisar a la comunidad que abran los tubos para dejar salir toda el agua, con esto se logra desinfectar la red de conducción y distribución de agua.
- Llenar nuevamente el tanque de abastecimiento.
- Monitorear cada 15 días que la concentración de cloro no supere 1 mg/L y que el pH tenga valores alrededor de 7.

El canal y los tanques han de limpiarse siguiendo la metodología previamente señalada, con la frecuencia que se indica en la tabla 5.12. Se deben limpiar todos los tanques de captación y de almacenamiento para ambos sistemas, al menos una vez por año. Todos los residuos que se obtengan del mantenimiento de la captación se dispondrán en bolsas de basura para su posterior traslado al relleno sanitario.

En la tabla 5.13 se muestra la cantidad de cloro que debe usarse en el proceso de limpieza de acuerdo al tamaño del tanque.

TABLA 5.13. DATOS PARA LA PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN DE CLORO PARA LA DESINFECCIÓN DE TANQUES DE AGUA

| CANTIDAD DE CLORO PARA LA DESINFECCIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO | | |
|--|-----------------------|--|
| Capacidad (galones) | Capacidad (m3) | Cantidad de hipoclorito de calcio (65% cloro libre) a suministrar (onzas) |
| 250 | 1 | 5 |
| 500 | 2 | 11 |
| 750 | 3 | 16 |
| 1000 | 4 | 21 |
| 3000 | 11 | 64 |
| 5000 | 19 | 107 |
| 10000 | 38 | 213 |
| 15000 | 57 | 320 |
| 20000 | 76 | 427 |
| 30000 | 114 | 640 |
| 35000 | 132 | 747 |
| 50000 | 189 | 1067 |

Fuente: IUCN, 2010.

5.3.2.2 Trabajo conjunto con autoridades locales.

La Junta Parroquial y la EPMAPS deben tener comunicación constante para colaborar mutua y oportunamente en la organización de la población y en la inmediata respuesta a problemas de abastecimiento de agua, siendo la Junta Parroquial el nexo entre la población y la empresa, comunicando oportunamente las necesidades y problemas.

Se debe enfatizar la concientización a la ciudadanía sobre protección de recursos hídricos y las cuencas hidrográficas. Se propone el trabajo conjunto entre la EPMAPS y las universidades del DMQ, para la realización de talleres de sensibilización con el fin de evitar el desperdicio del recurso hídrico y la deforestación alrededor de las fuentes, así como crear conciencia sobre el cuidado de las instalaciones de dotación de agua.

5.3.2.3 Incremento de la cobertura del servicio de agua potable.

La EPMAPS debe incrementar el nivel de cobertura de agua potable, siguiendo el Plan Maestro de agua para Quito del año 2015, en el cual se plantea incrementar las fuentes de agua para cubrir la demanda poblacional. A la vez debe realizarse la

ampliación de las redes de distribución en la mayor parte de la parroquia. En los lugares en donde no sea posible la ampliación de la red de distribución será necesario utilizar fuentes cercanas y tratarlas de acuerdo a la calidad del agua para abastecer a la población.

Se deben buscar nuevas fuentes de aguas subterráneas o expandir los sistemas actuales con la captación de otros cuerpos de agua superficiales de la región como lo establece el Plan Maestro de Agua Potable para Quito. El Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado para el DMQ establece que los proyectos a desarrollarse para el área de Gualea para reforzar el sistema actual se ejecutarán al corto y mediano plazo, a futuro se plantea utilizar el agua de los siguientes ríos: San José, Chirapi y San Carlos. Las siguientes alternativas cubrirán la demanda de Gualea, Nanegal, Nanegalito y Pacto:

Alternativa 1 - Proyecto Río Tandayapa y Proyecto Río San Carlos

Alternativa 2 - Proyecto Río Tandayapa, Proyecto Río Chirapi y Proyecto Río San Carlos

Alternativa 3 - Proyecto Río San José y Proyecto Río San Carlos

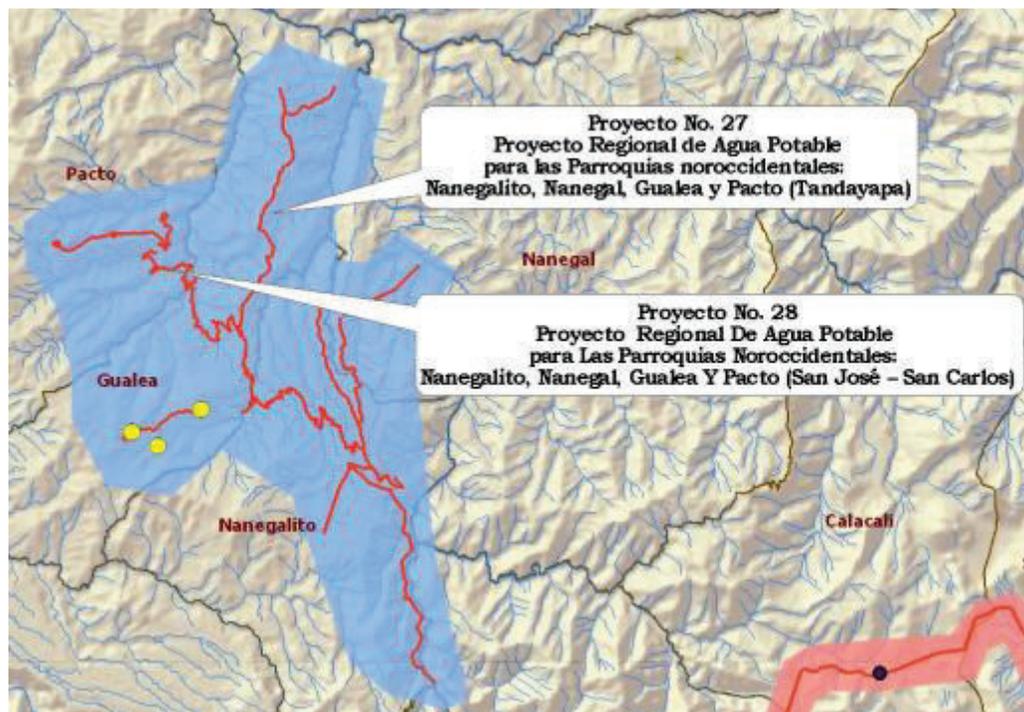
Alternativa 4 - Proyecto Río San José, Proyecto Río Chirapi y Proyecto Río San Carlos.

Como se indica en el Resumen Ejecutivo del Plan Maestro de Abastecimiento de Agua para marzo 2011, la alternativa seleccionada para las parroquias remotas noroccidentales es la alternativa 4 por ser la de mínimo costo (EPMAPS, 2011).

En la página web de la EPMAPS se expone que se destinará USD 4,2 millones para seis proyectos de agua potable y alcantarillado en las parroquias Gualea, Nanegal, Nanegalito y Pacto. La EPMAPS asignó un presupuesto para la construcción de tres proyectos en la parroquia Gualea, en el Sistema de Agua Potable San Carlos; alcantarillado y Programa de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para el barrio Gualea Cruz, y Alcantarillado y PTAR en Las Tolas y Gualea Centro (Cabecera parroquial).

Los proyectos para las parroquias rurales del noroccidente que se presentan en el gráfico 5.1 se encuentran en etapa de factibilidad.

GRÁFICO 5.1. PROYECTOS EN ESTADO DE FACTIBILIDAD PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA



FUENTE: EPMAPS, 2011.

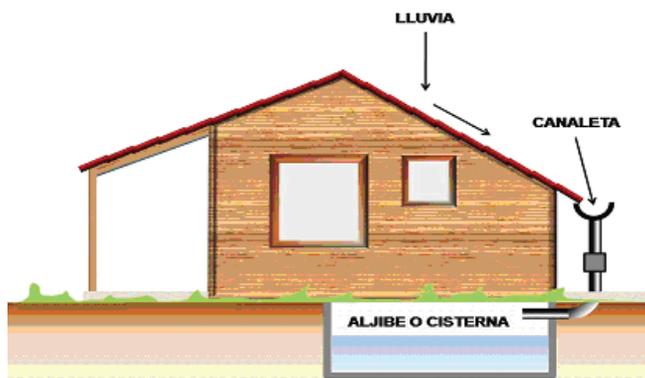
5.3.2.4 Facultar a las personas sobre tecnologías para captación de agua y consumo de agua segura.

Dado que se trata de una zona con más de 1.500 mm de precipitación al año, se puede instruir a la población en técnicas sobre cosecha de agua lluvia o neblina utilizando la infraestructura de sus domicilios o redes de intercepción de neblina.

La captación de agua lluvia se realiza recogiendo agua de los techos en canaletas y por tubería dirigiéndolas a un tanque de almacenamiento como se indica en el gráfico 5.2. Por otro lado, la captación de neblina consiste en la ubicación de redes de intercepción de neblina, que son mallas templadas conectadas a un sistema de canaletas para la recolección de las gotas de neblina y un sistema de almacenamiento. Esta tecnología se muestra en el gráfico 5.3.

Además se debe promover la búsqueda de vertientes cercanas para la captación de agua de pozo a quienes no tienen acceso a la red de abastecimiento.

GRÁFICO 5.2. COSECHA DE AGUA LLUVIA



Fuente: Arruebarrena K, 2014.

GRÁFICO 5.3. COSECHA DE NEBLINA



Fuente: Espinoza, D., Vargas, B., Oñate, F, 2004.

Dado que el agua que se recolecta en estos sistemas no es potable, es importante facultar a las personas en tecnologías de agua segura para garantizar que el agua que consumen no afecte a su salud, incluyendo cloración en casa, método SODIS, así como la fabricación de filtros.

La cloración en casa consiste en administrar una cantidad de 1 ml de cloro en un volumen de 10 litros de agua.

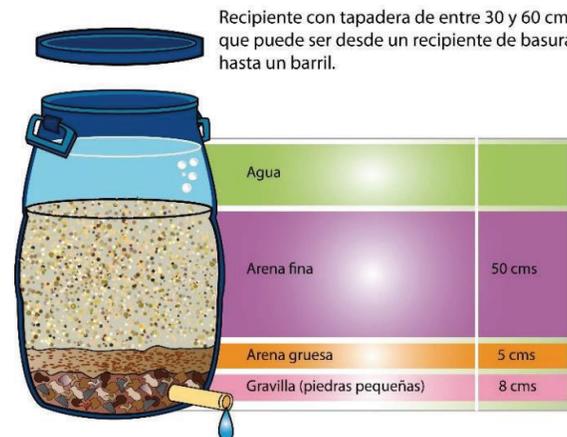
Se debe instruir a la población sobre la importancia de hervir el agua, previo al consumo, sobre todo cuando esta no es potable.

El método SODIS (Desinfección solar) es una tecnología barata y consiste en el almacenamiento de agua en botellas plásticas transparentes y ubicarlas en una

superficie exterior en la que tengan contacto directo con la luz solar, de modo que la luz solar ultravioleta destruya los microorganismos patógenos del agua.

Si el agua tiene color o turbiedad será necesario construir filtros caseros para el agua, los mismos que pueden ser de carbón activado o de lecho de arena y grava como el que se indica en el gráfico 5.4.

GRÁFICO 5.4. FILTRO DE AGUA DE LECHO DE ARENA Y GRAVA



Fuente: http://www.ediciona.com/ilustracion_filtro_casero-dirpi-51122.htm

5.3.2.5 Construcción de un filtro lento para el agua proveniente de Las Islas.

El agua que sale de la planta de tratamiento se dirige a un tanque de almacenamiento, en donde se mezcla con el agua proveniente del tanque de captación del sistema Las Islas, la misma que presenta valores de turbiedad mayores a 5 UTN. En el tanque de almacenamiento, la mezcla de agua recibe cloración, la misma que no es efectiva debido a la turbiedad del agua, que impide el contacto del cloro con las bacterias patógenas; por esta razón, en los análisis de calidad del agua se encuentran coliformes fecales y cloro en la red de distribución del Sistema San Carlos.

Se propone la construcción de un filtro lento, previo al tanque de almacenamiento del Sistema San Carlos – Las Islas, con el objetivo de reducir la turbiedad hasta 1 UTN para luego someter el agua al proceso de cloración para que destruya de manera efectiva los patógenos.

El tanque deberá tener una capacidad de 12 m³ aproximadamente, es decir de 4,5 m² de área superficial y 2,6 m de profundidad, tomando en cuenta un lecho de grava de 0,4 m, un lecho de arena y una capa de agua de un metro cada una y 0,2 m de altura de seguridad, además se tomó una tasa de filtración de 0,2 m/h, valores tomados y calculados de acuerdo al CEC: Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (CPE: INEN 005-9-1, 1992) y a las expresiones 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 y 5.9 obtenidas de la Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas (OPS, 2005).

$$Qd = \frac{Qt}{N} \quad (5.5)$$

$$As = \frac{Qd}{Vf \times N} \quad (5.6)$$

$$K = \frac{2N}{N+1} \quad (5.7)$$

$$L = (As \times K)^{1/2} \quad (5.8)$$

$$b = (As \times K)^{1/2} \quad (5.9)$$

Donde: Qd: caudal de diseño.
 Qt: caudal total.
 N: Número de unidades de filtración. Se tomaron 2 unidades puesto que es el mínimo en caso de limpieza.
 As: Área superficial.
 Vf: Velocidad o tasa de filtración.
 K: coeficiente de mínimo costo.
 L: Longitud del filtro.
 b: ancho del filtro.

5.3.3 PROPUESTAS A LARGO PLAZO

5.3.3.1 Programa de Monitoreo

En ambos sistemas se debe implementar un programa de monitoreo frecuente que ayude a conocer las variaciones de las características de la calidad del agua y del

caudal de agua en las fuentes, en base a las variaciones estacionales. Con ello se logrará establecer los cambios en cuanto a las dosis, procesos y parámetros de tratamiento; ayudará a establecer tiempos de retención, gradientes de velocidad y dosis de sustancias para modificar los procesos unitarios de la planta de tratamiento, de manera que la turbidez sea controlada en invierno y las dosis de cloro sean corregidas. Además se podrán adoptar medidas respecto a la escasez de agua en verano.

Se requiere establecer puntos de muestreo, la EPMAPS cuenta con una lista, especificada en la tabla 5.14, pero no es frecuente y corresponde solo a la red de distribución, por lo que se dificulta hacer una comparación de las características del agua y evaluar su variación estacional. Se recomienda incluir los tanques de captación, el tratamiento y tanques de almacenamiento.

TABLA 5.14. PUNTOS DE MUESTREO DE LA EPMAPS PARA MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

| No. | PUNTOS DE MUESTREO DE LA EPMAPS |
|-----|---------------------------------|
| 1 | ESCUELA FISCAL MANUEL LARREA |
| 2 | TENENCIA POLÍTICA DE GUALEA |
| 3 | CASA FAMILIA RODRIGUEZ |
| 4 | CASA FAMILIA BARRERA |
| 5 | COLEGIO ALFREDO PEREZ CHIRIBOGA |
| 6 | SUBCENTRO DE SALUD GUALEA |
| 7 | BAÑOS PÚBLICOS |
| 8 | UPC GUALEA |
| 9 | CASA FAMILIA DE LA CRUZ |
| 10 | CASA ROSADA |
| 11 | PRODUCCIONES JR |
| 12 | CENTRO MÉDICO GUALEA |
| 13 | CASA FAMILIA MORENO |

Fuente: EPMAPS, 2015

5.3.3.2 Protección de cuencas hidrográficas

El cambio de uso de suelo alrededor de las fuentes a pastizales para ganado y siembra de cultivos y la deforestación, hacen que la infiltración del agua en el suelo

sea cada vez menor y las fuentes de agua no se recarguen como en el pasado, lo cual ha sido evidenciado por los habitantes del lugar.

Aplicando el CEC: Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, se debe cuidar que se tengan al menos 15 metros de zona de protección alrededor de las fuentes y 50 metros para aquellas que se encuentren en zonas intervenidas como Los Motilones-El Carmen, La Chelita (CPE INEN 005-9-1, 1992).

Respecto a la agricultura se plantea capacitar a los agricultores sobre métodos de riego más eficientes como el riego subterráneo, ya que consiste en la aplicación de agua directamente sobre las raíces a través de estructuras perforadas ubicadas a lo largo del terreno, lo que supone menor gasto de agua; estas tecnologías requieren abundante mano de obra pero la inversión es menor y ayudan al incremento del rendimiento en los cultivos (FAO, 2002). Se recomienda que se lo haga en las cotas altas de la parroquia y en las zonas de las fuentes La Chelita, Los Motilones y El Carmen que son las más deforestadas y cultivadas con pasto.

En estas zonas se deberán controlar actividades ganaderas y agrícolas que impliquen el uso de pesticidas, abonos, fertilizantes y otros químicos, así como la emisión de aguas residuales (CPE INEN 005-9-1, 1992). En la fotografía 5.1 se puede observar que, de las fuentes que abastecen a Gualea Centro, se destina al sustento de la ganadería.

FOTOGRAFÍA 5.2. ABREVADERO PARA ANIMALES



Por ello se sugiere que junto a la población beneficiaria de dichas fuentes se elabore un plan de conservación en el que la población aporte económicamente a los

dueños de los predios donde se ubican las fuentes para evitar el desarrollo de actividades agrícolas y por el contrario, dichas tierras se destinen a conservación.

Si bien la agricultura no se puede realizar en esta área, y dado que el suelo ha sido cubierto por pastizales, se recomienda la elaboración de estudios para definir especies vegetales con las que se pueda realizar reforestación de dichas zonas y además cumplan con una función productiva para generar rédito económico a los propietarios al no poder utilizar sus tierras.

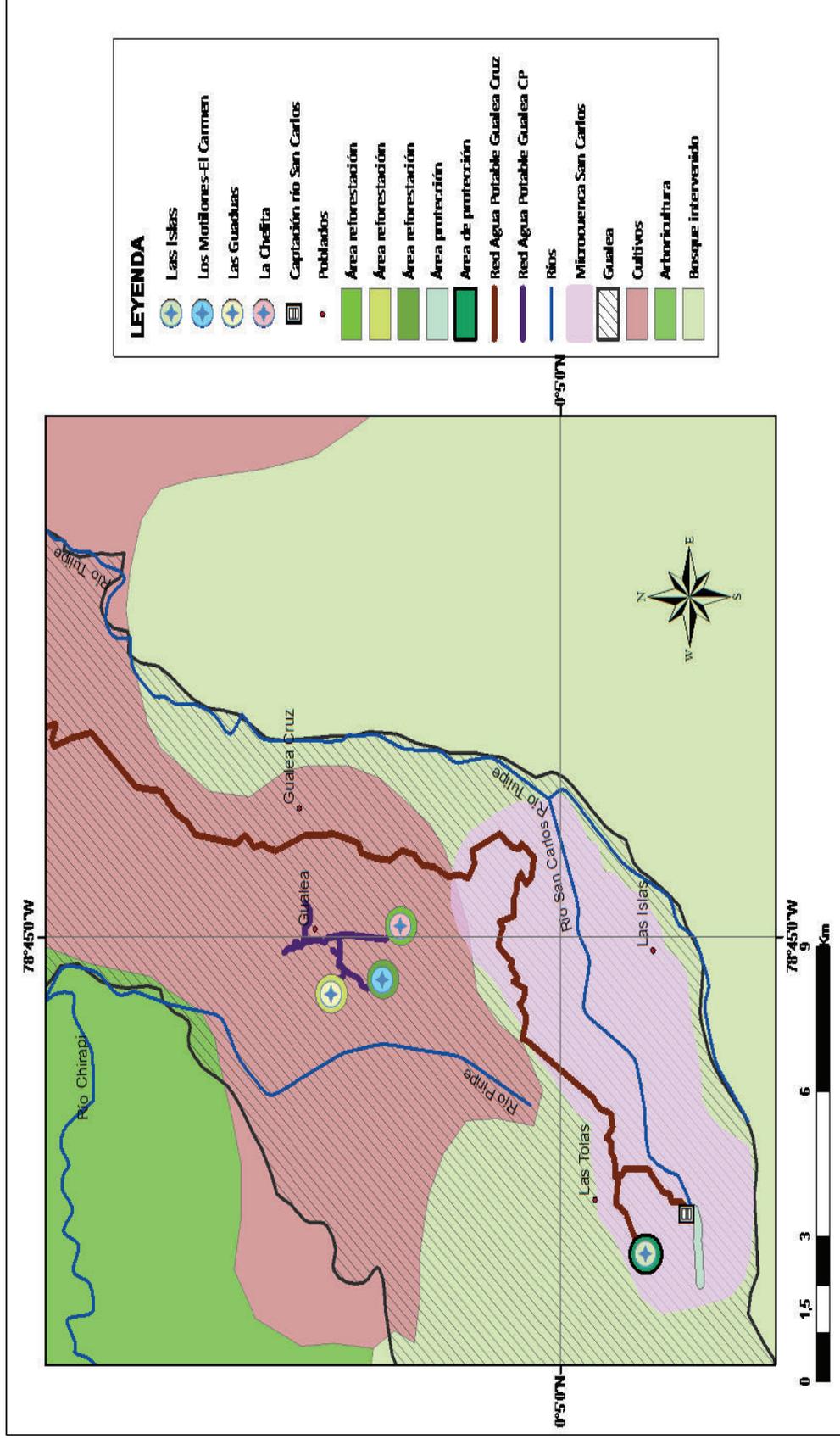
Actualmente la EPMAPS trabaja conjuntamente con el FONAG para la conservación de las cuencas hidrográficas de las fuentes que se utilizan para la cobertura de agua potable. Sin embargo, no se han realizado este tipo de proyectos en Gualea por lo que debe implementarse con el FONAG un programa de reforestación alrededor de las fuentes de agua subterránea y superficial en la parroquia.

En el mapa 5.1 se detallan los usos de suelo en la zona de las fuentes de agua subterránea de la cabecera parroquial, las mismas que se rodean de áreas de protección de 100 metros de diámetro, las cuales se deben dejar sin construcciones ni cultivos y en las que se debe reforestar para garantizar la conservación del recurso.

En la cuenca del río San Carlos, que abastece a la parroquia, se ubican también las vertientes Las Islas, por lo que el manejo y protección de dicha cuenca es fundamental para la conservación del agua para la parroquia. La cuenca hidrográfica del río San Carlos y la vertiente Las Islas y sus áreas de protección se visualizan en el mapa 5.1.

Con el objetivo de preservar el recurso hídrico, es necesario proteger la cuenca resguardando el área de captación de la intervención humana o animal para evitar fuentes de contaminación, con la construcción de una cerca que impida el paso. El área mínima de protección de cuenca debe ser de 50 metros, en donde se han de sembrar especies nativas y evitar actividades como la agrícola y ganadera como se especifica en el CEC: Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (CPE INEN 005-9-1, 1992).

MAPA 5.1. ÁREAS DE PROTECCIÓN DE LAS FUENTES



Fuente: SNI, Geoportal-IGM, 2013.

Realizar un estudio de especies vegetales, propias del ecosistema para ser sembradas en las fuentes, dichas especies deberán capaces de retener agua en el suelo y aportar a la recarga de fuentes y a su vez servir como fuente de ingresos para los propietarios de las áreas de terreno en donde se encuentran las fuentes, de esta manera recibirían rédito económico por el cultivo y a su vez, aportarían a la conservación del recurso hídrico.

Para este y futuros proyectos, es sustancial determinar el caudal ecológico pues se ha secado el río, aguas debajo de la captación, para el abastecimiento de agua potable. De no hacerlo, a futuro no se logrará mantener el equilibrio ecológico en las cuencas hidrográficas, y por ende no se garantizará la permanencia del recurso en calidad y cantidad en el ecosistema (SALINAS, 2011).

Se propone la introducción de los terrenos de las cotas altas de la parroquia y de aquellos que conforman la cuenca hidrográfica del río San Carlos dentro del programa Socio-Bosque para su conservación.

Dado que el río Pachijal es sustancial por la cantidad de agua que provee, se debe proteger su microcuenca de la presencia de residuos sólidos, descargas puntuales como la emisión de aguas residuales, contaminación difusa debida a la utilización de pesticidas en la agricultura o la presencia de coliformes provenientes de la actividad ganadera y de la deforestación con campañas de reforestación como las que se han venido dando e insertándolo en programas de protección de cuencas como Socio Bosque o de programas de reforestación del FONAG, se propone el estudio de la factibilidad de la captación del río Pachijal para suministro de agua potable a los habitantes de Gualea.

5.3.3.3 Control de la contaminación de aguas superficiales.

Los poblados a los que se debe poner especial interés para que la calidad del agua no se vea afectada son Las Tolas y Las Islas puesto que, como indica el mapa 5.3, estos poblados se encuentran dentro de los límites de la cuenca hidrográfica del Río San Carlos; sin embargo, es importante que las prácticas agrícolas e industriales, así como el control de emisiones de aguas residuales se efectúe en todos los poblados de la parroquia y de parroquias aledañas, puesto que se ubican en las microcuencas de otros cuerpos hídricos. Se debe cuidar que los bosques no

se sustituyan con otros cultivos, que no se usen pesticidas, que no se contamine el agua con excretas y que no se disminuya su caudal debido al uso intensivo en la agricultura.

El déficit de la cobertura del servicio de alcantarillado con un porcentaje del 86.58% de los hogares requiere la ampliación de la red con el objeto de evitar emisiones de aguas residuales a cuerpos hídricos. Cabe recalcar que a la vez, se deben implementar plantas de tratamiento de aguas residuales para tratar las aguas emitidas al alcantarillado.

Además es importante fortalecer el servicio de recolección de basura en la parroquia para evitar que se desechen los residuos inapropiadamente en las laderas de ríos y quebradas y se contamine el recurso hídrico.

Capacitar a la población que no tiene acceso al servicio acerca de la construcción de sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales en sus hogares, tales como pozos sépticos diseñados adecuadamente y otras tecnologías.

En la tabla 5.15 se resumen las actividades propuestas al sistema de abastecimiento y se incluyen los responsables de dichas actividades.

TABLA 5.15. RESUMEN DE PROPUESTAS DE MEJORA Y ACTIVIDADES

| PROPUESTA | ACTIVIDAD | RESPONSABLE |
|---|---|--|
| Mantenimiento a los sistemas de abastecimiento. | Limpieza de tanques. | EPMAPS |
| | Reparación y enterramiento de la tubería de la conducción y distribución. Programa de mantenimiento. | EPMAPS EPMAPS |
| Capacitación | Capacitación al personal de la planta de tratamiento sobre cloración y mantenimiento. | EPMAPS |
| | Capacitar a la población en tecnologías de captación y tratamiento de agua. | EPMAPS- POBLADORES GUALEA |
| | Capacitación a los agricultores sobre métodos de riego eficientes. | EPMAPS-MAGAP |
| | Capacitar a la población sobre construcción y mantenimiento de pozos sépticos. | EPMAPS |
| Trabajo conjunto con autoridades locales. | Talleres de sensibilización sobre cuidado del agua y sus fuentes. | EPMAPS - JUNTA PARROQUIAL – UNIVERSIDADES |
| Incremento de la cobertura de agua potable. | Analizar posibles fuentes de agua subterránea y superficial. Estudiar la posibilidad de utilizar al río Pachijal como fuente de agua. | EPMAPS EPMAPS |
| Mejorar la calidad del agua del Sistema San Carlos-Las Islas. | Construcción de un filtro lento para tratar el agua del Sistema Las Islas. | EPMAPS |
| Programa de monitoreo. | Establecer puntos de muestreo y frecuencia adecuados para determinar variaciones de cantidad y calidad del agua. Reforestación de áreas de protección. | EPMAPS EPMAPS – FONAG |
| | Protección de cuencas hidrográficas. | UNIVERSIDADES – EPMAPS UNIVERSIDADES – EPMAPS |
| Control de la contaminación de aguas superficiales. | Introducción de cuencas altas en zonas de conservación. | EPMAPS – MAE |
| | Incremento de la red de alcantarillado para control de emisión de aguas residuales. Control de uso de pesticidas y actividades ganaderas cerca de las fuentes. | EPMAPS - JUNTA PARROQUIAL JUNTA PARROQUIAL |
| | Fortalecimiento del sistema de recolección de basura. | JUNTA PARROQUIAL |

CONCLUSIONES

El presente documento ha cumplido con el objetivo propuesto sobre el análisis de la calidad del agua para los poblados de Gualea y Gualea Cruz y se han dado propuestas de solución a los problemas encontrados durante la investigación, aplicables al corto, mediano y largo plazo.

Debido a limitaciones económicas, no se pudieron hacer suficientes análisis de agua para poder evaluar toda la red de abastecimiento y comparar las condiciones del recurso en las épocas lluviosa y seca. Por otro lado, no se evaluaron los procesos de la planta de tratamiento para definir parámetros de diseño que deban mejorarse; no obstante las características del agua en la red de distribución reflejan que los problemas que existen en el proceso de tratamiento se centran en el proceso de cloración inadecuado y en la presencia de turbiedad en una de las fuentes, lo que no permite la desinfección.

Existen fallas en el control de las fuentes y de las tierras donde se ubican, que van más allá del diseño técnico de las captaciones, involucrando problemas sociales y económicos. Entre los problemas sociales se destacan la escasa educación de los pobladores y su baja economía; los habitantes desarrollan actividades agrícolas y ganaderas que afectan directamente al suelo y agua. Por otro lado, la falta de presupuesto de la EPMAPS impide la realización de un adecuado mantenimiento a los sistemas de abastecimiento de agua, por lo que existen fugas, contaminación del recurso y no se garantiza que la población reciba un buen servicio.

De las encuestas realizadas a la población se concluye que la mayoría de la población pertenece a un nivel socioeconómico medio bajo, tienen poco acceso a los servicios básicos y describen al servicio de agua potable como regular. Su disposición a pagar por el servicio se ve condicionado a la calidad del mismo.

De la visita al campo, se pudo concluir que la población ha notado que en los últimos años ha disminuido la cantidad de agua que ingresa a los tanques de captación de las vertientes que abastecen a la cabecera parroquial de Gualea, por lo que es

necesario iniciar estudios y proyectos en base a la gestión y conservación de cuencas, así como en la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento, sean estas superficiales, subterráneas o provenientes de lluvia o neblina.

En verano la población no recibe agua varios días a la semana, por lo que la almacenan o recurren a otras fuentes para abastecerse. En cambio, en invierno los pobladores aseguran recibir agua con lodo, lo que significa que el agua no cumple con las especificaciones requeridas para ser considerada agua potable pues presenta color y turbiedad.

El cultivo de pastizales y árboles frutales y la ganadería vacuna están entre las principales actividades que se realizan en la parroquia de Gualea, por ello se requieren grandes cantidades de agua para riego y pastoreo, sobre todo en época seca. Los pobladores de la región aprovechan el recurso de las quebradas y la conducen por manguera hasta sus propiedades; no son la excepción las personas en cuyos terrenos se encuentran las fuentes de abastecimiento de algunos barrios de la parroquia, quienes toman el agua que requieren de la vertiente a la que están conectados los tanques, disminuyendo la cantidad disponible.

Es necesario medir continuamente los parámetros de la calidad del agua que rige la normativa de acuerdo a las variaciones de caudal, ya que estas definen las modificaciones que deben realizarse en los procesos unitarios del tratamiento para asegurar que el agua cumpla la normativa.

La buena calidad de las fuentes del río San Carlos y las vertientes Las Islas, se ve afectada durante el recorrido hasta los usuarios, dado que en la conducción existen fugas que ocasionan pérdida del recurso. Al mezclarse el agua tratada de la planta potabilizadora con el agua de las vertientes Las Islas, que no es tratada y presenta niveles de turbiedad mayores a 5 UTN, incrementa la turbiedad de la mezcla, haciendo ineficiente el proceso de desinfección por cloración, por lo que al llegar a los hogares se encuentran coliformes fecales en el agua, pese a que existe presencia de cloro.

La excelente calidad del agua de las fuentes estudiadas para el caso de la cabecera parroquial de Gualea, se ve degradada por la excesiva cantidad de cloro libre residual encontrada, que supera el valor máximo establecido en la NTE-INEN 1108:2010 de 1 mg/L, revelándose resultados de 2.93 mg/L y 3.07 mg/L de cloro libre residual para la Unidad Sanitaria y el Restaurante, respectivamente.

La población debe solicitar a la EPMAPS la inclusión de los proyectos para la parroquia entre las prioridades para lograr que se mejore la situación actual basándose en los resultados del presente proyecto. Si bien, Gualea cuenta con varios cuerpos hídricos, no todos están disponibles para ser usados sobre todo para el consumo humano, ya que las características de la calidad del agua de ríos y quebradas se han visto degradadas por la emisión de efluentes provenientes de actividades agrícolas, pecuarias, domésticas, y otras; por ello, los pobladores han tenido que recurrir a vertientes, y ríos más lejanos. Es importante promover el fortalecimiento del sistema de alcantarillado con el fin de evitar la contaminación puntual por emisión de aguas residuales.

RECOMENDACIONES

Elaborar un plan de reforestación alrededor de las fuentes, en especial de las vertientes que abastecen a la cabecera parroquial de Gualea, debido a que los pobladores han evidenciado disminución del recurso en los últimos años y puede deberse a la deforestación del área para sembrío de pastizales. Para garantizar que las áreas de influencia de las vertientes y cuerpos de agua superficiales se conserven, se debe realizar un estudio sobre las especies vegetales idóneas para reforestación, que podrían ser utilizadas para producción agrícola por los propietarios de los terrenos en donde se ubican las fuentes para generarles rédito económico y evitar su destrucción.

Desarrollar una investigación sobre otras fuentes de agua, tomando en cuenta las superficiales y subterráneas en la zona y las alternativas expresadas en el presente estudio, con el fin de conocer la disponibilidad y calidad de las fuentes para ser utilizadas por los poblados que no tienen conexión a la red de agua potable.

Se recomienda que la EPMAPS se sustente en las universidades del DMQ en cuanto a las capacitaciones que se deberán realizar a los habitantes sobre cuidado del recurso hídrico y mecanismos caseros de captación y tratamiento de agua.

Pese a que los niveles de servicio en cuanto a cobertura y calidad de agua potable en Quito son bastante buenos, se recomienda a la EPMAPS dirigir esfuerzos de manera urgente para solventar los problemas de las zonas aledañas como Gualea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A. N. (2004). *Lineamientos para la aplicación del Enfoque ecosistémico a la gestión Integral del recurso hídrico*. México: Serie Manuales de Educación y Capacitación Ambiental.
- Atchoarena, D. (2004). *Educación para el desarrollo rural: hacia nuevas respuestas de política*. España: FAO-UNESCO.
- Arruebarrena, K. (2014) *Cosecha de agua dulce en la ciudad de Puerto Padre, Las Tunas*. España: Universidad de Las Tunas.
- Baquero, F., Sierra, R., Ordoñez, L., Tipán, M., Espinoza, L., Ribera, M., Soria, P. (2004). Memoria explicativa de los mapas de vegetación potencial y remanente de los Andes del Ecuador a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras. *La Vegetación de los Andes del Ecuador*. Quito.
- Baquero, M. (2008). *Estudio de factibilidad para el diseño del proyecto de constitución de una organización de capacitación educativa y transferencia de tecnología para la población de la parroquia Gualea, del Distrito Metropolitano de Quito, Provincia de Pichincha*. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.
- Barreiro, E. G. (s/a). Eliminación de microorganismos. *Desinfección*. Departamento de Tecnología y Servicios Industriales.
- Beekman, G. (2015) *Agua y seguridad alimentaria*. República de Corea: VII Foro Mundial del Agua.
- CAIRO S.A. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Gualea.
- Calva, L. T. (1998). Plaguicidas organoclorados. *Laboratorio de ecosistemas costeros*, 40.
- Cánepa de Vargas, L. M. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano: plantas de filtración rápida*. Lima: CEPIS.
- Cañadas, I. (1983). *El mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Quito: Banco Central del Ecuador.
- Cañarte, J. (2015). *Diagnóstico socioeconómico ambiental del agua*. Manabí: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.
- CARE Internacional-Avina. (2012) Módulo 5. *Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable*. Ecuador: Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades.
- Castelán, C. E. (2003). *El recurso hídrico en México: Análisis de la situación actual y perspectivas futuras*. México, D.F: The Nippon Foundation.
- CEPAL. (2012). *Diagnóstico de las estadísticas del agua*. Ecuador.

- CEPIS. (2004) *Especificaciones técnicas para el diseño de captaciones por gravedad de aguas superficiales*. Lima.
- CEPIS. (2004) *Guía para la desinfección del agua para consumo en sistemas rurales de abastecimiento de agua por gravedad y bombeo*. Lima.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México.
- CONAGUA (2010). *Estadísticas de agua en el mundo*. México.
- Conolly & Corea. (2007). *Evaluación de servicios ambientales. En F. J. SACHA, Levantamiento de información estratégica para la sostenibilidad financiera del Nodo Noroccidente, Bioregión Chocó Ecuatoriano bajo procesos de capacitación y fortalecimiento local* (pág. 20). Quito.
- Costales, E. (2014). *Estudio y promoción de los atractivos turísticos naturales de la parroquia Gualea, ubicada al noroccidente de Pichincha*. Tesis de grado para optar al Título de Hotelería y Turismo. Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador.
- Dourojeanni, A. (1994). *La gestión del agua y las cuencas en América Latina*. Revista de la CEPAL, (pág.112).
- El Pachijal, una reserva natural que cuida la vida de su entorno*. (2013, Enero 1). El Comercio.
- EMAAP-Q (2008). *Normas para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado*. Quito.
- EPMAPS. (2011) *Resumen Ejecutivo Plan Maestro de Agua Potable para Quito*. Quito: Hazen y Sawyer.
- EPMAPS. (2012). *Obras de agua potable y alcantarillado para Gualea, Nanegal, Nanegalito y Pacto*. Quito. Disponible: <http://www.aguaquito.gob.ec/epmaps-invertira-1-042-668-en-obras-de-agua-potable-y-alcantarillado-en-gualea-nanegal-nanegalito-y-pacto>
- Enríquez, I. M. (2001). *Sistemas de agua potable para poblaciones rurales en la región litoral del Ecuador*. Guayaquil: ESPOL.
- Espinoza, D. et al. (2004) *Estudio y diseño de captación de agua de neblina a través de paneles neblineros para dotación de agua potable a pequeñas comunidades*. Ecuador: UTPL
- FAO. (2002). *Agua y cultivos, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura*. Roma. Pág. 16.
- FAST (Faith and Sustainable Technologies). s.f. *Estándares de calidad ambiental: Oferta Hídrica*. Disponible: [http://www.fastonline.org/CD3WD_40/HDLHTML/ENVMANL/ES/VOL305.HTM#4.4 %20OFERTA%20HÍDRICA](http://www.fastonline.org/CD3WD_40/HDLHTML/ENVMANL/ES/VOL305.HTM#4.4%20OFERTA%20HÍDRICA)

- Fernández, L, ed. (2012) *Las aguas subterráneas en la planificación hidrogeológica*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.
- FONAG. (2009) *Plan de manejo integrado de los recursos hídricos en la cuenca alta del Río Guayllabamba*. Ecuador.
- Foro Nacional Permanente de las Mujeres Ecuatorianas. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de Pacto*. Quito: Fundación Imaymana.
- FUNDACIÓN JATUN SACHA (2013), *Plan de Manejo Ambiental de las Reservas del Nudo Noroccidente: Levantamiento de información estratégica para la sostenibilidad financiera del Nudo Noroccidente, Biorregión del Chocó Ecuatoriano, bajo procesos de capacitación y fortalecimiento local*. Quito. Pág. 31
- Global Water Partnership. (2009). *Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas*. Reino Unido: Red Internacional de organismos de cuenca.
- Goyenola, G. (Junio de 2007). Conductividad. *Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos*. Disponible: <http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/>
- Ibarguen, M., Bernal, L. (2008) *Establecer la demanda de cloro en el acueducto tribunas Córcega de la ciudad de Pereira*. Colombia.
- Idrovo, C. (2009). *Optimización de la planta de tratamiento de Uchupucun*. Cuenca.
- INEC (2014). *Sistema Integrado de Consultas*. Obtenido de: <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/Portal/Action>
- INEN (1984). Norma Técnica Ecuatoriana 1105. Muestreo para examen microbiológico.
- INEN (1992). CEC: Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (CPE INEN 005-9-1).
- INEN (1998). Norma Técnica Ecuatoriana 2169. Agua. Calidad del agua. Muestreo manejo y conservación de muestras.
- INEN (1998) Norma Técnica Ecuatoriana 2176. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.
- INEN (2000). Norma Técnica Ecuatoriana 2226. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo.
- INEN (2010). Norma Técnica Ecuatoriana 1108. Agua potable. Requisitos.
- IUCN. (2010). *Mecanismos e instrumentos para el monitoreo de la calidad del agua*. Panamá: Gestión del agua en cuencas transfronterizas.
- Jaramillo, C. (2010) *Desinfección del agua para uso humano*. Quito.

- Josse, C., G. Navarro, P. Comer, R. Evans, D. Faber-Langendoen, M. Fellows, G. Kittel, S. Menard, M. Pyne, M. Reid, K. Schuld, K. Snow, and J. Teague. (2003). *Ecological Systems of Latin America and the Caribbean: A Working Classification of Terrestrial Systems*. Arlington: Nature Serve.
- Lagares, P. P. (2001). *Población y muestra. Técnicas de muestreos*. Sevilla: Management Mathematics for European Schools.
- Mancheno, G. Ramos, C. (2015). *Evaluación de la calidad del agua en la quebrada Huarmiyacu del Cantón Urcuquí, Provincia de Imbabura para el prediseño de la planta de potabilización de agua para consumo humano de las poblaciones de San Blas y Urcuquí*. Tesis de grado para optar al Título de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Martin, I. S. (2011). Operaciones separación sólido-fluido. *Mecánica de fluidos*. California: Universidad de Alicante.
- MECN. (2009). *Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)*. Quito: Publicación Miscelánea No. 6. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) - Fondo Ambiental del MDMQ. Imprenta Nuevo Arte.
- Moliá, R. (2000). Redes de distribución. *Abastecimiento y saneamiento urbano*. Escuela de negocios.
- Molina, J., Jácome, A. (s/f) *Técnicas experimentales de calidad y Tratamiento de agua*. España: Universidad de Coruña.
- Murray R., L. J. (2009). *Estadística*. México: Mcgraw-Hill.
- North, L. (1997). *Qué pasó en Taiwan? Un relato de la reforma agraria y de la industrialización rural*. Quito: FLACSO.
- Obiols, J. (1999). *Plaguicidas organofosforados: aspectos generales y toxicocinética*. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- OPS. (2004). *Operación y mantenimiento de obras de captación por gravedad de agua superficial*. Lima: CEPIS.
- OPS. (2005). *Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas*. Lima: CEPIS.
- OPS. (2007). *Guía para la instalación de sistemas de desinfección*. Lima: CEPIS.
- OPS. (2014). *Desinfección del agua para consumo humano*. La Paz: OMS-Bolivia.
- Osorio, E. (2001). *Hacia una nueva visión de lo rural*. Buenos Aires: CLACSO.
- Parra, I. (2013). *Educación y desarrollo rural: Análisis del concepto de desarrollo rural del programa de educación rural-per en Colombia*. Quito: FLACSO.
- Parra, R. (1996). *La escuela rural*. Bogotá : Plaza y Janés.

- Peña, E. (2007). *Oxígeno disuelto*. Guayaquil: ESPOL.
- Ramos, Q. (2003). Incentivos Ambientales: Catalizadores de negocios verdes. *Derecho ambiental y Ecología*, (pág. 31-32).
- Restrepo, H. (2009) *Evaluación del proceso de coagulación-floculación de una planta de tratamiento de agua potable*. Medellín.
- Reyes, E., Quezada, G. (2002) *Operación y mantenimiento de sistemas de agua potable*. Ecuador: Universidad Cuenca, Consorcio CAMAREN.
- Richter, C. *Desinfección*. Disponible: www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/016322/016322-05.pdf
- Salinas, S. (2011). *Guía rápida para la determinación de caudales ecológicos*. México: Fundación Gonzalo Arriente, WWF.
- Salvador, I., Realp, E., Basteiro, L., Oliete, S. Pérez, A.(2005) *Abastecimiento de Agua y Saneamiento: Tecnología para el Desarrollo Humano y acceso a los servicios básicos*. Catalunya: Asociación Catalana de Ingeniería sin fronteras.
- Santillán, P. (2007) *Propuesta para la creación de la ruta Nanegalito – Gualea – Pacto y su utilización para el desarrollo turístico comunitario de la zona*. Quito.
- SARAR TRANSFORMACIÓN. (2010). *Cosecha de agua pluvial*. México.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. (s/a). *Diseño de redes de monitoreo, estadísticas, precisión de las determinaciones analíticas, control de calidad*. Buenos Aires: Programa Desarrollo Institucional Ambiental.
- Sen, A. (2000). *Desarrollo y libertad*. Barcelona: Planeta.
- SENAGUA (2011). *Diagnóstico estadístico del agua en el Ecuador*. Quito.
- SENAGUA (2012). *Informe de Gestión*. Ecuador. Disponible: <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/INFORME-GESTI%C3%93N-SENAGUA-2012.pdf>
- SERVICIO ALEMÁN DE CORPORACIÓN SOCIAL TÉCNICO . (2009). *Mapa de disponibilidad Hídrica per cápita +caudales concesionados*. Problemática y conflictos sobre los recursos hídricos por efectos del cambio climático (págs. RE-14). Quito: SENAGUA.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN. (2010). *Indicadores de vivienda y hogar*. Obtenido de SENPLADES: <http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=truehttp://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true&bookmark=Document/BM39>
- Sullivan, C. y. (2003). *The water poverty Index: its role in the context of poverty alleviation*. Water Policy.

TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA PARA EL MEDIO AMBIENTE. LIBRO VI. Anexo 1. Tablas de límites máximos permisibles

Tomasini, A. (s/a). *Muestreo y preservación para coliformes fecales y huevos de helminto*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Toscano, M. (2006). *Desarrollo de un programa ecoturístico en la zona de Tulipe al Noroccidente de la ciudad de Quito*. Pág. 9. Quito, Ecuador.

UNESCO. (2009). *El agua en un mundo en cambio*. Estambul: Tercer informe sobre el desarrollo de recursos hídricos en el mundo.

Universidad Central del Ecuador (2015). Facultad de Ciencias Químicas. Oficina de Servicios y Productos. Informe de Resultados de Análisis de la Calidad del agua.

Universidad Nacional de Tucuman. (15 de Marzo de 2010). *Conductividad*. Obtenido de Laboratorio de Instrumentación Industrial: <http://www.metrologiaindust.com.ar/Servicios/Capacitacion/Curso2/Material/Diapositivas/5-Conductividad.pdf>

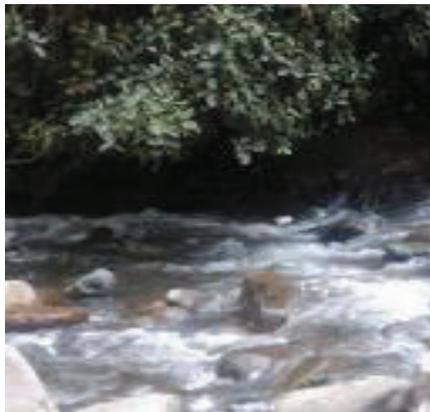
Valencia, R., C. Cerón, W. Palacios, y R. Sierra. (1999). *Las Formaciones Naturales de la Sierra del Ecuador. Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Quito: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia.

Wentz, F. (2007). *How much more rain will global warming bring?* Science (Pág. 317, 233-235).

ANEXOS

FOTOGRAFÍA 1. RÍO CHIRAPI

Fuente: Estudio y promoción de los atractivos turísticos naturales de la parroquia Gualea, ubicada al noroccidente de Pichincha. COSTALES, E. 2014

FOTOGRAFÍA 2. RÍO PIRIPE

Fuente: COSTALES, E. 2014

FOTOGRAFÍA 3. RÍO GUAYLLABAMBA, LÍMITE PROVINCIAL ENTRE LAS PROVINCIAS PICHINCHA E IMBABURA.

Fuente: Jácome, E., Morales, D. 2005

FOTOGRAFÍA 4. INTERIOR DEL TANQUE DE CAPTACIÓN EL CARMEN



FOTOGRAFÍA 5. TANQUE DE CAPTACIÓN LAS GUADUAS



FOTOGRAFÍA 6. INTERIOR DEL TANQUE DE CAPTACIÓN DE LA VERTIENTE LA CHELITA



FOTOGRAFÍA 7. VERTIENTE LAS ISLAS, COBERTURA PLÁSTICA.



FOTOGRAFÍA 8. SERPIENTE ENCONTRADA DENTRO DEL TANQUE LAS ISLAS DURANTE EL MUESTREO



FOTOGRAFÍA 9. CONDUCCIÓN VERTIENTE LAS ISLAS.



FOTOGRAFÍA 10. CAMINO DE ACCESO A LA VERTIENTE LAS ISLAS



FOTOGRAFÍA 11. SISTEMA DE TUBERÍAS ABANDONADO



FOTOGRAFÍA 12. TUBERÍAS ENTERRADAS BAJO CEMENTO.



FOTOGRAFÍA 13. TUBERÍA DE CONDUCCIÓN VERTIENTE LAS ISLAS



FOTOGRAFÍA 14. REJILLA. TOMA LATERAL RÍO SAN CARLOS



FOTOGRAFÍA 15. VISTA PANORÁMICA DEL BARRIO GUALEA CRUZ



Fuente: Comisión de Turismo de Gualea.

ANEXO 1.
MODELO DE ENCUESTA

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA PARROQUIA DE GUALEA

ENCUESTA SOCIOECONÓMICA

Estimado(a) Sr(a), esta encuesta anónima ha sido elaborada para la obtención de información socio económica sobre los habitantes de la parroquia de Gualea para la ejecución de los estudios de la calidad de agua con la que se abastece la zona.

La información que se provea es de uso exclusivo del proyecto.

A. INFORMACIÓN BÁSICA

FECHA: __/__/__ EDAD: _____ años GÉNERO: () F () M

Lugar de residencia: _____

B. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA

1. Uso: Solo vivienda () Vivienda y otra actividad productiva asociada ()

2. Tiempo que viven en la casa: _____ año(s) _____ meses

3. Tenencia de la vivienda: propia () arrendada ()

4. Material predominante de la casa: adobe () madera () hormigón ()

Otros () mixto ()

5. Posee energía eléctrica: si () no ()

6. Posee agua potable: si () no ()

7. Posee alcantarillado: si () no ()

8. Teléfono: si () no ()

C. INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA

9. ¿Cuántas personas habitan en la vivienda? _____

10. ¿Cuántas familias viven en la vivienda? _____

11. ¿Cuántos miembros tiene su familia? _____

12. ¿Cuántas personas trabajan en su familia? _____

13. Distribución del gasto familiar

| Gasto | Mes (\$) |
|----------------------|----------|
| a. Energía eléctrica | |
| b. Agua y desagüe | |

| | |
|------------------------|--|
| c. Teléfono | |
| d. Alimentos | |
| e. Transportes | |
| f. Salud | |
| g. Educación | |
| h. Combustible | |
| i. Vestimenta | |
| j. Vivienda (alquiler) | |
| k. Otros | |
| TOTAL | |

D. INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

14. ¿Cuántos días a la semana dispone de agua potable? _____
15. ¿Cuántas horas al día dispone de agua? _____
16. ¿Paga usted por el servicio de agua potable? Si () no (), Si es no, pase a la pregunta 20.
17. ¿Cuánto paga por el agua potable? \$_____
18. Cree usted que lo que paga por el servicio de agua es: Bajo ()
Justo () Elevado ()
19. La cantidad de agua que recibe es: suficiente () insuficiente ()
20. La calidad del agua que recibe es: buena () mala () regular ()
21. ¿Con qué presión llega el agua a su vivienda? Baja () suficiente ()
alta ()
22. ¿El agua llega limpia o turbia? Limpia () Turbia por días ()
Turbia por meses () Turbia todo el año ()
23. ¿Cómo calificaría el servicio de agua? Bueno () malo ()
regular ()
24. ¿Le da algún tratamiento al agua antes de ser consumida? Ninguno ()
hierve () Cloro () otro ()
25. ¿Qué uso le da al agua que recibe de la red pública? Beber ()
Preparar alimentos () Limpieza () Higiene () Regadío ()
Otros () Todos ()
26. ¿Almacena usted agua para el consumo de su familia? Si () no ()

27. ¿Cuántos litros almacena? _____ litros
28. ¿En qué recipiente almacena el agua? Balde () Tina () Tanque ()
29. ¿Se abastece de otra fuente? Si () no ()
30. ¿Cuál es la otra fuente? Río () Acequia/quebrada ()
vertiente () Lluvia () pozo () cisterna () otro ()
31. ¿Paga usted por el agua de esta fuente? Si () No ()
¿Cuánto? _____
32. ¿En qué ocasiones se abastece de esta fuente? Permanentemente ()
Algunos días () Algunos meses ()
33. ¿Le da tratamiento al agua que viene de dicha fuente? Si () No ()
34. ¿Qué tipo de tratamiento le da? Ninguno () Hierve ()
Cloro () otro ()
35. ¿Qué uso le da al agua proveniente de esta fuente? Beber ()
Preparar alimentos () Limpieza () Higiene () Regadío ()
Otros () Todos ()

E. INFORMACIÓN SOBRE EL SANEAMIENTO

36. ¿Descarga el agua directamente a un río? Si () no ()
37. Posee letrina: Si () no ()
38. Posee pozo séptico: Si () no ()
39. ¿Está el sistema en buen estado? Si () no ()

F. INFORMACIÓN GENERAL Y OTROS SERVICIOS

40. Considera usted que el agua potable es un bien que:

Debe pagarse () ¿Por qué?

No debe pagarse () ¿Por qué?

41. ¿Cree usted que el agua que consume puede causarle enfermedades?

Si () No ()

42. ¿En qué momento debe lavarse las manos?

Al levantarse () Después de ir al baño () Antes de comer ()

Antes de cocinar () A cada rato ()

43. ¿Qué enfermedades afectan con mayor frecuencia a su familia?

| Enfermedad | Niños | Adultos | Tratamiento | |
|--------------|-------|---------|-------------|--------|
| | | | Casero | Médico |
| Ninguna | | | | |
| Diarreicas | | | | |
| Infecciones | | | | |
| Tuberculosis | | | | |
| Parasitosis | | | | |
| A la piel | | | | |
| A los ojos | | | | |
| Otros | | | | |

44. ¿Participaría en la ejecución de proyectos para mejorar los servicios de agua potable y saneamiento?

Si () ¿Cómo? Dinero () Mano de obra () Materiales ()

No () Por qué _____

45. ¿Cómo se elimina la basura en su vivienda?

Recolector municipal () Enterrado () En botadero ()

Quemado ()

46. Medios de comunicación que utiliza con mayor frecuencia

Radio () Diarios y revistas () Televisión ()

G. ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL

47. ¿Existe una Junta parroquial o representante? Si () no ()

48. ¿Participa de alguna organización social? Si () no ()

49. ¿Qué organizaciones existen en su comunidad?

| Organizaciones | Actividades que realizan | Líderes |
|----------------|--------------------------|---------|
| | | |
| | | |

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

50. ¿Se realizan actividades educativas sobre higiene, salud o educación ambiental?

Si () ¿Cuál?

No () ¿Por qué?

H. CONCIENCIA AMBIENTAL

51. ¿Cree usted que el agua escaseará algún día? Si () No ()

No sabe ()

52. Cuando una persona arroja basura: Se contamina () No se

contamina () no sabe ()

¿Qué es el agua? Fuente de vida () Sirve para lavar, cocinar ()

Solo agua () no sabe () Otro ()

ANEXO 2

**MAPA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. EPMAPS.**

ANEXO 3
PROTOSCOLOS DE CAMPO

Para tomar las muestras de agua, se siguieron los procesos establecidos en las Normas Técnicas Ecuatorianas INEN: NTE 2169:1998 y NTE 2226:2000, NTE 1105.

Muestreo de agua de un grifo

- Se limpió el grifo o tubo con un trapo.
- Se abrió el grifo y se dejó salir el agua durante 2 minutos.
- Se esterilizó el tubo durante 1 minuto, con la llama de un encendedor.
- Se abrió el grifo antes de tomar la muestra, y se dejó que el agua corra de un minuto.
- Se llenó el frasco esterilizado dejando un espacio, para que se pueda agitar la muestra antes del análisis.

Muestreo de agua de un río

- Se sumergió el envase a una profundidad de 15 a 20 centímetros en contra de la corriente, cuidando que el agua no toque los dedos antes de entrar al envase y que no se levanten los sedimentos del fondo del río.
- Se dejó un espacio de 2 centímetros hasta el borde de la botella, y tapar con cuidado para evitar el contacto con el aire y otras superficies. (IUCN, 2010)

Muestreo de agua en el tanque se captación

- Se tomó el agua saliente de la tubería que ingresa al tanque desde la captación.
- Se colocó directamente el envase de polietileno bajo la tubería y se homogeneizó el frasco.
- Luego se llenó el frasco a un centímetro del borde con agua, tomando en cuenta que el chorro cubra la boca del frasco por completo. (NTE 1105, 1984)

ANEXO 4

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA

TABLA 1. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PESTICIDAS: VERTIENTE LA CHELITA

| PUNTO 1 | LA CHELITA | |
|-----------------------------|------------|--------|
| COORDENADAS | 0°05'11" N | |
| | 78°43'46"O | |
| PARÁMETRO | RESULTADO | UNIDAD |
| Organoclorados | | |
| ALFA BCH | < 1,0 | µg/L |
| BETA BCH | < 1,0 | µg/L |
| GAMMA BCH | < 1,0 | µg/L |
| DELTA BCH | < 1,0 | µg/L |
| HEPTACLORO | < 1,0 | µg/L |
| ALDRIN | < 1,0 | µg/L |
| HEPTACLORO EPÓXIDO | < 1,0 | µg/L |
| GAMMA CLORDANO | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN I | < 1,0 | µg/L |
| ALFA CLORDANO | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDE | < 1,0 | µg/L |
| DIELDRIN | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDD | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN II | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN ALDEHIDO | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDT | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN SULFATO | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN CETONA | < 1,0 | µg/L |
| METOXICLORO | < 1,0 | µg/L |
| Organofosforados | | |
| O,O,O-TRIETILFOSFOROTIONATO | < 0,02 | µg/L |
| TIONAZIN | < 0,02 | µg/L |
| DEMETON O | < 0,02 | µg/L |
| SULFOTEP | < 0,02 | µg/L |
| FORATO | < 1,5 | µg/L |
| DEMETON S | < 0,02 | µg/L |
| DIMETOATO | < 0,02 | µg/L |
| DIAZINON | < 1,0 | µg/L |
| DISULFOTON | < 1,5 | µg/L |
| METIL PARATION | < 3,5 | µg/L |
| MALATION | < 1,0 | µg/L |
| PARATION | < 3,5 | µg/L |
| ETION | < 1,0 | µg/L |
| AZINPHOS METIL | < 0,02 | µg/L |
| FAMPHUR | < 2,0 | µg/L |

Fuente: Informe de Resultados de Análisis de la Calidad del agua. UCE, 2015.

TABLA 2. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PESTICIDAS: VERTIENTES LOS MOTILONES-EL CARMEN

| PUNTO 3 | LOS MOTILONES/ EL CARMEN | |
|-----------------------------|--------------------------|--------|
| COORDENADAS | 0°06'16" N | |
| | 78°45'15"O | |
| PARÁMETRO | RESULTADO | UNIDAD |
| Organoclorados | | |
| ALFA BCH | < 1,0 | µg/L |
| BETA BCH | < 1,0 | µg/L |
| GAMMA BCH | < 1,0 | µg/L |
| DELTA BCH | < 1,0 | µg/L |
| HEPTACLORO | < 1,0 | µg/L |
| ALDRIN | < 1,0 | µg/L |
| HEPTACLORO EPÓXIDO | < 1,0 | µg/L |
| GAMMA CLORDANO | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN I | < 1,0 | µg/L |
| ALFA CLORDANO | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDE | < 1,0 | µg/L |
| DIELDRIN | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDD | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN II | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN ALDEHIDO | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDT | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN SULFATO | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN CETONA | < 1,0 | µg/L |
| METOXICLORO | < 1,0 | µg/L |
| Organofosforados | | |
| O,O,O-TRIETILFOSFOROTIONATO | < 0,02 | µg/L |
| TIONAZIN | < 0,02 | µg/L |
| DEMETON O | < 0,02 | µg/L |
| SULFOTEP | < 0,02 | µg/L |
| FORATO | < 1,5 | µg/L |
| DEMETON S | < 0,02 | µg/L |
| DIMETOATO | < 0,02 | µg/L |
| DIAZINON | < 1,0 | µg/L |
| DISULFOTON | < 1,5 | µg/L |
| METIL PARATION | < 3,5 | µg/L |
| MALATION | < 1,0 | µg/L |
| PARATION | < 3,5 | µg/L |
| ETION | < 1,0 | µg/L |
| AZINPHOS METIL | < 0,02 | µg/L |
| FAMPHUR | < 2,0 | µg/L |

Fuente: Informe de Resultados de Análisis de la Calidad del agua. UCE, 2015.

TABLA 3. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PESTICIDAS EN EL TANQUE DE CAPTACIÓN LAS ISLAS

| PUNTO1 | TANQUE LAS ISLAS | |
|-----------------------------|------------------|--------|
| COORDENADAS | 0° 3'55.14"N | |
| | 78°45'48.83"O | |
| PARÁMETRO | RESULTADO | UNIDAD |
| Organoclorados | | |
| ALFA BCH | < 1,0 | µg/L |
| BETA BCH | < 1,0 | µg/L |
| GAMMA BCH | < 1,0 | µg/L |
| DELTA BCH | < 1,0 | µg/L |
| HEPTACLORO | < 1,0 | µg/L |
| ALDRIN | < 1,0 | µg/L |
| HEPTACLORO EPÓXIDO | < 1,0 | µg/L |
| GAMMA CLORDANO | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN I | < 1,0 | µg/L |
| ALFA CLORDANO | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDE | < 1,0 | µg/L |
| DIELDRIN | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDD | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN II | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN ALDEHIDO | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDT | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN SULFATO | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN CETONA | < 1,0 | µg/L |
| METOXICLORO | < 1,0 | µg/L |
| Organofosforados | | |
| O,O,O-TRIETILFOSFOROTIONATO | < 0,02 | µg/L |
| TIONAZIN | < 0,02 | µg/L |
| DEMETON O | < 0,02 | µg/L |
| SULFOTEP | < 0,02 | µg/L |
| FORATO | < 1,5 | µg/L |
| DEMETON S | < 0,02 | µg/L |
| DIMETOATO | < 0,02 | µg/L |
| DIAZINON | < 1,0 | µg/L |
| DISULFOTON | < 1,5 | µg/L |
| METIL PARATION | < 3,5 | µg/L |
| MALATION | < 1,0 | µg/L |
| PARATION | < 3,5 | µg/L |
| ETION | < 1,0 | µg/L |
| AZINPHOS METIL | < 0,02 | µg/L |
| FAMPHUR | < 2,0 | µg/L |

Fuente: Informe de Resultados de Análisis de la Calidad del agua. UCE, 2015.

TABLA 4. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PESTICIDAS EN LA CAPTACIÓN DEL RÍO SAN CARLOS

| PUNTO 2 | CAPTACIÓN RÍO SAN CARLOS | |
|-----------------------------|--------------------------|--------|
| COORDENADAS | 0° 4'7.78"N | |
| | 78°46'12.75"O | |
| PARÁMETRO | RESULTADO | UNIDAD |
| Organoclorados | | |
| ALFA BCH | < 1,0 | µg/L |
| BETA BCH | < 1,0 | µg/L |
| GAMMA BCH | < 1,0 | µg/L |
| DELTA BCH | < 1,0 | µg/L |
| HEPTACLORO | < 1,0 | µg/L |
| ALDRIN | < 1,0 | µg/L |
| HEPTACLORO EPÓXIDO | < 1,0 | µg/L |
| GAMMA CLORDANO | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN I | < 1,0 | µg/L |
| ALFA CLORDANO | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDE | < 1,0 | µg/L |
| DIELDRIN | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDD | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN II | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN ALDEHIDO | < 1,0 | µg/L |
| 4,4 DDT | < 1,0 | µg/L |
| ENDOSULFAN SULFATO | < 1,0 | µg/L |
| ENDRIN CETONA | < 1,0 | µg/L |
| METOXICLORO | < 1,0 | µg/L |
| Organofosforados | | |
| O,O,O-TRIETILFOSFOROTIONATO | < 0,02 | µg/L |
| TIONAZIN | < 0,02 | µg/L |
| DEMETON O | < 0,02 | µg/L |
| SULFOTEP | < 0,02 | µg/L |
| FORATO | < 1,5 | µg/L |
| DEMETON S | < 0,02 | µg/L |
| DIMETOATO | < 0,02 | µg/L |
| DIAZINON | < 1,0 | µg/L |
| DISULFOTON | < 1,5 | µg/L |
| METIL PARATION | < 3,5 | µg/L |
| MALATION | < 1,0 | µg/L |
| PARATION | < 3,5 | µg/L |
| ETION | < 1,0 | µg/L |
| AZINPHOS METIL | < 0,02 | µg/L |
| FAMPHUR | < 2,0 | µg/L |

Fuente: Informe de Resultados de Análisis de la Calidad del agua. UCE, 2015.