



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA ACEQUIA
BALECTUS Y DE LA VERTIENTE CALISPOGYO QUE PERMITA
PLANTEAR UNA PROPUESTA PARA OPTIMIZAR SU USO Y
APROVECHAMIENTO EN EL SECTOR DE SAN GERARDO-GUANO
PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: YADYRA BELEN LARA SAMANIEGO

TUTORA: DRA. M. Sc. MAYRA ESPINOZA

Riobamba-Ecuador

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación:

“ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA ACEQUIA BALECTUS Y DE LA VERTIENTE CALISPOGYO QUE PERMITA PLANTEAR UNA PROPUESTA PARA OPTIMIZAR SU USO Y APROVECHAMIENTO EN EL SECTOR DE SAN GERARDO-GUANO PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, de responsabilidad de la egresada Srta. Yadyra Belen Lara Samaniego, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Mayra Espinoza
DIRECTOR DE TESIS		
Dra. Yolanda Díaz		
Miembro del tribunal
Dr. Gerardo León		
Miembro del tribunal
DOCUMENTALISTA		
SISBIB ESPOCH

NOTA

Yo, **Yadyra Belen Lara Samaniego**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en ésta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

YADYRA BELEN LARA SAMANIEGO

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Yadyra Belen Lara Samaniego, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 12 de diciembre del 2016

DEDICATORIA

Con mucho cariño quiero dedicar este trabajo a todas las personas que me acompañaron en esta larga trayectoria estudiantil. A mi madrecita Lorena Marilú Samaniego Guerrero que siempre ha estado conmigo en las buenas y en las malas bríndame su apoyo incondicional, gracias por ser mi fortaleza y mi ejemplo, por enseñarme a no rendirme frente a los problemas y por tenerme mucha paciencia. A mi abuelita Anita Targelia Guerrero por brindarme su ayuda y estar siempre pendiente de mí.

Las quiero muchísimo

AGRADECIMIENTO

A mis maestros de los cuales aprendí cosas buenas y malas, a mis amigos con los cuales compartimos varias experiencias muy alentadoras y otras no tanto.

A la Dra. M Sc. Mayra Espinoza por su ayuda, tiempo y colaboración para el desarrollo del presente trabajo de titulación.

A la Ing. Carmen Zabala por su cooperación y ayuda en la elaboración de este trabajo.

A la Dra. Yolanda Díaz por su colaboración y apoyo en la elaboración de este trabajo.

A la Dra. Gina Álvarez, por compartir sus conocimientos y brindarme su amistad.

A mis familiares por brindarme su apoyo en todo momento.

A todos mis amigos por compartir todo tipo de locuras, estar conmigo en las buenas en las malas y por brindarme su ayuda.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ciclo hidrológico.....	15
Figura 2-1: Aguas subterráneas.....	17
Figura 3-1: Captación de agua subterránea.....	18
Figura 4-1: Uso de las aguas subterráneas.....	19
Figura 5-1: Aguas superficiales.....	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Sala situacional de la salud bucal	5
Tabla 2-1: Requerimientos de oxígeno según el organismo	10
Tabla 3-1: Condiciones de oxígeno disuelto.....	11
Tabla 4-1: Rangos de Índice de Calidad de Agua.....	13
Tabla 5-1: Rango de dureza en el agua	14
Tabla 6-1: Concentración de fluoruros y sus consecuencias.....	14
Tabla 7-1: Diferencias entre agua subterránea y superficial	20
Tabla 1-2: Parámetros analizados " <i>in-situ</i> ".....	28
Tabla 2-2: Parámetros analizados en el laboratorio	28
Tabla 3-2: Equipos, materiales y reactivos utilizados en el laboratorio.....	31
Tabla 4-2: Equipos y materiales utilizados en campo.....	32
Tabla 1-3: Localización geográfica de los barrios involucrados.....	33
Tabla 2-3: Ubicación geográfica de la vertiente Calispogyo	36
Tabla 3-3: Ubicación geográfica de la acequia Balectus	36
Tabla 4-3: Flora de la parroquia de San Gerardo.....	39
Tabla 5-3: Fauna silvestre de la parroquia de San Gerardo	40
Tabla 6-3: Fauna doméstica de la parroquia de San Gerardo	41
Tabla 7-3: Datos para determinar al área de la acequia Balectus.....	42
Tabla 8-3: Datos para determinar el tiempo de la acequia Balectus	42
Tabla 9-3: Datos para determinar el tiempo de la vertiente Calispogyo	43
Tabla 10-3: Variación entre la temperatura ambiente y las fuentes de agua.....	46
Tabla 11-3: Resultado de Índice de Calidad de Agua (WQI) de la acequia Balectus.....	54
Tabla 12-3: Resultados de Índice de Calidad de Agua (WQI) de la vertiente Calispogyo	54
Tabla 13-3: Promedio de Índice de Calidad de Agua (WQI).....	55
Tabla 14-3: Comparación de los datos obtenidos con la tabla 1 del AM 028.....	58
Tabla 15-3: Comparación de los resultados obtenidos con la tabla 4 y 5 del AM 028	59
Tabla 16-3: Variabilidad entre la acequia Balectus y la vertiente Calispogyo	60

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-2: Entrevista con los moradores	23
Fotografía 2-2: Vertiente Calispogyo.....	24
Fotografía 3-2: Acequia Balectus.....	24
Fotografía 4-2: Determinación del caudal por método velocidad-área.....	25
Fotografía 5-2: Determinación del caudal por método volumétrico	25
Fotografía 6-2: Toma de muestras de la acequia Balectus.....	26
Fotografía 7-2: Determinación de nitratos	29
Fotografía 8-2: Determinación de oxígeno disuelto.....	29
Fotografía 9-2: Determinación de coliformes totales y fecales.....	29
Fotografía 1-4: Caída de agua de la vertiente Calispogyo en el suelo	65
Fotografía 2-4: Mala distribución de agua de la acequia Balectus.....	67

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Ubicación de la parroquia de San Gerardo	5
Gráfico 2-1: Ubicación de las vertientes	22
Gráfico 1-3: Comportamiento de la temperatura en los últimos años.....	34
Gráfico 2-3: Comportamiento de la temperatura en el año 2015	34
Gráfico 3-3: Precipitación	35
Gráfico 4-3: Horas totales de sol en los últimos 9 años	35
Gráfico 5-3: Mapa geológico	37
Gráfico 6-3: Mapa del uso del suelo	38
Gráfico 7-3: Mapa de elevaciones.....	39
Gráfico 8-3: Variación de temperatura de la acequia Balectus	45
Gráfico 9-3: Variación de la temperatura de la vertiente Calispogyo	45
Gráfico 10-3: Variación de turbidez de la acequia Balectus	47
Gráfico 11-3: Variación de turbidez de la vertiente Calispogyo.....	47
Gráfico 12-3: Variación de pH de la acequia Balectus	48
Gráfico 13-3: Variación de pH de la vertiente Calispogyo	48
Gráfico 14-3: Variación de fosfatos de la acequia Balectus	49
Gráfico 15-3: Variación de fosfatos de la vertiente Calispogyo	49
Gráfico 16-3: Variación de nitratos de la acequia Balectus	50
Gráfico 17-3: Variación de nitratos de la vertiente Calispogyo.....	50
Gráfico 18-3: Variación de los ST de la acequia Balectus.....	51
Gráfico 19-3: Variación de los ST de la vertiente Calispogyo.....	51
Gráfico 20-3: Variación de OD en la acequia Balectus	52
Gráfico 21-3: Variación de OD de la vertiente Calispogyo	52
Gráfico 22-3: Variación de coliformes fecales de la acequia Balectus.....	53
Gráfico 23-3: Variación de coliformes fecales de la vertiente Calispogyo.....	53
Gráfico 24-3: Variación de sulfatos de la acequia Balectus.....	56
Gráfico 25-3: variación de sulfatos en la vertiente Calispogyo	56
Gráfico 26-3: Variación de fluoruros en la acequia Balectus	57
Gráfico 27-3: Variación de fluoruros de la vertiente Calispogyo	57
Gráfico 1-4: Ubicación de la vertiente Calispogyo.....	65
Gráfico 2-4: Ubicación de la acequia Balectus	67

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Informe de la sala situacional

ANEXO B. Hoja de cálculo para procesar la información recolectada de la acequia Balectus

ANEXO C. Hoja de cálculo para procesar la información recolectada de la vertiente Calispogyo.

ANEXO D. Plan de muestreo

ANEXO E. Tabla 1 del Acuerdo Ministerial 028

ANEXO F. Tablas 4 y 5 del Acuerdo Ministerial 028

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xiiiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1 Antecedentes de la investigación	4
1.1.1 Características generales de San Gerardo.....	4
1.2 Bases teóricas	5
1.3.1 Agua.....	5
1.3.2 Contaminación del agua	6
1.3.2.1 Causas de la contaminación natural.....	7
1.3.3 Calidad del agua.....	8
1.3.4 Parámetros a considerar para determinar la calidad del agua	9
1.3.5 Características adicionales que presentan las dos fuentes de agua	13
1.3.6 Fuentes de agua en la naturaleza.....	15
1.3.7 Caudal.....	20
CAPÍTULO II	
2. MARCO METODOLÓGICO.....	22
2.1 Unidad de estudio	22
2.1.1 Localización	22
2.2 Tipo de trabajo	22
2.3 Línea base del lugar.....	23
2.4 Métodos y técnicas	23
2.4.1 Contacto con el líder y los moradores del sector.....	23

2.4.2	<i>Selección de los puntos de muestreo</i>	24
2.5	Caudales	25
2.5.1	<i>Selección del lugar</i>	25
2.6	Muestreo	26
2.6.1	<i>Muestra Simple</i>	26
2.6.2	<i>Cantidad de muestra</i>	26
2.6.3	<i>Frecuencia de muestreo</i>	26
2.6.4	<i>Procedimiento para la toma de muestra</i>	27
2.6.5	<i>Pasos para muestreo en el campo</i>	27
2.6.6	<i>Conservación y transporte de muestras</i>	27
2.6.7	<i>Parámetros analizados</i>	28
2.6.8	<i>Equipos, materiales y reactivos utilizados en el laboratorio de la ESPOCH</i>	31
2.6.9	<i>Equipos y materiales utilizados en campo</i>	32
CAPÍTULO III		
3.	MARCO DE RESULTADOS	33
3.1	Levantamiento de la línea base ambiental del sector	33
3.1.1	<i>Localización geográfica</i>	33
3.1.2	<i>Descripción del medio físico</i>	33
3.1.4	<i>Descripción del medio biológico</i>	38
3.1.5	<i>Descripción del medio socioeconómico</i>	41
3.2	Cálculos	41
3.2.1	<i>Caudal de la acequia Balectus</i>	42
3.2.2	<i>Caudal de la vertiente Calispogyo</i>	43
3.3	Parámetros Físico - Químicos para determinar el WQI	44
3.3.1	<i>Temperatura</i>	45
3.3.2	<i>Turbidez</i>	46
3.3.3	<i>pH</i>	47
3.3.4	<i>Fosfatos</i>	48
3.3.5	<i>Nitratos</i>	49
3.3.6	<i>Sólidos totales</i>	50
3.3.7	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	51
3.3.8	<i>Oxígeno disuelto</i>	52
3.4	Índice WQI	54
3.5	Comparación con el Acuerdo Ministerial 028.	58
3.6	Análisis estadístico	60

3.6.1	<i>Análisis</i>	60
CAPÍTULO IV		
4.	PROPUESTA	62
4.1	Introducción	62
4.1.1	Antecedentes	62
4.2	Problemática	64
4.3	Objetivos	64
4.4	Desarrollo de la propuesta	65
4.4.1	<i>Alternativas de uso de las fuentes de agua</i>	65
4.4.2	<i>Medidas de conservación y protección</i>	65
4.4.3	<i>Alternativas de tratamiento para las fuentes de agua</i>	69
4.5.	Conclusiones	70
CONCLUSIONES		71
RECOMENDACIONES		72
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

RESUMEN

Se determinó la calidad del agua de la acequia Balectus y de la vertiente Calispogyo ubicadas en los barrios “La Victoria” y “La Unión”, en la parroquia de San Gerardo cantón Guano provincia de Chimborazo, para obtener la primera información técnica del lugar, conocer la cantidad diaria de agua y las características físicas, químicas y bacteriológicas que predominan en estas dos fuentes, para lo cual se realizó los respectivos análisis de laboratorio para determinar cuantitativamente la Calidad de Agua (WQI) de la acequia y la vertiente; se realizó también una comparación con las tablas 1,4 y 5 del Acuerdo Ministerial 028 que sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), entre los parámetros más preocupantes en la vertiente Calispogyo se encuentran los fluoruros con un valor medio de 2,72 mg/L que provoca fluorosis dental y la presencia de coliformes fecales causantes de enfermedades transmitidas por el agua, mientras que en la acequia Balectus los fluoruros y sulfatos son el mayor problema, a pesar de ello el agua procedente de estas dos fuentes es “Regular” y “Buena” respectivamente, sin embargo diariamente se desaprovecha el 70% de agua de la vertiente Calispogyo y el 75% de agua de la acequia Balectus, por lo que fue necesario plantear una propuesta que mejore el uso del agua de estas dos fuentes en un 100% concluyendo que se la puede utilizar en varias actividades como: abastecimiento de agua para consumo humano, riego, abrevadero de animales y producción piscícola, finalmente se recomienda a las autoridades y moradores del sector se involucren en el tema y realicen monitoreos trimestrales que les permitan obtener mayor cantidad de datos para mejorar las condiciones actuales de estas dos fuentes de agua.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA AMBIENTAL>, <CALIDAD DEL AGUA> <CARACTERÍSTICAS FÍSICA-QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS> <FLUOROSIS DENTAL> <USO Y OPTIMIZACIÓN DE AGUA> <TRATAMIENTO QUÍMICO> < SAN GERARDO (PARROQUIA)>

SUMMARY

This research was intended to determine the quality of the ditch water Balectus and the water spring Calispogyo located in the neighborhoods “La Victoria” and “La Unión” in San Gerardo from Guano in the Chimborazo province. In this aim, the first step of the study was to collect technical information from these places to know and lay down technical data of quantity of water fluid on a daily basis as well as the predominant physical, chemical and bacteriological characteristics of these both water sources therefore the corresponding analysis were done in order to quantitatively determine the quality of the ditch water and the water spring (WQI), thus, a comparative study was carried out on the basis of the both tables; the 1, 4 and 5 which were anected from the Ministerial Agreement 028 which substitutes the Book 5 of the Unified Text of the Secondary Legislation of the Ministry of Environment (TULSMA). The most alarming results that the study reveals in regarding the water spring Calispogyo are the parameters of fluoride accounting for a median value of 2,72 mg/L which provokes dental fluorosis problems and also the presence of fecal coliforms in the water causing waterborne disease, and thus, in regarding the results from the ditch water Balectus the fluoride and sulphates are the greatest problem. In the other hand, the water fluid coming from theses both sources is normally “good” and “regular”, even though, it is daily wasted in the case of water spring Calispogyo the water-wasting accounts for 70%, and in the case of water spring Calispogyo, it accounts for 75%, therefore it was necessary to make up a proposal for improving the water utilization in a 100% in both cases. That is, we can conclude this water could be used not only for animal consumption but also for human consumption, irrigation of plans and fishing farming, and fanally it is advisable for the authorities and local population to become involved and committed in the three-month monitoring and control for generating a better data basis in order to improve the current conditions of these water sources.

RESEARCH KEY WORDS: <TECHNOLOGY AND ENGENEERING SCIENCES>
<ENVIROMNEMENTAL ENGINEERING> <QUALITY OF WATER> <PHYSICAL,
CHEMICAL AND BACTERIOLOGICAL CHARACTERISTICS> <FLOUROSIS DENTAL
PROBLEMS> <WATER USE AND OPTIMIZATION> <CHEMICAL TREATMENT> <SAN
GERARDO VILLAGE>

INTRODUCCIÓN

La parroquia de San Gerardo pertenece al Cantón Guano en la provincia de Chimborazo está ubicada a 2.670 m.s.n.m., en la latitud 1°37'54" S y longitud 78°36'43" O., posee una extensión de 6,59 Km²., dentro esta parroquia se encuentran los barrios “La Victoria” y la “Unión”, en los cuales están ubicadas la acequia Balectus y la vertiente Calispogyo, las dos fuentes con un caudal importante de agua, a pesar de ello la población de San Gerardo no cuenta con agua de calidad para realizar sus actividades diarias provocando que los moradores del sector realicen varios trabajos para entubar agua de lugares muy lejanos o compren agua a tanqueros repartidores.

En los barrios antes mencionados viven 757 habitantes que conforman 207 familias. Los moradores del lugar señalan que parte de toda el agua de la vertiente Calispogyo es utilizada para consumo humano, lo demás cae directamente al suelo y desaprovecha, a más de eso existen reportes del Sub-centro de Salud que considera que los graves problemas dentales de la población se atribuyen al consumo de agua de la vertiente Calispogyo.

El agua de la acequia Balectus es utilizada en el riego de tres terrenos, lo demás se desperdicia diariamente en una misma propiedad, provocando un bajo rendimiento de la producción agrícola del sector. Para determinar la cantidad y calidad del agua tanto de la acequia Balectus como de la vertiente Calispogyo primero se realizó una observación directa del lugar, seguidamente se realizaron los respectivos análisis de laboratorio para lo cual se tomó en cuenta las guías de muestreo y las normas vigentes.

Con todos los resultados obtenidos en este trabajo se establecerá una propuesta en la cual se plantea medidas que ayuden a optimizar, aprovechar y mejorar las condiciones del agua y su distribución.

JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo busca obtener información real sobre la cantidad y calidad de la acequia Balectus y la vertiente Calispogyo y de las particularidades del sector a través del levantamiento de la línea base del lugar. El principal inconveniente de los moradores se debe a que diariamente el agua de estas dos fuentes se desaprovecha en un 80% y 75% respectivamente, el agua de la acequia Balectus no suministra agua a todos los terrenos del lugar ya que pasa desperdiándose en una sola propiedad provocando pérdidas económicas en el sector agrícola.

En el caso de la vertiente Calispogyo se utiliza solo el 25% del caudal total en agua para consumo humano el otro 75% chorrea todo el día en el suelo y se va por varias cunetas en ocasiones llega a los caminos vecinales. A más de eso el Sub-centro de salud de la parroquia señala que el agua utilizada de la vertiente provoca severos daños en la salud bucal de las personas, pues el 60,27 % de los moradores del sector tienen sus dientes manchados (amarillos o negros).

Todos los problemas antes mencionados necesitaban una solución por lo que un estudio de las características del sector y de las dos fuentes de agua fue necesario. Si el estudio no se realizaba era imposible identificar las características físicas, químicas y bacteriológicas de la acequia Balectus y de la vertiente Calispogyo.

Así también por medio de éste estudio se pudo establecer normas legales, medidas preventivas para optimizar el uso de estas dos fuentes de agua y alternativas de tratamiento para mejorar la calidad de agua actual.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la calidad del agua de la acequia Balectus y de la vertiente Calispogyo que permita plantear una propuesta para optimizar su uso y aprovechamiento por los moradores del sector.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el levantamiento de la línea base correspondiente al lugar de estudio.
- Realizar la caracterización del agua de la acequia Balectus y de la vertiente Calispogyo, teniendo en cuenta los parámetros establecidos en el Acuerdo Ministerial 028.
- Establecer el uso adecuado de las fuentes de agua en función a los resultados obtenidos en el laboratorio.
- Plantear una propuesta en la cual se determine medidas que mejore las características de las fuentes mencionadas para optimizar su uso y aprovechamiento.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la investigación

1.1.1 Características generales de San Gerardo

La parroquia de San Gerardo está situada en el cantón Guano, Provincia de Chimborazo. Está a 2.670 m.s.n.m., en la latitud 1°37'54" S y longitud 78°36'43" O., tiene una extensión de 6,59 Km², en esta parroquia existen 7 barrios donde viven 2.439 habitantes que conforman un total de 667 familias.

Los límites de esta parroquia son: por el Norte quebrada Las abras hasta la propiedad del Sr. Ignacio Vilema y continua al camino público que conduce a la ciudad de Riobamba; por el Sur carretera Riobamba-Cubijies; por el este el Río Guano; y, por el oeste la Loma denominada Alarcón. (GAD de la parroquia de San Gerardo, 2008, p.4).

Actualmente existe un levantamiento para varias fuentes de agua ubicadas a unos cuantos metros del cauce del río Guano, las más conocidas son: Tuba, Pakcha, y Catequilla. Someramente se puede decir que estas vertientes son de buena calidad ya que sus características organolépticas como son color, olor y sabor no presentan ninguna alteración a simple vista.

Sin embargo las dos fuentes de agua más cercanas a la parroquia: acequia Balectus y vertiente Calispogyo no presentan ningún tipo de estudio técnico (caracterización) que indique si el agua está o no en condiciones de ser utilizada en actividades como consumo humano, agricultura, producción o para la industria.

El Sub-centro de salud de la parroquia señala que el agua utilizada en el lugar es causante de las enfermedades dentales que tienen las personas ya que el 60,27% presenta caries de dentina (fluorosis dental) (ANEXO A).

En el siguiente cuadro se presenta la edad y el porcentaje de caries de dentina.

Tabla 1-1: Sala situacional de la salud bucal

Edad en años	% de la patología
1 a 4	60
5 a 9	51,9
10 a 14	57
15 a 19	76
20 a 64	64,3

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Fuente: Sub-centro de salud de San Gerardo, 2016

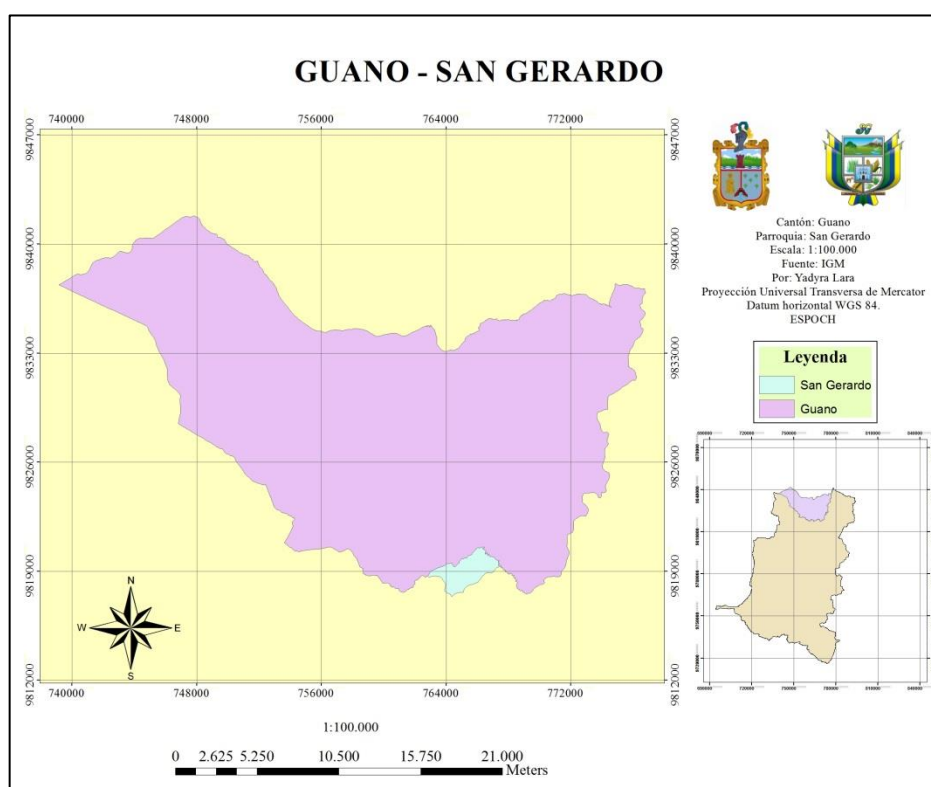


Gráfico 1-1: Ubicación de la parroquia de San Gerardo

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

1.2 Bases teóricas

1.3.1 Agua

El agua es el componente más importante en la tierra y comprende un elemento esencial para la vida. Actualmente se ha transformado en un tesoro considerablemente valioso, esto se debe fundamentalmente a que la contaminación hídrica se incrementa con el paso del tiempo, ocasionando en varios países del mundo la falta de agua óptima para consumo u otro tipo de actividad social.

Se estima que para el año 2025 las dos terceras partes de la población humana que habita sobre el planeta Tierra sufrirá una gran escasez del líquido vital. Nuestro planeta está cubierto en su gran mayoría por agua, a pesar de ello muy poca de esta agua es dulce y lo que es peor no todo este recurso se encuentra disponible para utilizarlo. La disponibilidad de agua es fundamental para todas las necesidades humanas, como alimentación, sistemas de saneamiento, salud, y energía.

Es importante señalar que el volumen del agua en la tierra no ha variado, no obstante su calidad si ha sido afectada debido al ingreso de distintas sustancias que pueden ser consideradas como contaminantes, consecuencia de las distintas actividades antropogénicas realizadas por el hombre actualmente. (Barrenechea, 2004, p. 12)

Sin agua, no hay sociedad, no hay economía, no hay cultura, no hay vida. Por su propia naturaleza y sus múltiples usos, el agua constituye un tema complejo. (Guía de buenas prácticas, 2010)

1.3.2 Contaminación del agua

Las aguas naturales forman parte de un ciclo continuo llamado ciclo hidrológico, este ciclo brinda a estas aguas una gran capacidad de purificación, sin embargo esta habilidad de regeneración no es suficiente para reparar la elevada cantidad de agua contaminada por los residuos que arrojamamos diariamente después de realizar nuestras actividades.

El rápido desarrollo humano, económico y el mal uso del recurso hídrico convierte nuestro líquido vital en el principal vehículo de exposición humana a los distintos peligros microbiológicos, pues es utilizada para alimentación y bebida, en actividades recreativas, en el riego de alimentos y en diversos procesos productivos.

La salud humana es una de los primeros factores que están en riesgo cuando se utiliza agua contaminada, también complica y encarece el abastecimiento de agua apta para consumo a las poblaciones y para la industria, asimismo perjudica la actividad pesquera, la agricultura y anula el valor estético de los cursos superficiales. (De la Orden, 2005 p. 26)

La contaminación del agua se puede dar de forma natural y antropogénica (no natural).

1.3.2.1 Causas de la contaminación natural

Los ríos, lagos, mares y estuarios gozan de una capacidad de auto depuración que reducen la carga contaminante presente en dichos cuerpos, esto sin necesitar la ayuda del hombre, a pesar de ello esta capacidad de autodepuración está fijada por la actividad microbiológica, el volumen de los cuerpos de agua, y la cantidad de contaminantes que llegan a los recursos hídricos.

Los cuerpos de agua de gran dimensión como los ríos tienen la capacidad de diluir un contaminante hasta desaparecerlo, esto se debe a que los ríos presentan una gran cantidad de oxígeno disuelto el mismo que ayuda a los microorganismos a descomponer los compuestos contaminantes y adaptarlos para que puedan ser utilizados por las plantas y los animales.

Cuando un exceso de contaminantes se encuentre en los cuerpos de agua, los microorganismos no pueden descomponerlos o transformarlos y la flora y fauna natural no crecerá ni se desarrollará en tales cuerpos de agua.

1.3.2.2 Causas de contaminación no naturales (antrópico)

- Descargas domésticas (aguas servidas, detergentes, alimentos).
- Descargas industriales (procesos, aguas de enfriamiento, sustancias tóxicas, iones metálicos, productos químicos, hidrocarburos, detergentes).
- Desperdicios agrícolas (plaguicidas, insecticidas, pesticidas, fertilizantes (fosforo, nitrógeno), residuos provenientes de granjas porcinas, avícolas y lecheras).

La contaminación de los cuerpos de agua también se puede clasificar en:

Puntual: Este tipo de contaminación presenta características constantes, es fácil de tratar ya que se conoce de donde proviene la contaminación y sus particularidades.

Ejemplo: Descargas de aguas domésticas o industriales.

Difusa: La contaminación difusa a diferencia de la anterior presenta características variables en tiempo y espacio sin tener un punto fijo de entrada, haciendo que sea más difícil de tratar.

Ejemplo: Las explotaciones agrícolas. (Cisterna, 2002, p. 8)

1.3.3 Calidad del agua

La calidad del agua no es un término absoluto, básicamente depende el uso o actividad que se le vaya a dar, la calidad del agua utilizada para consumo humano es mucho más exigente en comparación con la calidad del agua utilizada para riego.

La calidad del agua depende de varios factores como de dónde viene, la cantidad, su forma de abastecimiento y de lo que hay en el agua.

Es por eso que las zonas geográficas de donde proviene el agua definen ciertas características y estas a su vez determinan la calidad de la misma y señalan su posible uso. El pH de las zonas áridas es alto al igual que las concentraciones de carbonatos, calcio y magnesio, mientras que si hablamos de zonas húmedas el pH es bajo y las concentraciones de hierro y sulfuros se hacen presentes.

Otra forma de fijar una buena, regular o mala calidad del agua es en su forma de abastecimiento, cuando hablamos de fuentes de agua superficial como ríos, lagos, lagunas y canales que no estén expuestos a la contaminación antropogénica estos únicamente presentaran sólidos suspendidos orgánicos e inorgánicos, algunas algas y bacterias. Mientras que si el agua tiene un alto contenido de sales solubles estamos hablando de aguas subterráneas.

Las características mencionadas anteriormente sobre las aguas subterráneas y superficiales definen su uso y el tipo de tratamiento que se le debe aplicar según el caso. El agua de buena calidad generalmente es utilizada para consumo humano, recreación y vida acuática, mientras que el agua de baja calidad se usa en la industria generalmente para producir energía.

Características a tomar en cuenta según su uso:

- **Uso doméstico:** Turbidez, sólidos disueltos, coliformes y compuestos tóxicos como metales y pesticidas.
- **Uso industrial:** Sólidos disueltos y en suspensión.
- **Uso riego:** Sólidos disueltos, metales pesados, sulfatos y coliformes.
- **Uso recreacional:** Turbidez, tóxicos y coliformes.
- **Uso conservación de la vida acuática:** Oxígeno disuelto, pH, compuestos organoclorados, pesticidas y metales pesados. (Korbut, 2003, p. 8).

1.3.4 Parámetros a considerar para determinar la calidad del agua

1.3.4.1 Parámetros físicos

Características organolépticas (color, olor, sabor).- Incolora, inodora e insípida son las propiedades del agua, a pesar de ello en ocasiones el agua puede tomar cierta coloración rojiza por la presencia de óxidos metálicos, las algas y microorganismos también otorgan cierta coloración por degradación de materia orgánica. El Olor y sabor en conjunto definen la calidad del agua y le brindan una característica estética muy importante para la vista humana.

Temperatura.- Es de vital importancia para los ecosistemas acuáticos una temperatura óptima, cuando la temperatura sube o se eleva, el oxígeno disuelto disminuye y esto puede ocasionar la muerte de varias especies acuáticas.

Turbiedad.- Este parámetro mide la claridad del agua, cuando existen partículas o microorganismos en suspensión la luz no pasa. (Marco et al, 2004, p. 30).

Se mide en unidades nefelométricas y se expresa como NTU.

Sólidos totales.- Este es uno de los indicadores más importantes que se utiliza para determinar la calidad del agua. Los sólidos totales son la suma de materias disueltas y suspendidas en el agua y estos están directamente relacionados con la pureza del agua, los sólidos totales están condicionados por la temperatura.

Los sólidos totales vienen de varias fuentes, pueden ser orgánicas como:

- Hojas
- Plancton
- Sedimentos
- Desechos industriales y;
- Aguas residuales.

Otras fuentes resultan de la escorrentía de las zonas urbanas y de los fertilizantes y pesticidas utilizados en la agricultura.

1.3.4.2 Parámetros químicos

pH.- El valor del pH (potencial hidrógeno) determina la acidez o alcalinidad de una sustancia, el pH está involucrado en ciertos fenómenos que ocurren en el agua como la corrosión y las

incrustaciones en las redes de distribución, en cuanto a la salud humana no se ha demostrado que el pH tenga efecto directo sobre la misma, pero si está involucrado en el comportamiento de células y organismos microscópicos.

Rangos de pH: pH = 7 es neutro; pH < 7 es ácido; pH > 7 es básico

Cuando las aguas subterráneas no presentan contaminación el pH tiene un rango de 5 a 9. (Chariguaman, 2011, p. 28)

Fosfatos.- Se encuentran habitualmente en los fertilizantes y detergentes, la forma más fácil de llegar al agua es por la escorrentía agrícola y por la descarga de aguas residuales. Cuando existe un exceso de fosfato en el agua el desarrollo de las plantas aumenta y provoca turbiedad, este incremento otorga cierto color verdoso al agua y el crecimiento de pequeñas plantas flotantes.

Las plantas flotantes (algas) antes mencionadas generalmente mueren y se depositan en el fondo de los cuerpos de agua, posteriormente se descomponen por acción de las bacterias, las cuales consumen el oxígeno y afectan la vida acuática.

Oxígeno disuelto (OD).- La concentración del oxígeno disuelto varía según las características físicas del agua, es importante en procesos como la fotosíntesis, oxidación-reducción y en la descomposición de material orgánico. El OD es un indicador significativo de la calidad del agua.

A continuación se presenta los requerimientos de oxígeno disuelto según cada organismo.

Tabla 2-1: Requerimientos de oxígeno según el organismo

Requerimientos de oxígeno según el organismo	
Organismo	Oxígeno disuelto mínimo (mg/L)
Trucha	6,5
Lobina de boca pequeña	6,5
Larvas de tricópteros	4,0
Larvas de efemeróptero	4,0
Siluro	2,5
Carpa	2,0
Larvas de mosquito	1,0

Realizado por: Yadyra Lara

Fuente: http://www2.vernier.com/sample_labs/CMV-41-oxigeno_disuelto.pdf

Existen varios factores que afectan la concentración original del oxígeno disuelto en un cuerpo de agua, estos pueden ser temperatura, plantas acuáticas, dirección de la corriente, la presión atmosférica, y las actividades humanas. Cuando el oxígeno consumido es mayor al oxígeno

producido se pueden alcanzar valores por debajo de los niveles necesarios para la vida, particularmente la de los peces.

Tabla 3-1: Condiciones de oxígeno disuelto

Concentración de OD (mg/L)	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5-8	Aceptable	Concentración de OD adecuada para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8-12	Buena	
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

Realizado por: Yadyra Lara

Fuente: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf

DBO₅.- Se denomina así a la cantidad de oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos no fotosintéticos para metabolizar compuestos orgánicos, este parámetro es tomado a los cinco días, alcanzando un porcentaje de remoción del 60-70% de los microorganismos presentes en la muestra de agua, el valor tomado a los cinco días se debe a que ese tiempo tardan los ríos en llegar al mar, mismo valor sirve para determinar la contaminación biológica en los cuerpos de agua. (Sánchez, 2002a, p. 20)

Demanda química de oxígeno (DQO).- Es la cantidad requerida de oxígeno para oxidar totalmente por medios químicos compuestos orgánicos a CO₂ y agua. (Peña, 2002b, p. 20)

La DQO determina todo el material orgánico biodegradable y no biodegradable por lo tanto la DQO incluye la DBO, consecuencia de ello la relación BQO-DBO siempre será mayor.

1.3.4.3 Parámetros biológicos

Coliformes totales.- La identificación de este parámetro se emplea para evaluar sanitariamente los afluentes de agua, este género de bacterias principalmente se encuentran en el intestino de los animales de sangre caliente, también se hallan en la naturaleza, generalmente están bien distribuidas en suelos, semillas y vegetales.

Los coliformes totales llegan a la naturaleza generalmente por las heces humanas y animales, estos microorganismos son muy resistentes en el agua, a comparación de otro tipo de bacterias intestinales se ha determinado que los coliformes totales son indicadores importantes en la calidad del agua.

La ausencia de coliformes totales señala que el agua es bacteriológicamente segura, pero si existe la presencia de estos organismos el agua no es apta para utilizarla en el consumo humano, mientras más coliformes existan en el agua, mayor es la descarga de excrementos animales y/o humanos.

El origen de los coliformes no es únicamente fecal, por lo que fue necesario desarrollar varias pruebas que establecieron diferencias entre aquellas que son de procedencia intestinal y aquellas que no. Esta diferencia es de suma importancia sobre todo para la salud humana ya que permite asegurar si la contaminación de un cuerpo hídrico es por bacterias fecales o no.

Coliformes fecales.- Este grupo está constituido por bacterias Gram-positivas, incluye especies de *Klebsiella*, pero la especie más dominante es la *Escherichia coli*. Las coliformes fecales se hallan casi exclusivamente en las heces humanas y animales de sangre caliente. (García, 2002, p 10)

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, estos pueden ser termo tolerantes, tienen la capacidad de resistir temperaturas elevadas y su reproducción fuera del intestino de los animales homeotérmicos es respaldada por la existencia de condiciones ambientales favorables como la presencia de materia orgánica (residuos vegetales), humedad correcta y un pH adecuado.

Para fijar la presencia de coliformes fecales en un cuerpo de agua se emplea dos medios de cultivo; líquidos y sólidos, estos con características específicas y selectivas para recuento y demostración de estos organismos.

1.3.4.4 Índice de calidad del agua (WQI)

El Índice de Calidad del Agua o WQI (Water Quality Index), es ampliamente manejado en estudios de contaminación, para evaluar los cambios y variaciones en la calidad del agua en trayectos puntualizados de los cuerpos de agua a través del tiempo, comparando y constituyendo diferencias entre la calidad del agua de los distintos trayectos del mismo río o de otros. A través del Índice de Calidad del Agua se puede reducir considerables cantidades de información sobre la calidad del agua en sencillas palabras. (Lobos, 2002a, p. 14)

En la valoración del “WQI” actúan 9 parámetros:

- Coliformes Fecales (UFC/100 mL)
- pH (unidades de pH)
- DBO₅ (mg/L)
- Nitratos (mg/L)
- Fosfatos (mg/L)

- Cambio de la Temperatura (°C)
- Turbidez (NTU)
- Sólidos totales (mg/L)
- Oxígeno disuelto (% saturación)

El Índice de Calidad del Agua se evalúa como porcentaje de agua pura, un WQI próximo al 100% señala óptimas condiciones del agua, mientras que un valor próximo o igual a cero representa una contaminación constante.

Analizados los 9 parámetros de las muestras de agua se procede a calcular el valor teórico de cada uno de ellos con la interpolación de curvas teóricas que determinan la valoración del factor I en relación al valor ideal que este debería tener en circunstancias de calidad excelente. Se compara la valoración del WQI con la siguiente tabla, se elige el rango respectivo y se determina su calidad. (Lobos, 2002b, p. 15)

Tabla 4-1: Rangos de Índice de Calidad de Agua

Calidad de agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Realizado por: Yadyra Lara
Fuente: Lobos, 2012

1.3.5 Características adicionales que presentan las dos fuentes de agua

- **Características químicas**

Dureza.- Se define como la suma de los cationes metálicos calcio (Ca) y Magnesio (Mg), se expresa como mg/L de CaCO₃. La dureza del agua determina la capacidad de formación de espuma que producen los detergentes en contacto con el agua, mientras más dura es el agua más detergente se debe usar, lo que provoca mayor contaminación, además representa una serie de problemas de incrustación en equipos industriales y domésticos.

Desde el punto de vista sanitario las aguas duras son tan agradables como las aguas blandas y no implican daño para la salud humana.

Tabla 5-1: Rango de dureza en el agua

Rango	Dureza (CaCO₃)
0 – 75 mg/L	Blanda
70 – 150 mg/L	Moderadamente dura
150 – 300 mg/L	Dura
> 300	Muy dura

Realizado por: Yadyra Lara

Fuente: Romero, 2007, p. 130

Salinidad.- Es la cantidad total de sales disueltas en un cuerpo de agua. Es una propiedad importante a determinar en aguas usadas industriales y en cuerpos de agua naturales. Cuando el agua es utilizada para riego estas sales se acumulan en el suelo y pueden afectar la fertilidad del suelo. La presencia de salinidad en el suelo afecta el crecimiento de las plantas debido a que estas utilizan más energía de la común para absorber agua marchitando rápidamente la planta.

Sulfatos.- Están presentes en la mayoría de aguas naturales, principalmente en fuentes de agua subterránea, se originan de la disolución de tizas. Los sulfatos contribuyen con la dureza del agua y le otorgan un sabor amargo. Un elevado contenido de sulfatos en el agua perturba significativamente a los consumidores especialmente si son niños y adultos mayores debido a su efecto laxante.

Fluoruros.- Determinar fluoruros en el agua tiene dos funciones, la primera es añadir la cantidad adecuada a un cuerpo de agua para mejorar las condiciones del agua, mientras que la segunda es buscar el tratamiento adecuado para reducir las cantidades excesivas presentes en un cuerpo de agua.

Generalmente la concentración de fluoruros en aguas naturales es muy baja, en ocasiones puede tener valores mayores a los 10 mg/L y muy rara vez los valores son mayores a 50 mg/L. En 1959 Smith y Hodge establecieron las siguientes concentraciones de flúor en el agua.

Tabla 6-1: Concentración de fluoruros y sus consecuencias

Concentración	Consecuencias
2 mg/L	Manchas dentarias
5 mg/L	Alteraciones tiroideas
8 mg/L	Esclerosis ósea
100 mg/L	Retraso del crecimiento
125 mg/L	Lesiones renales

Realizado por: Yadyra Lara

Fuente: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/fluoride/es/

El flúor tiene especial compatibilidad con los huesos y dientes, y por lo mismo es ahí donde son atraídos, es por eso que los dientes son los primeros órganos afectados del cuerpo humano, cuando hay un exceso de flúor la primera causa es la fluorosis dental. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) recomienda una concentración límite de 1,5 mg/L.

Cuando una persona se ve afectada por la fluorosis dental y daños en el esqueleto, no puede acceder a ningún tipo de tratamiento primero por ser un proceso irreversible y porque actualmente no existe ningún tratamiento. La única forma de no contraer esta enfermedad es prevenirla.

Hierro.- Es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre y se filtra por el suelo hacia las aguas subterráneas, su concentración puede variar desde 0,5 a 50 mg/L. No se ha demostrado que el hierro sea peligroso para la salud humana por el contrario beber agua con concentraciones en hierro es bueno, su única desventaja es el sabor metálico que este elemento le otorga a los cuerpos de agua.

Las aguas con un alto contenido de hierro puede tener coloración marrón, rojo o naranja estos colores generalmente quedan marcados en el lavabo, inodoro y en la ducha. (Sánchez, 2001, p. 18)

1.3.6 Fuentes de agua en la naturaleza

1.3.5.1 Ciclo del agua o ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico es un proceso por el cual el agua se mueve por toda la superficie terrestre, inicia cuando las partículas de agua suben desde el océano hacia la atmosfera para formar pequeñas gotitas que forman las nubes, cuando las nubes se congregan y alcanzan su punto de saturación se liberan en forma de lluvia para caer sobre la tierra, ríos, lagos y arroyos.

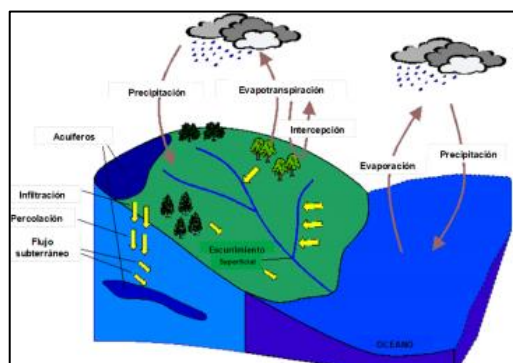


Figura 1-1: Ciclo hidrológico

Fuente: Ordoñez, 2011 (Aguas subterráneas-Acuíferos)

El agua que cae en forma de lluvia es absorbida por la tierra y se infiltra para formar las aguas subterráneas, posteriormente los escurrimientos de todo este proceso llegan a los océanos para comenzar nuevamente el ciclo. Todo el ciclo recoge, purifica y distribuye el agua en la superficie terrestre y para todo esto se llevan a cabo los siguientes pasos:

Evaporación.- Consiste en la transformación del agua líquida a vapor, de tal manera que el agua alcanza la atmósfera. El agua se evapora de los océanos, de las aguas continentales y por la transpiración de las plantas. La evaporación es siete veces mayor en los océanos que en la superficie terrestre. (Mackenzie, 2005, p. 200)

Condensación.- Este proceso es el encargado de la formación de las nubes y es opuesto a la evaporación, aquí el vapor de agua es convertido en agua líquida. En este ciclo se forman las nubes y también es responsable de la formación de la niebla.

La condensación se da cuando el vapor de agua alcanza a la atmósfera, allí el agua pasa de estado gaseoso a líquido y se enfría debido a que la temperatura va disminuyendo, y finalmente se condensa en forma de pequeñas gotitas de agua.

Transpiración: Es otra forma por la cual el agua pasa a la atmósfera, comparada con la evaporación, este proceso lo realizan las plantas, las mismas que emiten agua por medio de sus pequeños estomas durante la fotosíntesis. Alrededor de un 10% de la humedad presente en la atmósfera tiene origen en la transpiración de las plantas.

Precipitación.- El viento arrastra las nubes y las enfría, haciendo que el agua caiga de forma sólida o líquida por acción de la gravedad sobre la tierra. La lluvia riega plantas y llena ríos, lagos y arroyos.

Cuando el agua precipita cae en los océanos y en el suelo, cuando cae sobre el océano, el agua regresa directamente al ciclo por medio de la evaporación; pero el agua que cae en el suelo retorna de 3 formas diferentes.

1. **Escorrentía.**- Es parte de la precipitación que sustenta las corrientes superficiales, y continuas. Estas pueden ser:
 - a) **Escorrentía Superficial o Directa.**- Es aquella que no se infiltra en ningún momento pero tampoco queda estancada en las distintas concavidades del suelo.
 - b) **Escorrentía Hipodérmica o Subsuperficial.**- Es aquella que resulta de la precipitación que luego de haberse infiltrado en el suelo se desplaza sub-horizontalmente por los horizontes superiores para retornar súbitamente al aire libre como manantial y unirse a microsurcos superficiales que la llevarán a la red de drenaje. (Sánchez, 2012^a, p. 16)
 - c) **Escorrentía Subterránea.**- Aquella que se infiltra hasta el nivel freático. (Sánchez, 2012^b, p. 16).

La escorrentía superficial se mueve con mayor rapidez con relación a las otras dos mientras que la escorrentía subterránea se presenta más lenta.

2. **Infiltración.-** Sucede cuando el agua consigue pasar el suelo e invadir algunos espacios disponibles en el suelo.
3. **Absorción.-** Es el agua que las plantas utilizan del suelo para realizar sus funciones, luego las plantas devuelven esta agua a la atmosfera por medio de la transpiración.

Todos los procesos anteriores se combinan para formar fuentes de agua subterráneas o fuentes de agua superficial.

Fuentes subterráneas

El principal aporte de las aguas subterráneas es la lluvia y determina la vegetación y el paisaje del ambiente además constituye un recurso indispensable que establece los usos del suelo. Las aguas subterráneas están situadas bajo el nivel freático y satura completamente los poros y fisuras del terreno. (Verrey, 2002, p. 125)

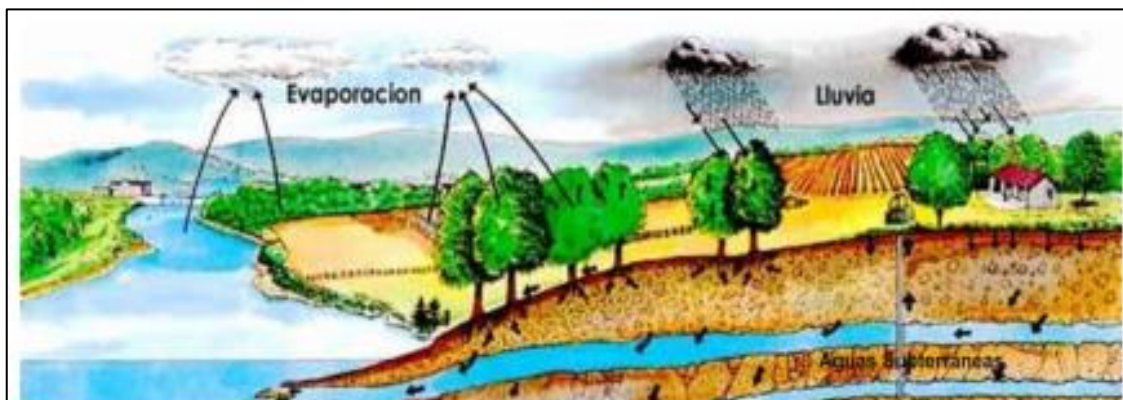


Figura 2-1: Aguas subterráneas

Fuente: Instituto Geológico y Minero de España

El agua subterránea se desliza lentamente por los acuíferos. Su velocidad media normal varía entre unos pocos decímetros y en rocas muy fragmentadas, en ocasiones pueden existir varios conductos dominantes, haciendo que el agua circule a velocidades similares a la de las corrientes superficiales. (Lopez, 2009, p. 14)

Durante varios años el uso de las aguas subterráneas ha mejorado varias actividades sociales y económicas. Los abastecimientos subterráneos se utilizan como fuente de agua y en proyectos agropecuarios para uso animal y riego. Generalmente el agua subterránea es más pura que el agua superficial, sin embargo estas fuentes se ven afectadas en largos períodos de sequía.

Más de la mitad de la población mundial depende básicamente del agua subterránea. (Vélez O. 1999, p. 3)

Ventajas de las captaciones subterráneas

Utilización de agua potable

- Generalmente no es necesario aplicar un tratamiento especial, únicamente se debe usar una pequeña cantidad de cloro antes de distribuirla al consumo.
- Soluciona problemas de abastecimiento de forma rápida, por el poco tiempo que se tiene para construir este tipo de obras.
- Existen varias zonas donde es el único recurso disponible.

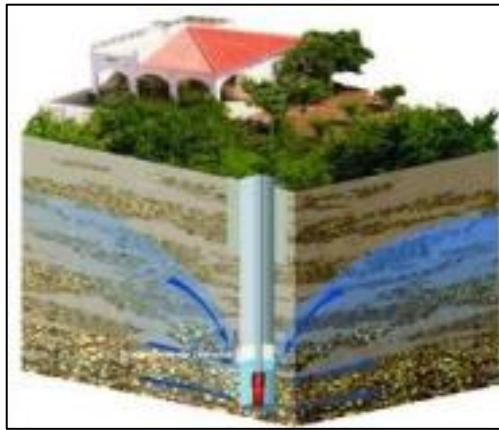


Figura 3-1: Captación de agua subterránea
Fuente: Sociedad Geográfica de Lima

Utilización de industrias

- Para los procesos industriales es necesario conseguir agua de calidad.
- En varias industrias es el único recurso económicamente viable.

Utilización en agricultura

- Soluciona problemas de riego sin tener que esperar proyectos generados por los gobiernos.
- Se utiliza como complemento de los abastecimientos superficiales.
- Con este sistema el agua está justo en el momento requerido.

Los agricultores utilizan este recurso para incrementar sus recursos económicos de forma personal. (Ordoñez, 2011, p 10)



Figura 4-1: Uso de las aguas subterráneas
Fuente: Sociedad Geográfica de Lima

Fuentes superficiales

Los ríos, riachuelos lagos arroyos y manantiales constituyen las aguas superficiales y al igual que las aguas subterráneas constituyen un eje estratégico en las actividades socioeconómicas de las personas. Este tipo de agua se contamina fácilmente porque están expuestas a la contaminación.



Figura 5-1: Aguas superficiales
Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México

Contaminantes de las aguas superficiales:

- Aguas residuales propias de la industria.
- Aguas procedentes de las actividades humanas.
- Derrames accidentales de sustancias químicas.
- Productos químicos originarios de la actividad agropecuaria (plaguicidas, fertilizantes, desechos de animales). (Infante, 2013, p. 13)

El agua superficial puede fluir de dos maneras:

1. Flujo laminar: Las partículas de agua presentan un movimiento recto y paralelo al cauce. (Tarbuck, 2014, p.4)

2. Flujo turbulento: Se presenta de manera confusa y errática, los remolinos son característicos de este tipo de flujo. (Hass, 2012)

Tabla 7-1: Diferencias entre agua subterránea y superficial

Diferencias entre el agua subterránea y superficial		
Aspecto	Agua subterránea y acuíferos	Agua superficiales y embalses
Características hidrológicas		
Volúmenes de almacenamiento	Muy grandes	Pequeños a moderados
Velocidades de flujo	Muy bajas	Moderadas a altas
Tiempo de residencia	Décadas a siglos	Semanas a meses
Propensión a la sequía	Generalmente baja	Generalmente alta
Pérdidas por evaporación	Bajas y localizadas	Altas en los embalses
Evaluación de recursos	Costo alto e incertidumbre considerable	Costo bajo y a menudo menor incertidumbre
Impactos por extracción	Retardados y dispersos	Inmediatos
Calidad natural	Generalmente alta	Variable
Vulnerabilidad a la contaminación	Protección natural variable	Sin protección
Persistencia de la contaminación	A menudo extrema	Transitoria
Factores socioeconómicos		
Percepción del público	Recurso místico, impredecible	Recurso estético, predecible
Costo del desarrollo	Generalmente modesto	A menudo alto
Riesgo por desarrollo	Menos del que se percibe a menudo	Más del que se percibe a menudo
Estilo del desarrollo	Combinación de público y privado	Público en gran medida

Realizado por: Yadyra Lara

Fuente: Verrey, 2002

1.3.7 Caudal

Es la cantidad de agua que pasa por un punto o sección de un canal, acequia, perforación de agua subterránea o surco durante un determinado intervalo de tiempo. (Rojas, 2006, p.77)

Las unidades del caudal son L/s y establece la siguiente equivalencia:

$$1000 \frac{L}{s} = 1 \frac{m^3}{s}$$

Existen varios métodos para determinar caudales:

1.3.7.1 Método volumétrico

Este método consiste en tomar el tiempo que tarda en llenarse un recipiente de volumen conocido.

Consiste en dividir el volumen en litros para el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal en L/s. Este método es aplicable cuando tenemos un caudal igual o menor a 10 L/s. (Guía de buenas prácticas, 2009. p. 13)

1.3.7.2 Método velocidad – área (Flotador)

Este método involucra el área de la sección que arrastra el agua y su velocidad, el objeto utilizado en esta técnica debe tener la capacidad de quedar suspendido en el agua por lo que generalmente se utiliza un trozo de madera, un corcho, o una pelotita plástica.

Metodología

1. Marcar un recorrido de sección transversal uniforme, de características rectas en el que el agua fluya sin problemas. Su longitud debe estar entre los 10 y 30 m de largo.
2. Señalar el terreno, la longitud antes elegida y tomar el tiempo que tarda el flotador en recorrer desde el punto A hasta el punto B. (Repetir esta acción de 3 a 5 veces)
3. Dividir la longitud escogida anteriormente para el tiempo que tarda el flotador en recorrer dicha distancia; de esta manera se encontrara la velocidad del curso del agua.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Unidad de estudio

2.1.1 Localización

La acequia Balectus y la vertiente Calispogyo se encuentran en el barrio “La Victoria” y en el barrio “La Unión” respectivamente, ambas fuentes se ubican a 12 Km del parque central de la parroquia de San Gerardo del cantón Guano provincia de Chimborazo.

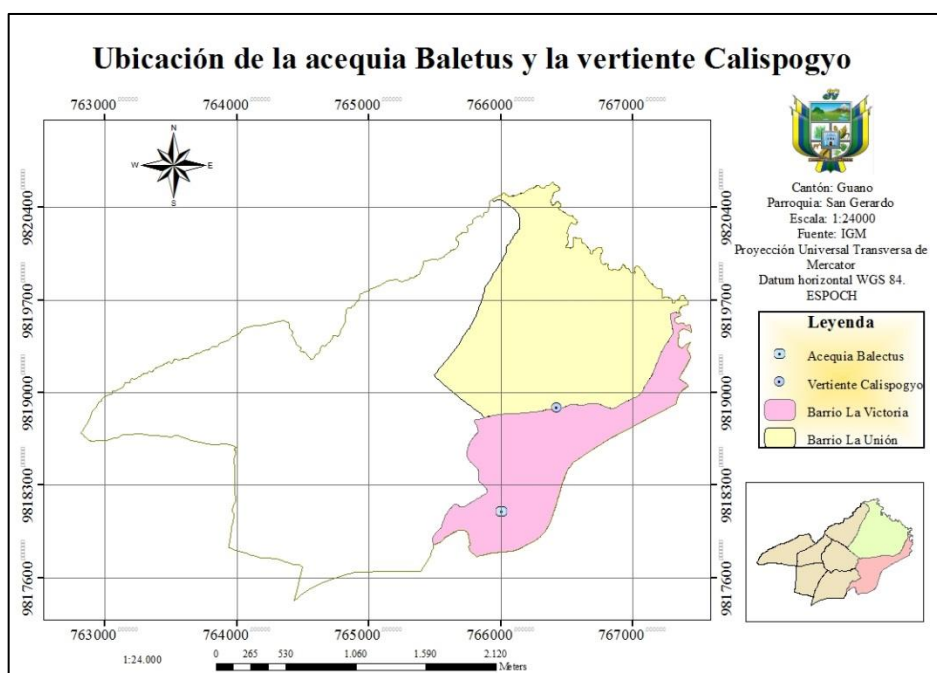


Gráfico 1-2: Ubicación de las vertientes
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

2.2 Tipo de trabajo

Es un estudio técnico debido a que se busca un fin directo porque se va a evaluar la calidad de agua de la acequia Balectus y de la vertiente Calispogyo para mejorar su uso y aprovechamiento.

- Tipo de enfoque: Cualitativo y Cuantitativo.

Cualitativo porque se va a recolectar datos sin control numérico y cuantitativo porque se va a recoger datos físicos, químicos, microbiológicos del agua, y datos meteorológicos.

2.3 Línea base del lugar

La línea base del sector detalla el área de influencia del proyecto o actividad, a su vez describirá todos los elementos del ambiente que se encuentra en el área de influencia tomando en consideración los siguientes contenidos:

- Localización geográfica
- Descripción del medio físico
- Descripción del medio biológico
- Ambiente socioeconómico

2.4 Métodos y técnicas

2.4.1 Contacto con el líder y los moradores del sector

Se realizó reuniones de sociabilización sobre las características físicas del lugar y sobre las características físicas, químicas y bacteriológicas de la acequia “Balectus” y de la vertiente “Calispogyo”.

La ayuda y colaboración del líder comunitario y los moradores de la zona de estudio fueron fundamentales ya que proporcionaron información importante para llevar a cabo el estudio del espacio físico y del estado actual de las fuentes de agua antes mencionadas.



Fotografía 1-2: Entrevista con los moradores
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

2.4.2 Selección de los puntos de muestreo

Para seleccionar los puntos de muestreo se realizó un recorrido por el sector identificando las características y actividades realizadas en el lugar. Los puntos de muestreo fueron georeferenciados con un GPS (proyección WGS84).

Fue importante destacar que los sitios para los puntos de muestreo y para la medición de caudal fueron seguros y accesibles, al igual que la información facilitada por los moradores de la zona de estudio.

Por las características del lugar se establecieron dos puntos de muestreo:

1. El primero por tratarse de una vertiente captada en un tanque, presentaba una única salida (chorro). (Fotografía 2-2)
2. El segundo fue tomado a lo largo de la acequia Balectus tomando en cuenta las características necesarias para la toma de muestra. (Fotografía 3-2)



Fotografía 2-2: Vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016



Fotografía 3-2: Acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

2.5 Caudales

La determinación del caudal en cada punto de monitoreo se lo realizó mediante dos métodos:

1. Método velocidad – área (Acequia Balectus)

La información obtenida se ingresó en una hoja de cálculo. (ANEXO B)



Fotografía 4-2: Determinación del caudal por método velocidad-área
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

2. Método volumétrico (Vertiente Calispogyo)

La información procesada fue ingresada en una hoja de cálculo. (ANEXO C)



Fotografía 5-2: Determinación del caudal por método volumétrico
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

2.5.1 Selección del lugar

Para medir el caudal de la acequia Balectus se tomó en cuenta las características necesarias permitiendo que el flotador cruce un trayecto determinado sin dificultades, no debe existir

piedras u otros materiales que impidan su recorrido, el lugar seleccionado debe tener un flujo uniforme y ancho de secciones invariables. (Cevallos, 2015, p. 29)

2.6 Muestreo

El muestreo se realizó en las dos fuentes de agua, las muestras fueron tomadas en lugares seguros y estratégicos que nos permitieran obtener datos reales de la calidad actual del agua de estas dos fuentes, el muestreo se tomó teniendo en cuenta los respectivos protocolos para cada tipo de muestra (física-química y bacteriológica).



Fotografía 6-2: Toma de muestras de la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

2.6.1 *Muestra Simple*

Este tipo de muestra se caracteriza por suministrar información sobre el punto dado en tiempo específico y calidad.

2.6.2 *Cantidad de muestra*

Se tomó 2 L de muestra de cada una de las dos fuentes de agua en estudio (acequia Balectus y vertiente Calispogyo) para análisis físico-químicos y microbiológicos debidamente recolectados y etiquetados según NTE INEN 2169 (1998) Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.

2.6.3 *Frecuencia de muestreo*

El muestreo se realizó cada dos semanas, entre los meses abril y mayo del año 2016.

2.6.4 Procedimiento para la toma de muestra

Para la toma de muestras se siguió los siguientes pasos:

- Se retira la tapa de la botella, se la sostiene cerca de su base, luego se baja la botella con la boca hacia abajo y se la sumerge en el agua donde va a ser tomada la muestra.
- El envase se debe enjuagar 2 o 3 veces con el agua a que va a ser recogida.
- La botella se coloca de manera horizontal, en contracorriente de la descarga de agua, se procura tener la botella en el centro del cuerpo de agua.
- Cuando la botella está llena se saca a la superficie y se cierra herméticamente. (Jaque y Potoci, 2015, p. 42)

2.6.5 Pasos para muestreo en el campo

- Identificar los puntos de muestreo.
- Preparar los materiales para el muestreo.
- Tomar los datos del lugar y sus características
- Llenar recipientes de acuerdo al tipo de análisis.
- Homogenizar el envase.
- Codificar la muestra (fecha y hora del muestreo, tipo de análisis, nombre del responsable)
- Analizar los parámetros in situ
- Sellar el envase
- Preservar y transportar la muestra.

(La información procesada fue ingresada en una hoja de cálculo) (ANEXO D).

2.6.6 Conservación y transporte de muestras

Una vez recogidas las muestras fueron colocadas y trasladadas al laboratorio en un cooler previamente condicionado con hielo.

2.6.6.1 Análisis de Muestras

Las muestras recolectadas fueron analizadas en el laboratorio de Calidad ambiental de la ESPOCH.

2.6.7 Parámetros analizados

Los parámetros analizados se los realizó tanto en laboratorio como “*in-situ*”.

Tabla 1-2: Parámetros analizados “*in-situ*”

Parámetro	Expresado como	Unidad
Temperatura	T	°C
Potencial hidrogeno	pH	Unidad
Conductividad eléctrica	CE	mS/cm

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Parámetros analizados en laboratorio

Tabla 2-2: Parámetros analizados en el laboratorio

Parámetro	Expresado como	Unidad
Temperatura	T	°C
Potencial hidrogeno	pH	Unidad
Conductividad eléctrica	CE	mS/cm
Salinidad		
Color	Color real	Platino-Cobalto
Turbiedad	Sustancias activas al azul de metileno	NTU
Sólidos disueltos totales	STD	mg/L
Hierro	Fe	mg/L
Fosfatos	PO ₄ ⁻³	mg/L
Nitratos	NO ₃	mg/L
Fluoruros	F ⁻	mg/L
Sulfatos	SO ₄	mg/L
Oxígeno Disuelto	O	mg/L
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días	DBO ₅	mg/L
Coliformes fecales	UFC	mg/L
Coliformes totales	UFC	mg/L

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

2.6.7.1 Índice de calidad de agua (WQI)

Una vez registrados los resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos se procedió a calcular el valor teórico de cada parámetro caracterizado de las dos fuentes de agua mediante los rangos establecidos por el WQI.



Fotografía 7-2: Determinación de nitratos
Realizado por: Yadyra Lara, 2016



Fotografía 8-2: Determinación de oxígeno disuelto
Realizado por: Yadyra Lara, 2016



Fotografía 9-2: Determinación de coliformes totales y fecales
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

2.6.7.2 Métodos de Análisis

Parámetro	Método/Equipo	Procedimiento
Temperatura	HACH sensION1 pH-metro digital portátil	Lectura directa (electrodo).
pH	HACH sensION1 pH-metro digital portátil	Lectura directa (electrodo).
Conductividad eléctrica	HACH sensION1	Lectura directa (electrodo).
Salinidad	HACH sensION1	Lectura directa (electrodo).
Sólidos totales disueltos	HACH sensION1	Lectura directa (electrodo).
Color	Espectrofotómetro HACH DR 2800	Se utiliza un blanco de 10 mL, se programa en el espectrofotómetro para el análisis de color, se coloca 10 mL de muestra, se encera con el blanco y se mide.
Turbiedad	HACH 2100 P	Lectura directa para turbiedad hasta 2,50 NTU.
Hierro	Espectrofotómetro HACH DR 2800	Se utiliza un blanco de 10 mL, se programa en el espectrofotómetro para el análisis de hierro, se toma 10 mL de muestra y se coloca el reactivo, se agita y se deja durante 2 minutos finalmente se encera con el blanco y se mide.
Fosfatos	Espectrofotómetro HACH DR 2800	Se utiliza un blanco de 10 mL, se programa en el espectrofotómetro para el análisis de fosfatos, se toma 10 mL de muestra y se coloca el reactivo, se agita y se deja reposar durante 2 minutos finalmente se encera con el blanco y se mide.
Fluoruros	Espectrofotómetro HACH DR 2800	Se utiliza un blanco de 12 mL (el blanco contiene 10 mL de agua destilada y 2 mL de reactivo), se programa en el espectrofotómetro para el análisis de fluoruros, se toma 10 mL de muestra y se coloca 2 mL de reactivo, se agita y se deja durante 2 minutos, finalmente se encera con el blanco y se mide.
Nitratos	Espectrofotómetro HACH DR 2800	Se utiliza un blanco de 10 mL, se programa en el espectrofotómetro para el análisis de nitratos, se toma 10 mL de muestra y se coloca el reactivo, se agita y se deja reposar por 1 minuto, luego en presencia del reactivo se deja actuar 5 minutos más, finalmente se encera con el blanco y se mide.
Sulfatos	Espectrofotómetro HACH DR 2800	Se utiliza un blanco de 10 mL, se programa en el espectrofotómetro para el análisis de sulfatos, se toma 10 mL de muestra y se coloca el reactivo, se agita y se deja reposar por 2 minutos, finalmente se encera con el blanco y se mide.

Oxígeno disuelto	Espectrofotómetro HACH DR 2800	Se coloca la muestra de agua en un vaso de precipitación de 50 mL, se introduce el reactivo AccuVac con la punta sumergida mientras que la ampolla se llena completamente, se tapa la ampolla y se agita durante dos minutos. Se prepara el blanco con agua destilada se encera y se mide.
Demanda química de oxígeno	Espectrofotómetro HACH DR 2800	Tomar 2 mL de muestra sea entera o diluida de acuerdo a la calidad del agua introducir en el vial HACH, agitar durante 10 segundos, someter a calentamiento en el equipo Thermoreactor. Se prepara el blanco (vial con agua destilada) se encera y se mide.
Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días		Se selecciona el volumen de la muestra según la calidad de la muestra (entera o diluida), se agregan los nutrientes necesarios, se ponen los cabezales BOD SENSOR SYSTEM, se toma lectura diariamente.
Coliformes fecales	Estufa	Se toma 100 mL de agua sea entera o diluida según la calidad del agua, se filtra a través de la membrana. Los datos deben ser tomados a las 48 horas.
Coliformes totales	Estufa	Se toma 100 ml de agua sea entera o diluida según la calidad del agua, se filtra a través de la membrana. Los datos deben ser tomados a las 48 horas.

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

2.6.8 Equipos, materiales y reactivos utilizados en el laboratorio de la ESPOCH

Tabla 3-2: Equipos, materiales y reactivos utilizados en el laboratorio

Equipos	Materiales	Reactivos
Estufa	Buretas de 25 mL	Ácido sulfúrico
	Pipetas	Agua destilada
	Picetas	
	Soporte universal	
	Erlenmeyer de 500 mL	
	Vasos de precipitación	
	Kitasato de 500 mL	
	Probetas de 100 mL	
	Cajas Petri	
	Guantes	

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

2.6.9 Equipos y materiales utilizados en campo

Tabla 4-2: Equipos y materiales utilizados en campo

Equipos	Materiales
GPS GARMIN	Botellas plásticas estériles de 1 L
Estacas	Botella ámbar e Wheaton
Flexómetro	
Cronometro	
Flotador (botella de plástico)	
Cámara fotográfica	
Balde	
pH-metro digital portátil	
Cooler	

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS

3.1 Levantamiento de la línea base ambiental del sector

3.1.1 Localización geográfica

Tabla 1-3: Localización geográfica de los barrios involucrados

Coordenadas UTM (WGS84)			
Barrios	Latitud	Longitud	Altura m.s.n.m
La Victoria	766288	9818817	2604
La Unión	766350	9819063	2613

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.1.2 Descripción del medio físico

3.1.2.1 Zonas de vida

Según la clasificación hecha por Holdridge en 1979 la zona en estudio corresponde a un ecosistema Bosque Seco, Montano Bajo, característico de lugares con temperaturas promedio de 13,7 °C, con alturas entre los 2400-3000 m.s.n.m., y con precipitaciones entre los 500-800 mm. Todas las condiciones antes mencionadas ayudan a actividades de cultivo de maíz, papas, fréjol y alfalfa.

3.1.2.2 Climatología

San Gerardo muestra un clima Ecuatorial Mesotérmico Seco, que habitualmente se presenta en el fondo de los valles de callejón interandino. Tanto la vegetación como la temperatura son iguales al clima semi-húmedo, mientras que las precipitaciones son menores a los 500 mm anuales.

Temperatura promedio anual

En los últimos 9 años la temperatura promedio anual ha sido de 13,58 °C, esto se debe a que la temperatura máxima promedio ha llegado 23,7 °C durante el día y la temperatura mínima promedio durante la noche ha sido de 4,8 °C.

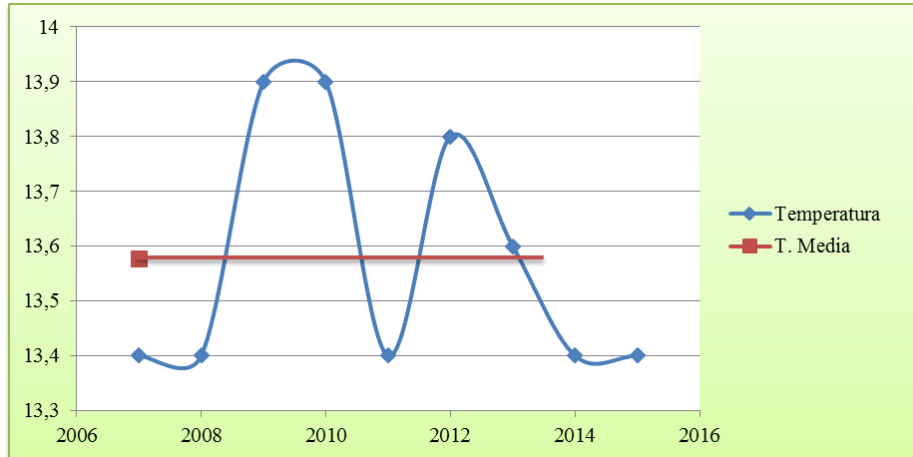


Gráfico 1-3: Comportamiento de la temperatura en los últimos años

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Fuente: Estación meteorológica de la ESPOCH

Temperatura promedio año 2015

La temperatura promedio del año 2015 fue 13,48°C, la temperatura máxima fue de 22,6 °C que corresponde al mes de febrero y la mínima fue de 7,4 °C que corresponde al mes de septiembre.

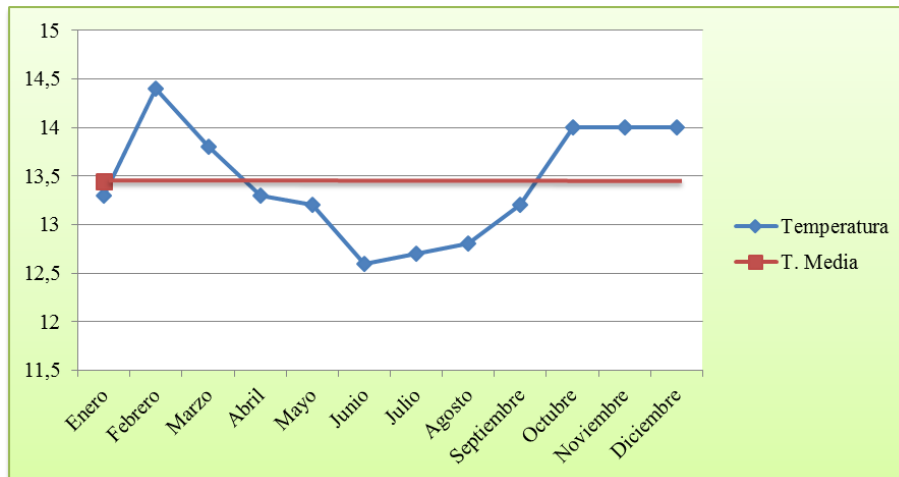


Gráfico 2-3: Comportamiento de la temperatura en el año 2015

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Fuente: Estación meteorológica de la ESPOCH

Precipitación

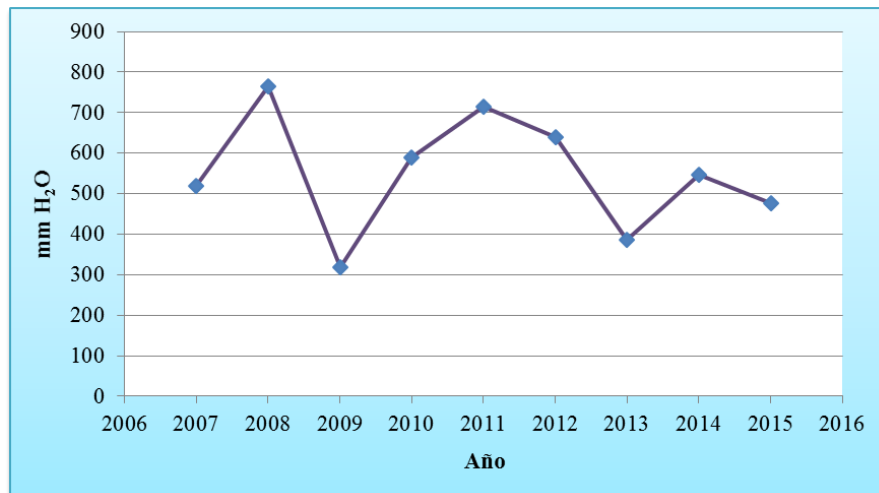


Gráfico 3-3: Precipitación

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Fuente: Estación meteorológica de la ESPOCH

Velocidad de viento

Según los datos recolectados en la Estación Meteorológica (ESPOCH) la velocidad promedio del viento en los últimos 9 años es de 2 m/s regularmente de Norte a Sur. Los meses que presentan mayor velocidad del viento son julio, agosto y septiembre.

Horas de sol

Las horas de sol de los últimos 9 años han variado año a año, y se puede ver un incremento en los últimos 3 años, principalmente en el 2015 como muestra la figura N° 4-3. Esto se debe principalmente al cambio climático y a los bruscos cambios de temperatura.

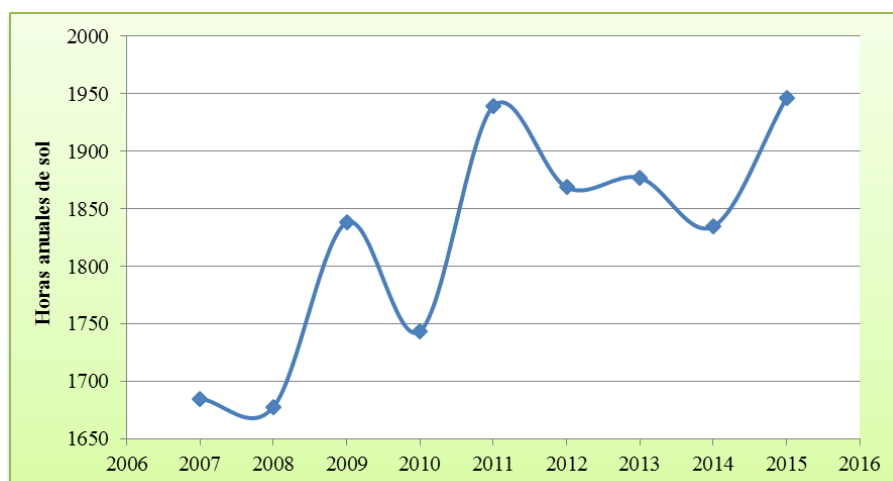


Gráfico 4-3: Horas totales de sol en los últimos 9 años

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Fuente: Estación meteorológica de la ESPOCH

3.1.3.2 Hidrología

Características generales

El sector de estudio cuenta con dos fuentes de agua, una de ellas es una vertiente llamada Calispogyo y la otra la acequia Balectus, ambas están ubicadas la zona 17 delimitada por las coordenadas UTM_WGS84.

Tabla 2-3: Ubicación geográfica de la vertiente Calispogyo

Coordenadas UTM (WGS84)	
Latitud	766432
Longitud	9818879
Altura m.s.n.m	2604

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Tabla 3-3: Ubicación geográfica de la acequia Balectus

Coordenadas UTM (WGS84)	
Latitud	766405
Longitud	9818697
Altura m.s.n.m	2498 - 2605

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.1.3.3 Geología

San Gerardo está compuesto por lodos y cenizas finas derivadas de los flujos de sedimentos y agua que se movilizaron desde las laderas del volcán del Chimborazo previo a su erupción. Además existen zonas de depósitos de sedimentos y aluviales, especialmente en zonas adyacentes al río Guano que están formadas por arcillas finas, provenientes del mismo río.

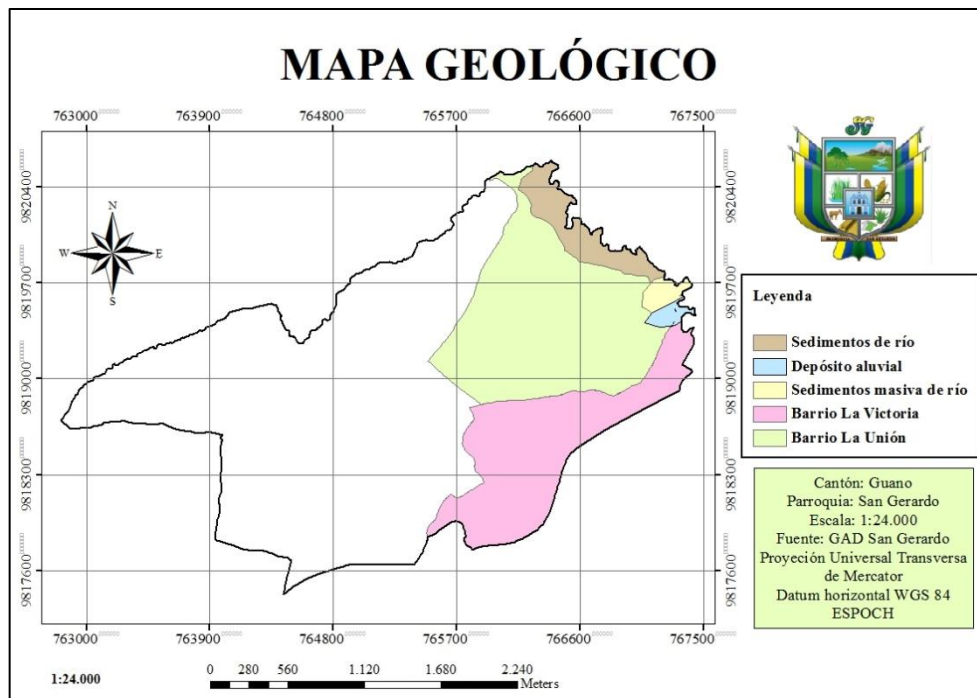


Gráfico 5-3: Mapa geológico
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Tipo de suelo

Luego de recorrer los sitios en estudio en varios puntos del sector se determinó dos tipos de suelo.

Un suelo húmico (tierra negra), por sus características de abundante materia orgánica, color oscuro, retención de gran cantidad de agua y su excelencia para el cultivo. También podemos encontrar suelos arcillosos por su alta retención de agua que ocasionalmente forma charcos debido a la presencia de fuertes lluvias. Este también es muy bueno para la agricultura.

Usos del suelo

En el recorrido realizado por el sector se pudo observar que el cultivo de maíz predomina en la zona, pues los moradores del lugar se dedican a su comercialización, seguidamente se puede apreciar parcelas con cultivos de frutilla, alfalfa, papas, tomate de árbol, quinua y ajo.

Anteriormente la totora también se cultivaba como materia prima para realizar esteras y comercializarlas en la ciudad de Riobamba siendo una fuente importante de ingresos para las familias del sector, sin embargo al pasar el tiempo este negocio fue decayendo y las personas del lugar dejaron de realizar esta actividad pero la totora aún sigue desarrollándose.

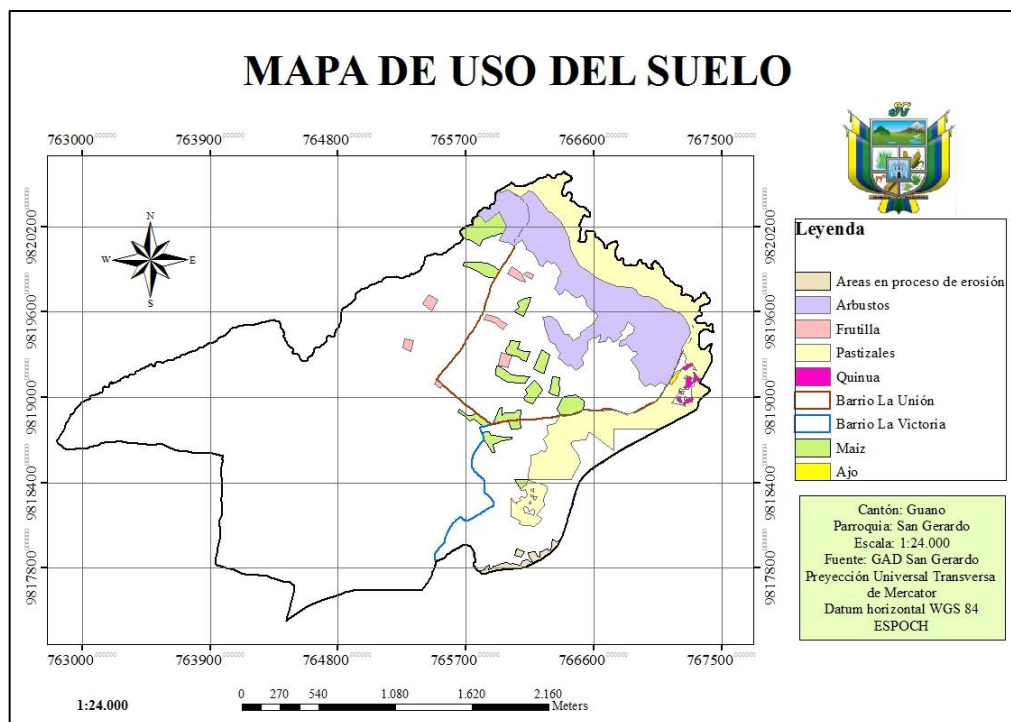


Gráfico 6-3: Mapa del uso del suelo
 Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.1.4 Descripción del medio biológico

3.1.4.1 Pisos climáticos

Los pisos climáticos en el Ecuador varían de acuerdo a la región. En la región Sierra podemos encontrar los siguientes pisos climáticos:

Tropical andino, subtropical andino, templado, frío y glacial.

Según la temperatura el clima del sector de estudio es **templado**, este se extiende por los flancos internos y externos de la cordillera de los Andes. Abarca las tierras comprendidas entre los 2500 y los 3200 m.s.n.m de altura. La mayoría de las capitales de provincias de la Sierra se ubica en él. La temperatura promedio está entre 12 y 20 °C.

A continuación se muestra las alturas del sector que van desde los 2500 m.s.n.m hasta los 2680 m.s.n.m.

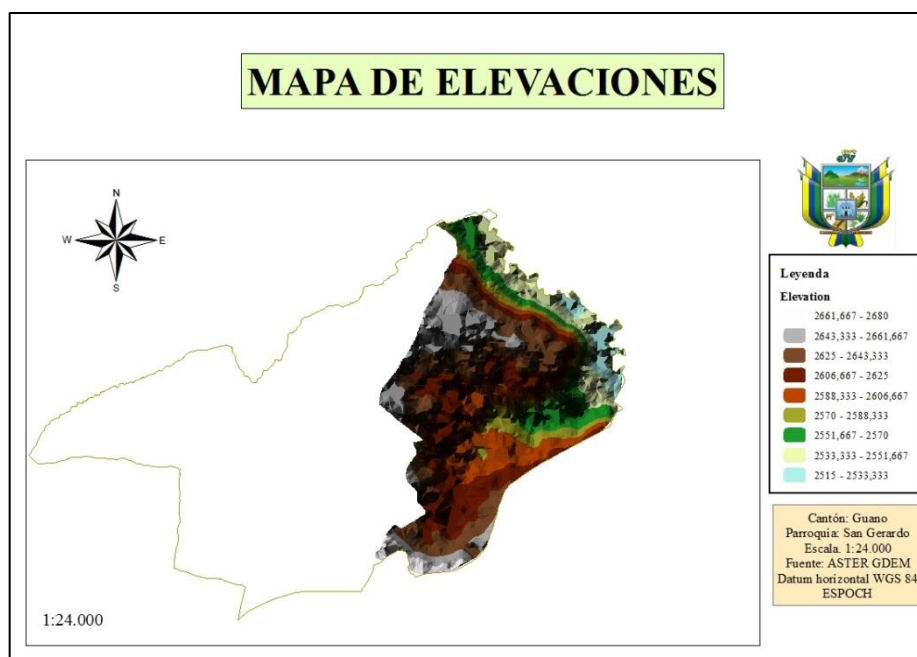


Gráfico 7-3: Mapa de elevaciones
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Flora

Tabla 4-3: Flora de la parroquia de San Gerardo

Nombre común	Nombre científico	Familia	Forma biológica
Arrayan	<i>Myrtus communis</i>	Myrtaceae	Arbórea
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	Faboideae	Herbácea
Apio	<i>Apium graveolens</i>	Apiaceae	Herbácea
Cabuya blanca	<i>Furcraea andina</i>	Agavaceae	Arbusto
Cabuya negra	<i>Agave americana</i>	Agavaceae	Arbusto
Capuli	<i>Prunus salicifolia</i>	Rosaceae	Arbócea
Carrizo	<i>Phragmites australis</i>	Poaceae	Trepadora
Chilca	<i>Baccharis latifolia</i>	Asteraceae	Arbusto
Ciprés	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Cupressaceae	Arbórea
Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	Medicinal
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	Myrtaceae	Arbórea
Guarango	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Fabaceae	Arbórea
Higuerrilla	<i>Ricinus communis</i>	Euphorbiaceae	Arbusto
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Poaceae	Maleza
Llantèn	<i>Plantago major</i>	Plantaginaceae	Herbácea
Malva	<i>Malva sylvestris</i>	Malvaceae	Herbácea
Manzanilla	<i>Chamaemelum nobile</i>	Asteraceae	Herbácea
Marco	<i>Ambrosia spp</i>	Asteraceae	Herbácea
Molle	<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae	Arbórea
Ortiga	<i>Urtica leptophylla</i>	Urticaceae	Herbácea

Paico	<i>Dysphania ambrosioides</i>	Amaranthaceae	Medicinal
Pino	<i>Pinus radiata</i>	Pinaceae	Arbórea
Retama	<i>Retama sphaerocarpa</i>	Fabaceae	Arbusto
Ruda	<i>Ruta graveolens</i>	Rutaceae	Herbácea
Sábila	<i>Aloe vera</i>	Xanthorrhoeaceae	Arbusto
Sauce	<i>Salix alba</i>	Salicaceae	Arbórea
Supirrosa	<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	Arbusto
Tоторa	<i>Schoenoplectus californicus</i>	Cyperaceae	Herbácea

Realizado por: Yadyra Lara, 2016
Fuente: GAD San Gerardo

Fauna silvestre

Tabla 5-3: Fauna silvestre de la parroquia de San Gerardo

Nombre común	Nombre científico	Familia	Tipo
Abejas	<i>Apis mellifera</i>	Apidae	Insecto
Chucuri	<i>Mustela frenata</i>	Mustelidae	Mamífero
Colibrí	<i>Colibri coruscans</i>	Trochilidae	Aves
Golondrina	<i>Hirundo rustica</i>	Hirundinidae	Aves
Gorrión	<i>Passer domesticus</i>	Passeridae	Aves
Guarro	<i>Caracara plancus</i>	Falconidae	Aves
Huiracchuro	<i>Pheucticus chrysopheplus</i>	Cardinalidae	Aves
Jilguero	<i>Carduelis carduelis</i>	Fringillidae	Aves
Lagartija	<i>Psammotromus hispanicus</i>	Lacertidae	Reptil
Mariposas	<i>Lepidoptera</i>		Insecto
Mirlo	<i>Turdus merula</i>	Turdidae	Aves
Mosquitos	<i>Culicidae</i>	Culicidae	Insecto
Murciélago	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Vespertilionidae	Mamífero
Paloma	<i>Columba livia</i>	Columbidae	Aves
Rana	<i>Pelophylax perezii</i>	Ranidae	Anfibio
Raposa	<i>Marmosa murina</i>	Didelphidae	Mamífero
Ratón	<i>Mus musculus</i>	Muridae	Mamífero
Tórtola	<i>Streptopelia risoria</i>	Columbidae	Aves
Zancudos	<i>Culicidae</i>	Culicidae	Insecto

Realizado por: Yadyra Lara, 2016
Fuente: GAD San Gerardo

Fauna doméstica

Tabla 6-3: Fauna doméstica de la parroquia de San Gerardo

Nombre común	Nombre científico	Familia	Tipo
Asno o burro	<i>Equus africanus asinus</i>	Equidae	Mamífero
Cerdo	<i>Sus scrofa domestica</i>	Suidae	Mamífero
Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Leporidae	Mamífero
Cuy	<i>Cavia porcellus</i>	Caviidae	Roedor doméstico
Gallo/Gallina	<i>Gallus gallus domesticus</i>	Phasianidae	Ave
Gansos	<i>Anser anser</i>	Anatidae	Ave
Oveja	<i>Ovis aries</i>	Bovidae	Mamífero
Toro/vaca	<i>Bos taurus</i>	Bovidae	Mamífero

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Fuente: GAD San Gerardo

3.1.5 Descripción del medio socioeconómico

Los habitantes de la parroquia de San Gerardo se dedican a varias actividades como agricultura, ganadería y producción textil. También existe producción artesanal en la cual está la fabricación de esteras, chimbos y canastas de carrizo.

La producción ganadera es importante en este lugar pues semanalmente se comercializa entre 10 y 15 cabezas de ganado. Entre las especies menores están cuyes, patos y gallinas que también se comercializan. La venta de leche es un eje significativo en la parroquia pues diariamente se saca al mercado entre 100 y 120 litros, cada litro de leche se lo vende a 0,30 centavos.

En lo que se refiere a la agricultura las personas del sector siembran y cultivan maíz, papas, frejol, frutilla, tuna entre especies frutales se puede encontrar limones, tomate de árbol, aguacates y capulí. En la producción textil varias familias se dedican a la manufactura de ropa deportiva como pantalonetas, calentadores, bermudas y camisetas.

3.2 Cálculos

Seguidamente luego del levantamiento de la línea base del sector se muestran los cálculos empleados para la determinar el caudal de cada una de las fuentes de agua.

Se utilizó el método del flotador para determinar el caudal de la acequia Balectus mientras que el método volumétrico se utilizó para la vertiente Calispogyo.

3.2.1 Caudal de la acequia Balectus

Método del flotador

3.2.1.1 Cálculo del área de las secciones de aforo

Los datos reportados se obtuvieron en los meses marzo, abril y mayo en época de invierno

Tabla 7-3: Datos para determinar al área de la acequia Balectus

Ancho (m)	Primera sección	Segunda sección	Tercera sección
	0,68	0,73	0,80
Profundidad (m)	0,25	0,21	0,39

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

$$\text{Área}_1 = \text{base} * \text{profundidad}$$

$$A_1 = (0,68 \text{ m} * 0,25 \text{ m})$$

$$A_1 = 0,17 \text{ m}^2$$

3.2.1.2 Cálculo del área

$$\text{Área promedio} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

$$A_p = \frac{(0,17 + 0,155 + 0,315) \text{ m}^2}{3}$$

$$A_p = 0.213 \text{ m}^2$$

3.2.1.3 Determinación del tiempo

Tabla 8-3: Datos para determinar el tiempo de la acequia Balectus

Nº de medición	Tiempo (s)
1	34
2	31
3	31
4	30
5	29
Promedio	31

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.2.1.4 Cálculo de la velocidad

Para determinar la velocidad de flujo se toma en cuenta la distancia que fue 10 m.

$$velocidad = \frac{Distancia}{Tiempo}$$

$$v = \frac{10 \text{ m}}{31 \text{ s}}$$

$$v = 0,32 \text{ m/s}$$

3.2.1.5 Cálculo del caudal

$$Caudal = \text{Área promedio} * velocidad * \text{factor de corrección}$$

$$Q = (0,213\text{m}^2 * 0,32 \text{ m/s} * 0,66)$$

$$Q = 0,0449 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = (0,0449 \text{ m}^3/\text{s}) * (1000 \text{ L/s})$$

$$Q = 44,9 \text{ L/s}$$

3.2.2 Caudal de la vertiente Calispogyo

Método volumétrico

Tabla 9-3: Datos para determinar el tiempo de la vertiente Calispogyo

Días	Tiempos (s)					Tiempo promedio (s)
1	18	15	10	20	21	16,8
2	19	19	14	18	21	18,2
3	10	15	21	22	14	16,4
4	17	14	12	18	16	15,4

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.2.2.1 Cálculo de tiempo promedio diario

Tiempo promedio de los cuatro días

$$\text{tiempo promedio total} = \frac{t_{p1} + t_{p2} + t_{p3} + t_{4p}}{4}$$

$$t_{pt} = \frac{(16,8 + 18,2 + 16,4 + 15,4) s}{4}$$

$$t_{pt} = 16,7 s$$

3.2.2.2 Cálculo del caudal

Volumen del recipiente 16 litros.

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

$$Q = \frac{16 L}{16,7 s}$$

$$Q = 0,958 L/s$$

$$Q = \left(0,985 \frac{L}{s}\right) * (64800 s)$$

$$Q = 63828 L/dia$$

3.3 Parámetros Físico - Químicos para determinar el WQI

Se presenta los cálculos realizados para obtener el resultado de los análisis físico-químicos de la acequia Balectus y la Vertiente Calispogyo.

3.3.1 Temperatura

Acequia Balectus

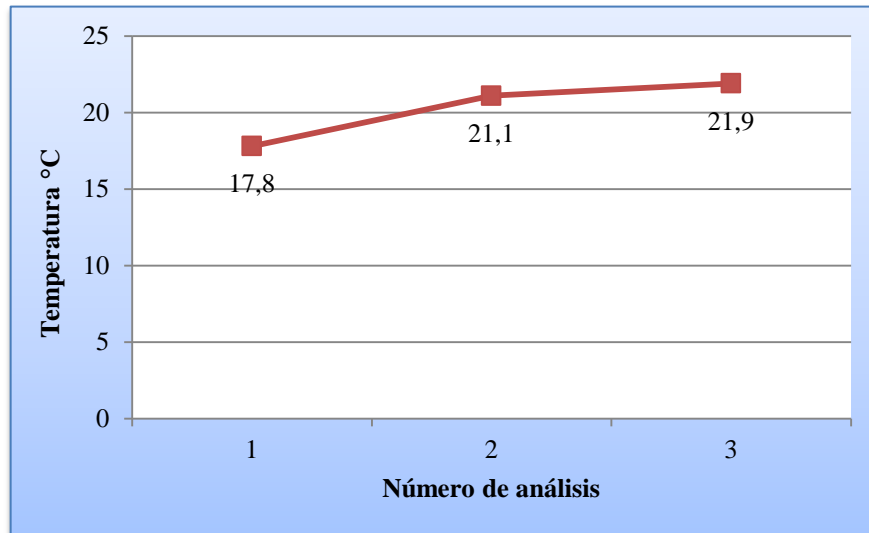


Gráfico 8-3: Variación de temperatura de la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Vertiente Calispogyo

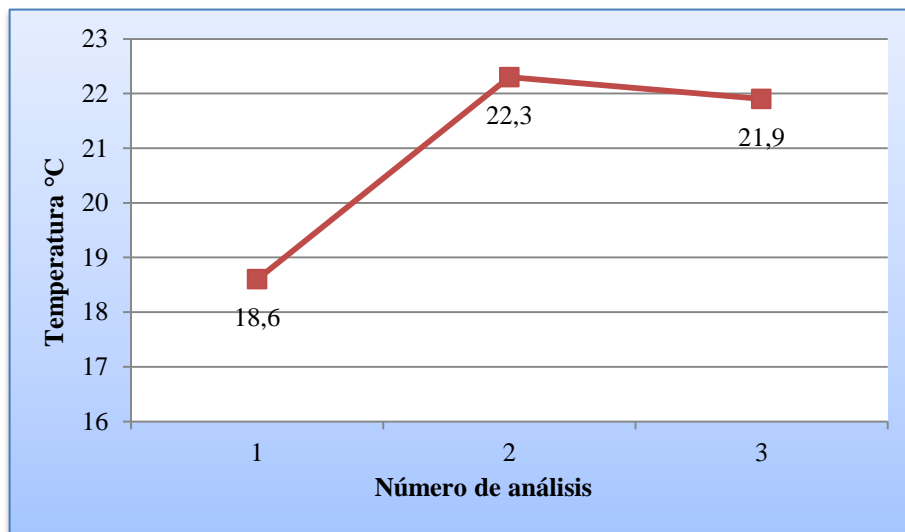


Gráfico 9-3: Variación de la temperatura de la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.3.1.1 Cambio de temperatura

Los cambios de temperatura en los 2 puntos de monitoreo se determinó tomando en cuenta la temperatura del agua y la temperatura ambiente de la siguiente manera.

Acequia Balectus

$$\text{Diferencia de la temperatura} = T_{\text{ambiente}} - T_{\text{agua}}$$

$$\Delta T = (19,2 - 17,8) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 1,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Vertiente Calispogyo

$$\text{Diferencia de la temperatura} = T_{\text{ambiente}} - T_{\text{agua}}$$

$$\Delta T = (19,2 - 18,6) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 0,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tabla 10-3: Variación entre la temperatura ambiente y las fuentes de agua

Punto	Temperatura ambiente	Temperatura del agua	Diferencia de temperatura
Acequia Balectus	19,2	17,8	1,4
	23,2	21,1	2,1
	24,1	21,9	2,2
Vertiente Calispogyo	19,2	18,6	0,6
	23,2	22,3	0,9
	24,1	21,9	2,2

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.3.2 Turbidez

Acequia Balectus

El siguiente gráfico muestra que el agua de la acequia tiene valores muy bajos de turbidez, ninguno de los análisis realizados muestra valores superiores a los 2 NTU, lo cual nos indica que el agua es transparente y presentan muy pocas partículas en suspensión.

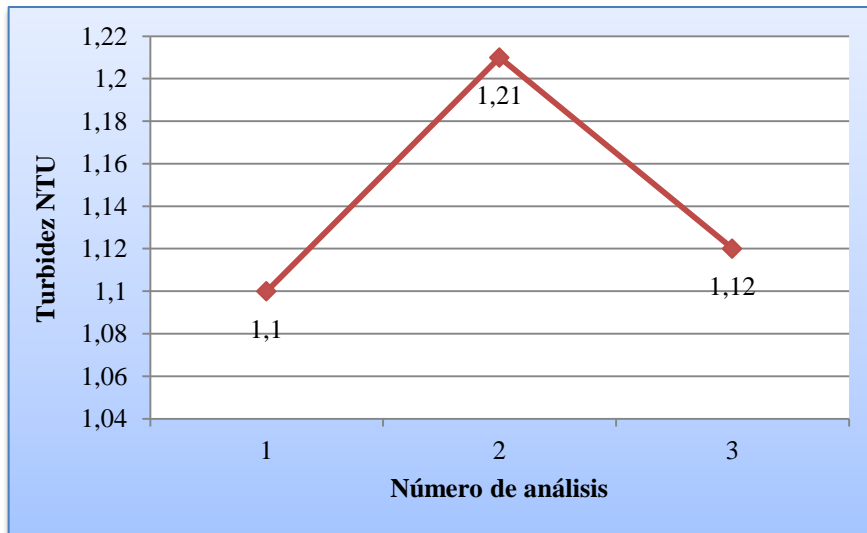


Gráfico 10-3: Variación de turbidez de la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Vertiente Calispogyo

En el caso de la vertiente los valores de turbiedad son inferiores 1 NTU haciendo que dentro de este parámetro el agua sea ideal para consumo.

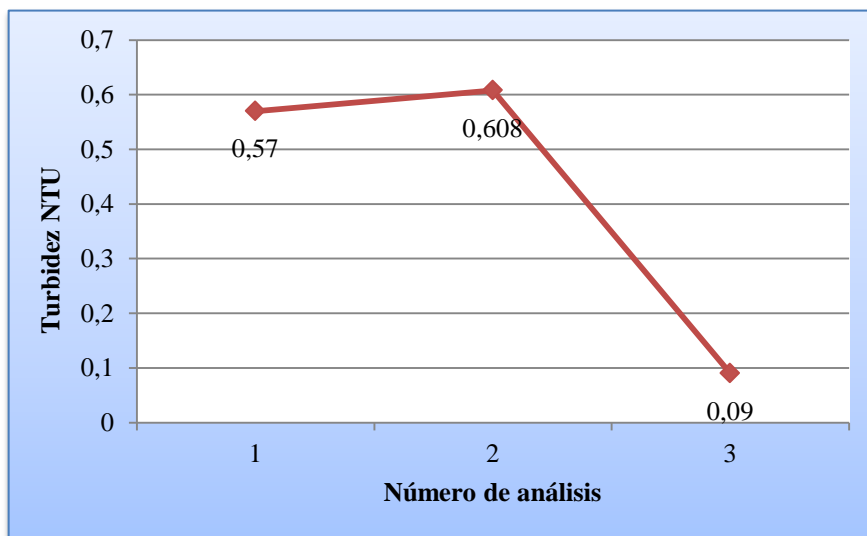


Gráfico 11-3: Variación de turbidez de la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.3.3 pH

Los valores de pH de las dos fuentes de agua se encuentran dentro de los límites máximos permisibles que son entre 6 y 9.

Acequia Balectus

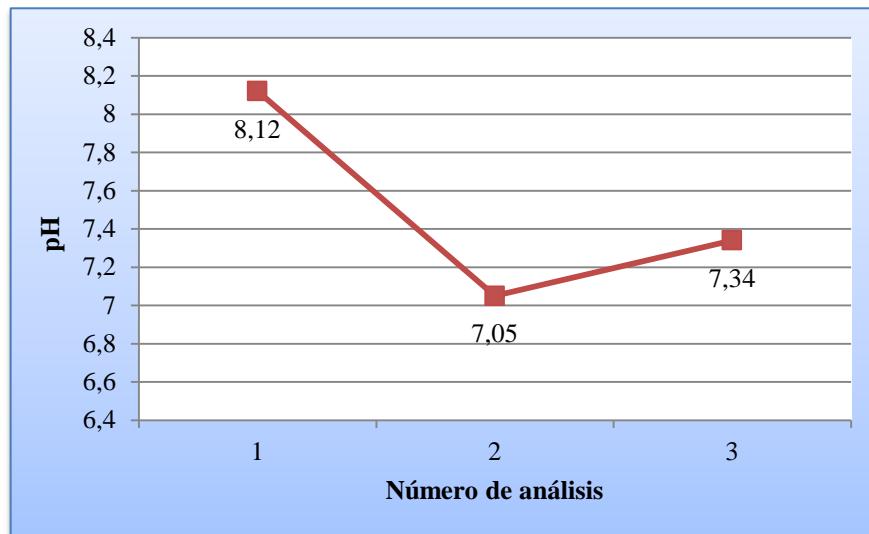


Gráfico 12-3: Variación de pH de la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Vertiente Calispogyo

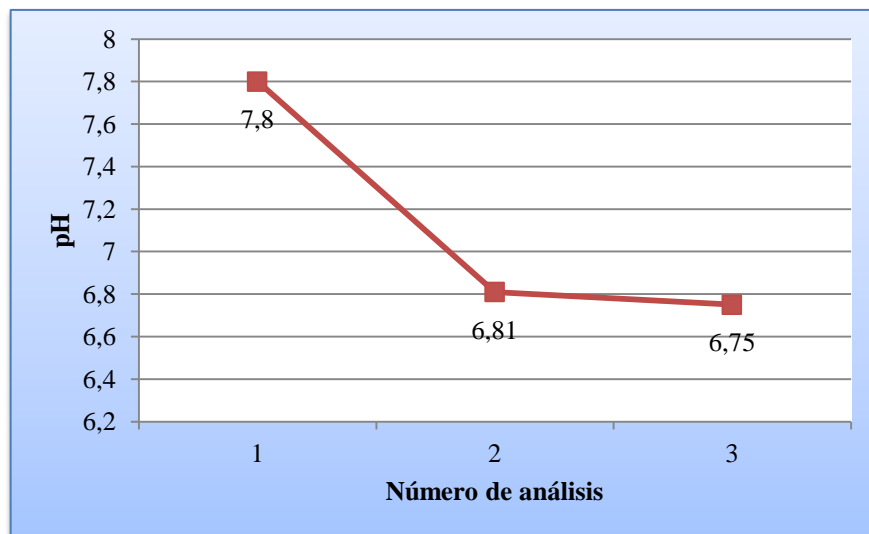


Gráfico 13-3: Variación de pH de la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.3.4 Fosfatos

Los fosfatos muestran valores muy bajos por lo que la calidad del agua no se verá afectada en ninguna de las dos fuentes de agua.

Acequia Balectus

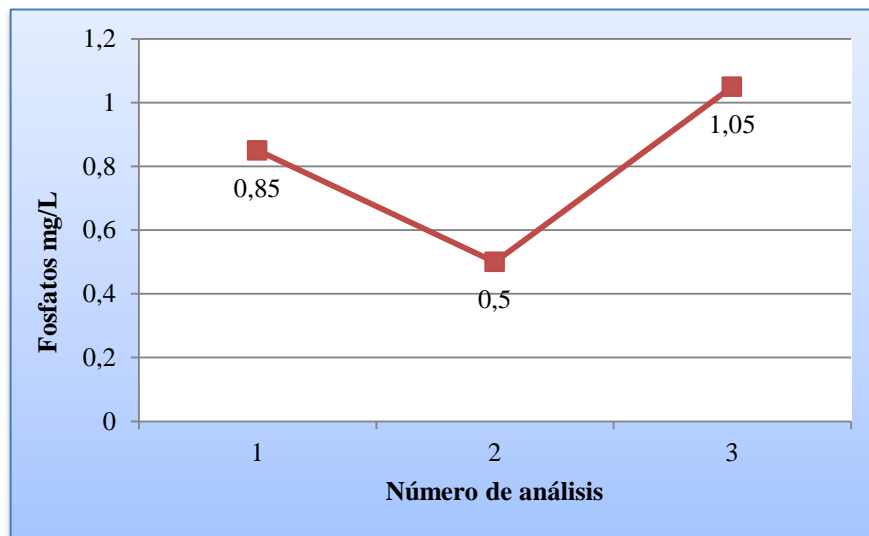


Gráfico 14-3: Variación de fosfatos de la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Vertiente Calispogyo

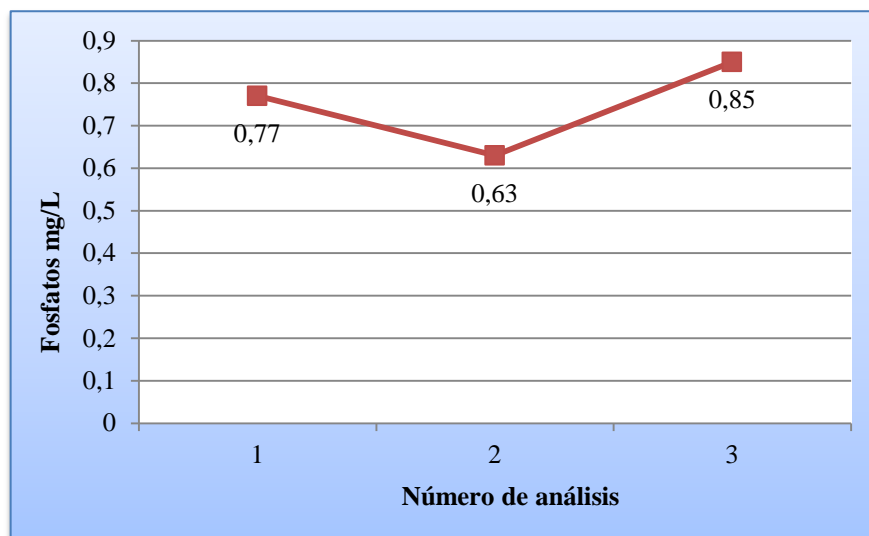


Gráfico 15-3: Variación de fosfatos de la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.3.5 Nitratos

Las concentraciones de nitratos en el agua están por debajo de los valores máximos permisibles por lo que no afecta la calidad del agua de las fuentes de agua.

Acequia Balectus

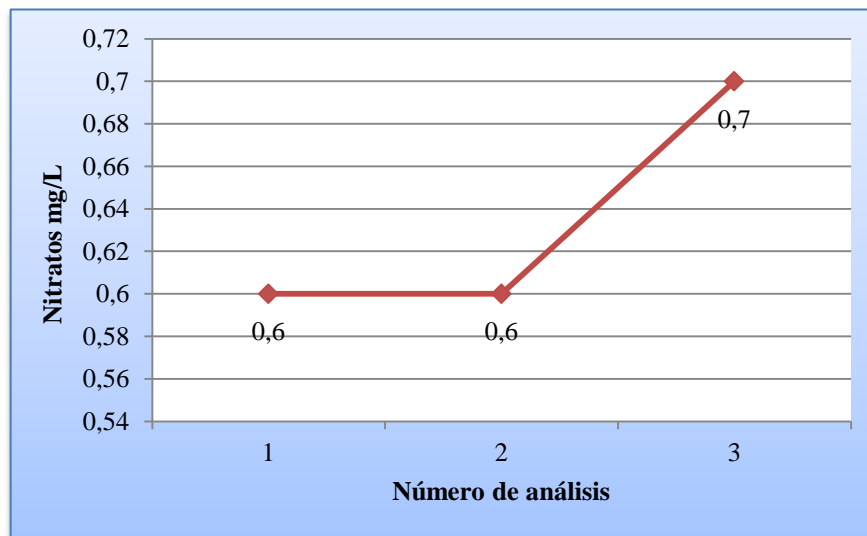


Gráfico 16-3: Variación de nitratos de la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Vertiente Calispogyo

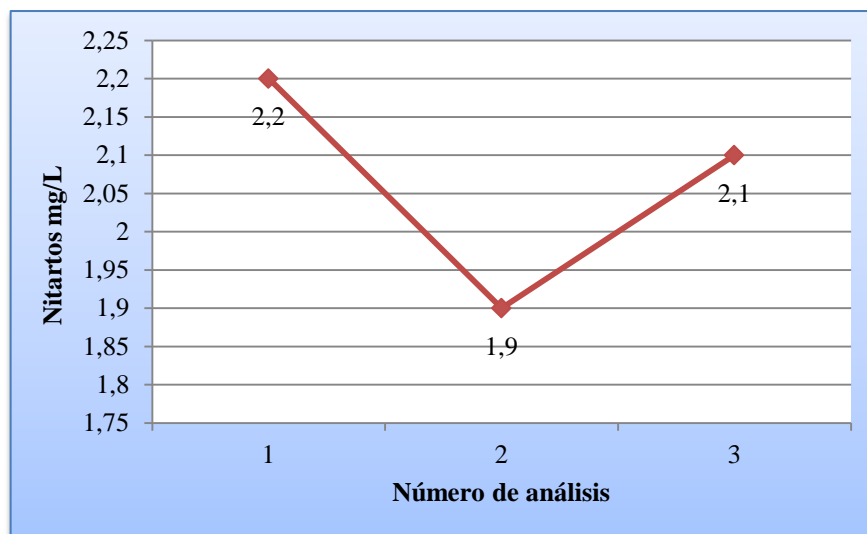


Gráfico 17-3: Variación de nitratos de la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.3.6 Sólidos totales

Acequia Balectus

Los sólidos totales en la acequia Balectus son mayores que de la vertiente Calispogyo, sin embargo sus valores están por debajo de los límites máximos permisibles.

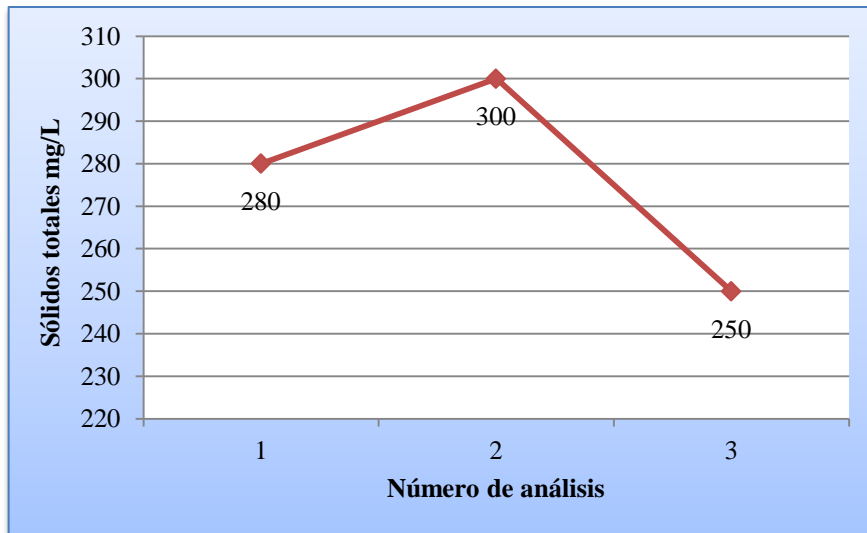


Gráfico 18-3: Variación de los ST de la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Vertiente Calispogyo

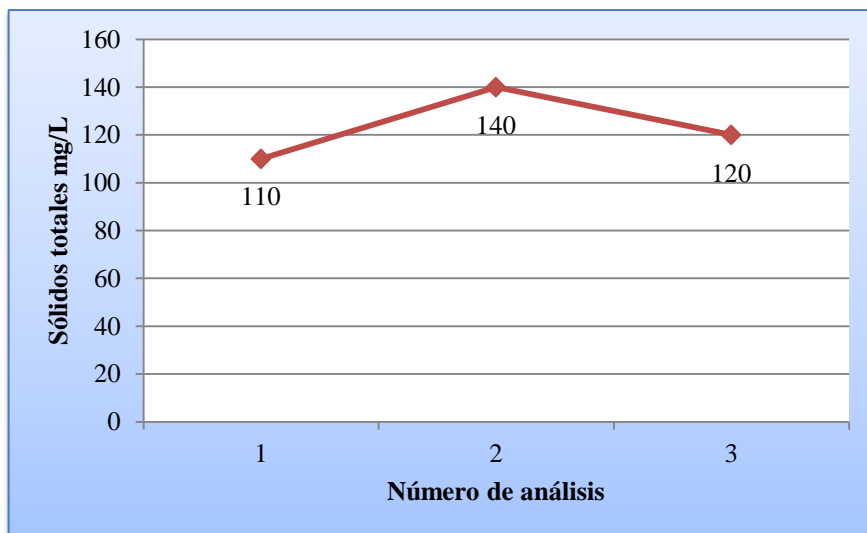


Gráfico 19-3: Variación de los ST de la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.3.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)

La DBO_5 de las dos fuentes de agua son cero pues no existe presencia de materia orgánica.

3.3.8 Oxígeno disuelto

Las concentraciones de oxígeno disuelto presente en las dos fuentes de agua son adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.

Acequia Balectus

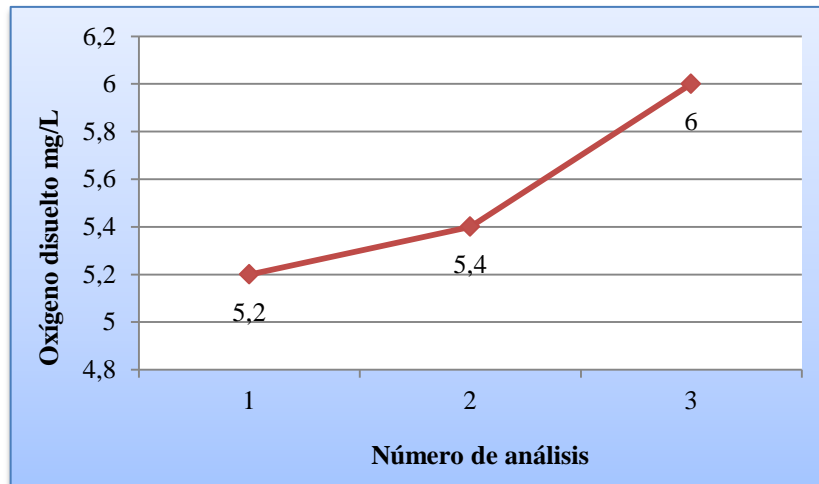


Gráfico 20-3: Variación de OD en la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Vertiente Calispogyo

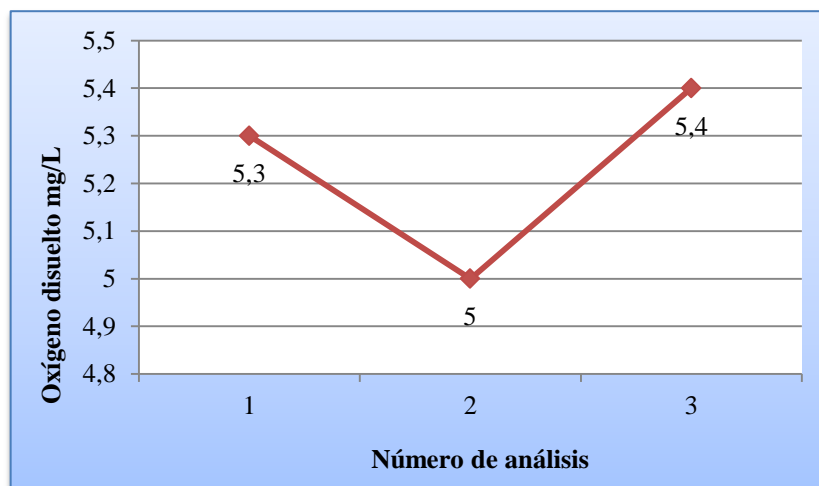


Gráfico 21-3: Variación de OD de la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.3.9 Coliformes fecales

Acequia Balectus

La acequia Balectus presenta gran cantidad de UFC, eso se debe principalmente a que los moradores del sector pastan diariamente a borregos y vacas.

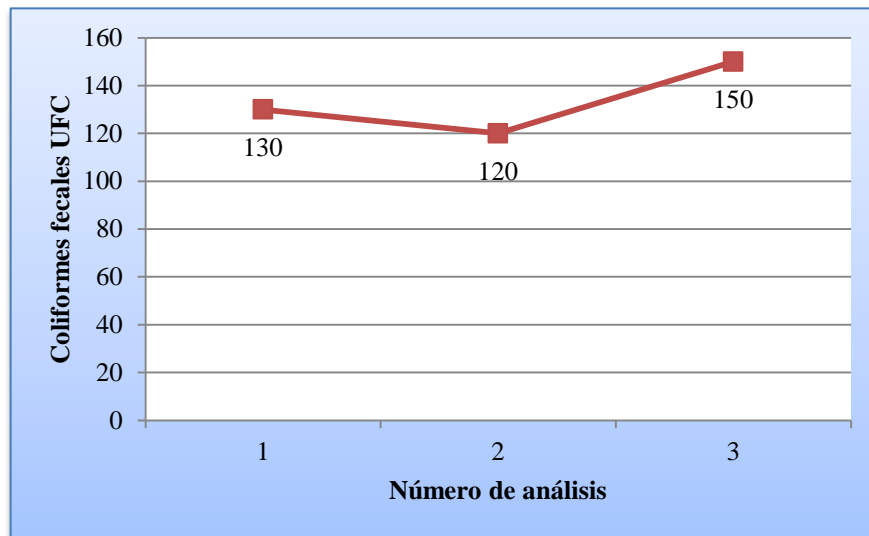


Gráfico 22-3: Variación de coliformes fecales de la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Vertiente Calispogyo

En vertiente Calispogyo se encontró presencia coliformes fecales lo cual es un riesgo para los moradores del sector ya que esta agua la utilizan para beber y cocinar.

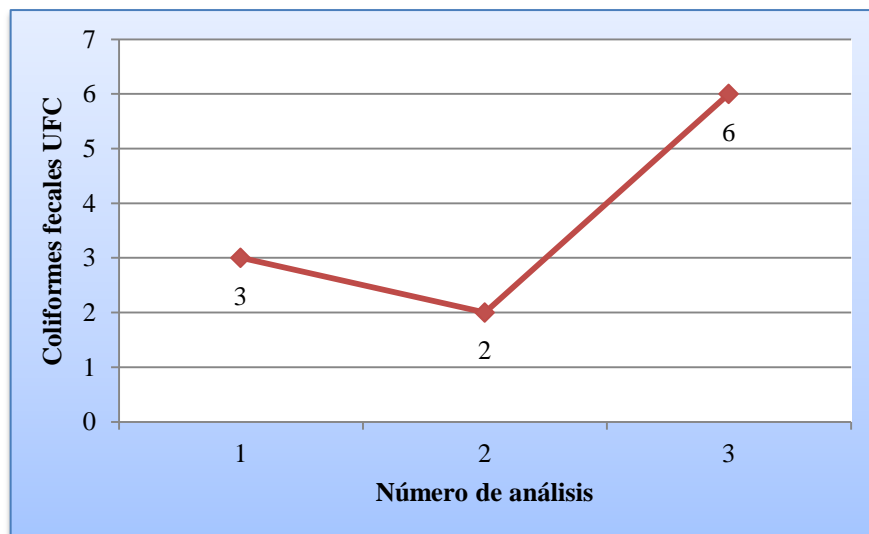


Gráfico 23-1: Variación de coliformes fecales de la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

3.4 Índice WQI

Luego de realizados los análisis en el laboratorio se determinó el índice de la calidad del agua (WQI) para lo cual se emplearon las siguientes tablas de cálculo:

Tabla 11-3: Resultado de Índice de Calidad de Agua (WQI) de la acequia Balectus

Parámetros	Unidades	Peso (W)	Valor del análisis	I	W*I
Oxígeno disuelto	% Saturación	0,17	40	30	5,1
Coliformes fecales	UFC/100 mL	0,16	150	45	7,2
pH	pH	0,11	8,12	83	9,13
DBO ₅	mg/L	0,11	0	100	11
Cambio de temperatura	°C	0,1	1,4	91	9,1
Fosfatos	mg/L	0,1	0,85	53	5,3
Nitratos	mg/L	0,1	0,6	73	7,3
Turbidez	NTU	0,08	1,51	97	7,76
Sólidos totales	mg/L	0,07	280	60	4,2
INDICE DE CALIDAD DEL AGUA					70,65
CALIDAD MEDIA O REGULAR					

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Vertiente Calispogyo

Tabla 12-3: Resultados de Índice de Calidad de Agua (WQI) de la vertiente Calispogyo

Parámetros	Unidades	Peso (W)	Valor del análisis	I	W*I
Oxígeno disuelto	% Saturación	0,17	40	30	5,1
Coliformes fecales	UFC/100 mL	0,16	4	84	13,44
pH	pH	0,11	7,8	88	9,68
DBO ₅	mg/L	0,11	0	100	11
Cambio de temperatura	°C	0,1	0,6	93	9,3
Fosfatos	mg/L	0,1	0,77	58	5,8
Nitratos	mg/L	0,1	2,2	90	9
Turbidez	NTU	0,08	0,57	98	7,84
Sólidos totales	mg/L	0,07	110	85	5,95
INDICE DE CALIDAD DEL AGUA					75,65
CALIDAD BUENA					

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

El WQI tendrá un valor igual o cercano a 0% si la situación del recurso hídrico es altamente contaminada, mientras que tendrá un valor del 100% si presenta condiciones óptimas.

Tabla 13-3: Promedio de Índice de Calidad de Agua (WQI)

Fuente de agua	Abril	Mayo	Junio	Promedio WQI
Acequia Balectus	70,65	65,76	67,85	68,1
Vertiente Calispogyo	75,65	73,9	71,8	73,8

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

La tabla 13-3 indica la variación de Calidad de Agua en cada análisis realizado tanto en la acequia Balectus y la vertiente Calispogyo, los valores de la acequia van desde 65 hasta 70 manteniéndose en el rango de 51 a 70 clasificando a la acequia en una Calidad Regular, mientras que la vertiente mantiene valores que van desde 71 hasta 76 clasificando el agua de Buena Calidad.

La calidad “Regular” generalmente evidencia mayor actividad humana generalmente de aspecto doméstico, una calidad “Buena” revela que no existe una actividad antrópica considerable principalmente porque la fuente Calispogyo es subterránea.

Luego de haber separado los 9 parámetros para establecer numéricamente la Calidad de Agua de las fuentes de agua en estudio se graficó los demás parámetros analizados en laboratorio.

Color

La acequia Balectus presenta una mínima coloración amarilla debido a la presencia de sólidos totales, mientras que la vertiente Calispogyo no presenta ningún tipo de coloración.

Sulfatos

Acequia Balectus

La acequia Balectus presenta una cantidad elevada de sulfatos esto se debe a que en el lugar existe gran cantidad de totora.

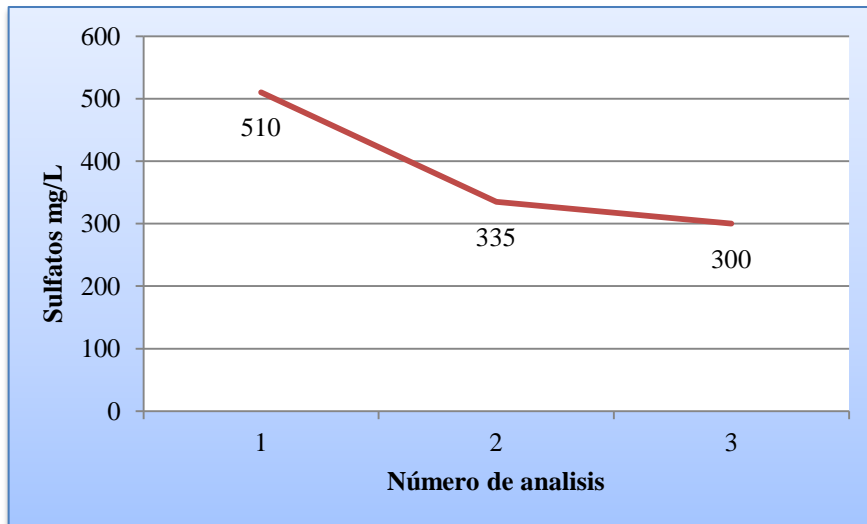


Gráfico 24-3: Variación de sulfatos de la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Vertiente Calispogyo

La vertiente no presenta una cantidad elevada en relación a la tabla 1 del acuerdo ministerial 028.

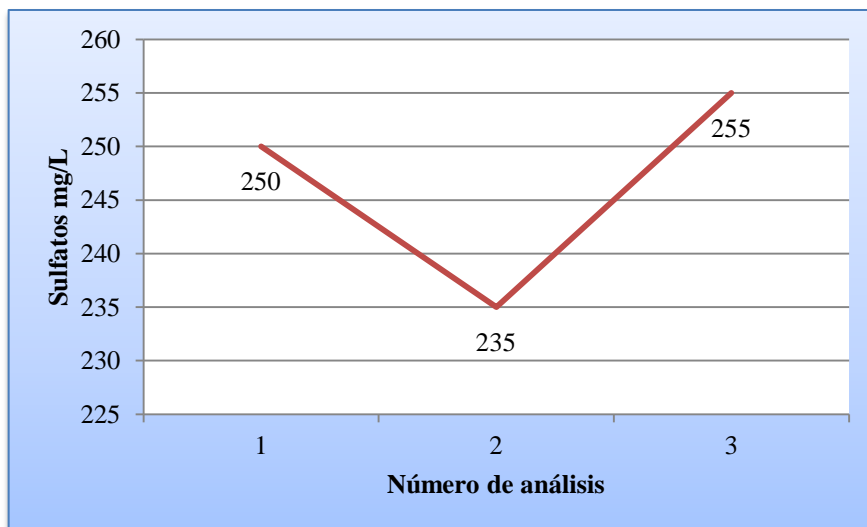


Gráfico 25-3: Variación de sulfatos en la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Fluoruros

La presencia de fluoruros en las dos fuentes de agua es elevada en relación a lo que establece la Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico que requieren tratamiento convencional del Acuerdo Ministerial 028.

Acequia Balectus

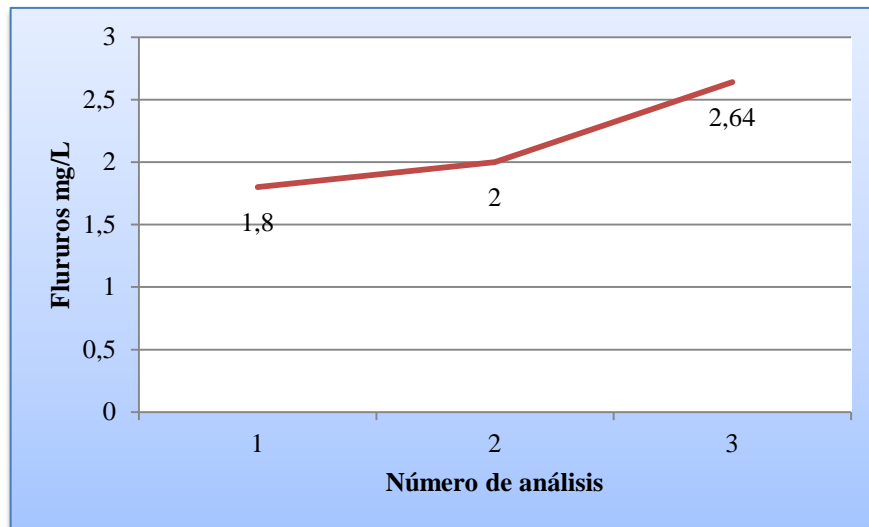


Gráfico 26-3: Variación de fluoruros en la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Vertiente Calispogyo

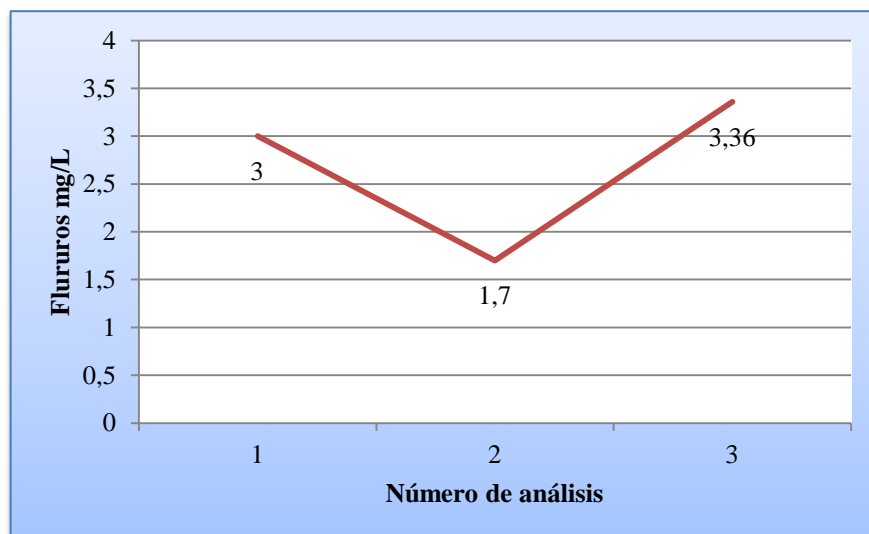


Gráfico 27-3: Variación de fluoruros de la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Hierro

Los valores de hierro son muy bajos por lo que no representan un problema en las fuentes de agua.

Turbiedad

La turbiedad de las dos fuentes de agua es baja y no representa problemas en el agua.

Finalmente al obtener el resultado de todos los parámetros antes mencionados se realizó una comparación con el Acuerdo Ministerial 028.

3.5 Comparación con el Acuerdo Ministerial 028.

Comparación con la Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico que requieren tratamiento convencional del Acuerdo Ministerial 028. (ANEXO E)

Tabla 14-3: Comparación de los datos obtenidos con la tabla 1 del AM 028

Parámetro	Balectus			Calispogyo			Unidades
	Primero	Segundo	Tercero	Primero	Segundo	Tercero	
pH	8,12	7,05	7,34	7,8	6,81	6,75	
Color	9	43	1	1	13	1	Pt/Co
Dureza	960	720	840	640	480	600	mg/L
Sulfatos	510	335	300	250	235	255	mg/L
Fluoruros	1,8	2,0	2,64	3	1,7	3,36	mg/L
Hierro	0,02	0,3	0,12	0,01	0,02	<1	mg/L
C. fecales	130	120	150	4	2	6	NMP/100ml
C. totales	2000	Incontable	4272	600	Incontable	2502	NMP/100ml
DBO ₅	0	15	0	0	9	0	mg/L
DQO	1	48	0,2	1	24	1	mg/L
Turbiedad	1,1	1,21	1,12	0,57	0,608	0,09	NTU

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

La Tabla 1 del Acuerdo Ministerial 028 nos indica que el valor de los fluoruros es únicamente de 1,5 mg/L y el valor de los sulfatos es de 250 mg/L. La acequia Balectus presenta un promedio de 2,15 mg/L, mientras que la vertiente Calispogyo presenta un promedio de 2,7 mg/L para los fluoruros.

Las dos fuentes de agua exceden el valor límite máximo permisible, en el caso de la vertiente Calispogyo el exceso de fluoruros provoca severos daños dentales (fluorosis dental o caries de

dentina) en la población del sector, los sulfatos presentes en la acequia Balectus provocan diarreas en los animales sin embargo su organismo se adapta a concentraciones poco elevadas.

Comparación con la tabla 4 y 5

Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego (ANEXO F)

Tabla 15-3: Comparación de los resultados obtenidos con la tabla 4 y 5 del AM 028

Parámetro	Balectus			Calispogyo			Unidades
	Primero	Segundo	Tercero	Primero	Segundo	Tercero	
pH	8,12	7,05	7,34	7,8	6,81	6,75	
Conductividad	0,96	1,17	1,3	0,67	0,89	0,92	mS/cm
Salinidad	0,5	0,6	0,6	0,3	0,4	0,4	
STD	510	620	690	360	470	490	mg/L
Alcalinidad	440	400	500	360	300	300	mg/L
Dureza	960	720	840	640	480	600	mg/L
Color	9	43	1	1	13	1	Pt/Co
Nitratos	0,6	0,6	0,7	2,2	1,9	2,1	mg/L
Sulfatos	510	335	300	250	235	255	mg/L
Fluoruros	1,8	2,0	2,64	3	1,7	3,36	mg/L
Hierro	0,02	0,3	0,12	0,01	0,02	<1	mg/L
C. fecales	130	120	150	4	2	6	NMP/100 ml
C. totales	2000	Incontable	4272	600	Incontable	2502	NMP/100 ml
DBO ₅	0	15	0	0	9	0	mg/L
DQO	1	48	0,2	1	24	1	mg/L
Cloruros	1,2	1,16	1,28	0,91	1,31	0,84	meq/L
Turbiedad	1,1	1,21	1,12	0,57	0,608	0,09	NTU

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

La tabla 4: Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego y Tabla 5: Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego nos indican los valores límites permisibles para aguas de riego, en el caso de la vertiente Calispogyo los valores de conductividad, salinidad y ST están dentro de los valores establecidos.

En el caso de la acequia Balectus los valores de conductividad son mayores y eso provoca que los suelos del sector presenten salitre, los ST están elevados al igual que los sulfatos que son los causantes de las diarreas que se dan en los niños, adultos mayores y animales.

3.6 Análisis estadístico

3.6.1 Análisis

Test Fisher

Para analizar los resultados se aplicó el Test Fisher para varianza de dos muestras con el fin de valorar si hay diferencias significativas entre los dos grupos de datos.

Tabla 16-3: Variabilidad entre la acequia Balectus y la vertiente Calispogyo

Fuentes de agua	Balectus			Calispogyo			Varianzas	
	1	2	3	1	2	3	Test F	Decisión
pH	8,12	7,05	7,34	7,8	6,81	6,75	0,88074	NS
Temperatura	17,8	21,1	21,9	18,6	22,3	21,9	0,466	NS
Conductividad	0,96	1,17	1,3	0,67	0,89	0,92	0,387	NS
Salinidad	0,5	0,6	0,6	0,3	0,4	0,4	0,5	NS
STD	280	300	250	110	140	120	0,373096	NS
Color	9	43	1	1	13	1	0,08802	SIG*
Fosfatos	0,85	0,5	1,05	0,77	0,63	0,85	0,137931	NS
Nitratos	0,6	0,6	0,7	2,2	1,9	2,1	0,125	NS
Sulfatos	510	335	300	250	235	255	0,008486	SIG**
Dureza	960	720	840	640	480	600	0,325	NS
Alcalinidad	440	400	500	360	300	300	0,321429	NS
Calcio	160	80	83,2	128	224	96	0,316149	NS
Flúor	1,8	2	2,64	3	1,7	3,36	0,201592	NS
Hierro	0,02	0,3	0,12	0,01	0,02	0,01	0,001653	SIG**
C. fecales	130	120	150	4	2	6	0,0168	SIG *
DQO	1	48	0,2	1	24	1	0,190545	NS
O. disuelto	5,2	5,4	6	5,3	5	5,4	0,2	NS
Turbiedad	1,1	1,21	1,12	0,57	0,608	0,09	0,04118	SIG *
Cloruros	42,43	41,16	45,41	32,45	46,83	29,8	0,0536	NS
P<0,001***; p<0,01**; p<0,05*								
Grupo A		Grupo B						

Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Los resultados estadísticos obtenidos muestran lo siguiente:

El grupo A no presentan una diferencia estadísticamente significativa de variabilidad por lo tanto las dos fuentes de agua presentan concentraciones similares de hierro y sulfatos, mientras que el grupo B estadísticamente presenta una mayor variabilidad, esto quiere decir que el agua de la acequia Balectus muestra concentraciones más altas de coliformes totales, color, y turbiedad que la vertiente Calispogyo.

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA

4.1 Introducción

4.1.1 Antecedentes

La acequia Balectus y la vertiente Calispogyo se localizan en los barrios La Victoria y La Unión respectivamente, ambos barrios tienen una población de 757 habitantes que conforman 207 familias, todas estas personas tienen una disponibilidad hídrica limitada a pesar de que las dos fuentes de agua poseen un caudal abundante diariamente.

El Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de San Gerardo no sostiene las necesidades y requerimientos adecuados de demanda de servicios básicos como agua potable y saneamiento, esto se debe básicamente a dos motivos muy fuertes; el primero a la presencia de varios impactos ambientales ocasionados por el viejo sistema de alcantarillado y la presencia de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos arrojados en las vías principales; el segundo se debe al criterio equivocado y mezquino de otros habitantes de la parroquia los cuales aducen que el agua de las dos fuentes son exclusivamente de un grupo determinado y nadie más puede acceder a este recurso.

El 6 de agosto de 2014 la Asamblea Nacional del Ecuador aprueba *la LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA* en la cual se establecen lo siguiente:

- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.
- Garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir.

- Se prohíbe toda forma de privatización del agua, por su trascendencia para la vida, la economía y el ambiente.
- 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.
- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. Ninguna persona puede ser privada y excluida o despojada de este derecho.
- Todas las personas ejercerán el derecho humano al agua en condiciones de igualdad.
- El derecho humano al agua implica el libre acceso y uso del agua superficial o subterránea para consumo humano.
- El uso del agua es prioritario para consumo humano, animal y riego que garantice la soberanía alimentaria.

De la misma manera esta Ley establece las siguientes medidas de protección al recurso hídrico.

- El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua.
- La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida.
- Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad.
- Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración.
- Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida.

4.2 Problemática

El desperdicio de agua de la acequia Balectus y de la vertiente Calispogyo se ha dado durante varios años, diariamente la acequia Balectus genera 3879,4 m³/d y la vertiente Calispogyo 85,10 m³/d, sin embargo en el caso de la vertiente Calispogyo solo el 25% de agua se utiliza para consumo humano, el 75 % restante fluye a través de un pequeño canal. A más de esto la ubicación de la vertiente limita su uso ya que los barrios que buscan beneficiarse encuentran a mayor altura por lo que es necesario utilizar una bomba.

En el caso de la acequia Balectus el agua es utilizada para riego uno o dos días a la semana ya que el resto del tiempo pasa desperdiciándose en una única propiedad provocando que el agua no fluya por toda la acequia y no llegue a las demás parcelas.

4.3 Objetivos

General

- Plantear una propuesta para optimizar el uso y aprovechamiento de la acequia Balectus y la vertiente Calispogyo

Específicos

- Optimizar el uso de la vertiente Calispogyo en distintas actividades diarias de los habitantes del sector.
- Aprovechar el caudal permanente de la acequia Balectus para actividades agrícolas y ganaderas.
- Proponer medidas de cuidado y conservación para mejorar las condiciones actuales de la acequia Balectus y vertiente Calispogyo.
- Plantear alternativas para mejorar las características físicas y químicas de las dos fuentes de agua.

4.4 Desarrollo de la Propuesta

4.4.1 Alternativas de uso de las fuentes de agua

VERTIENTE CALISPOGYO

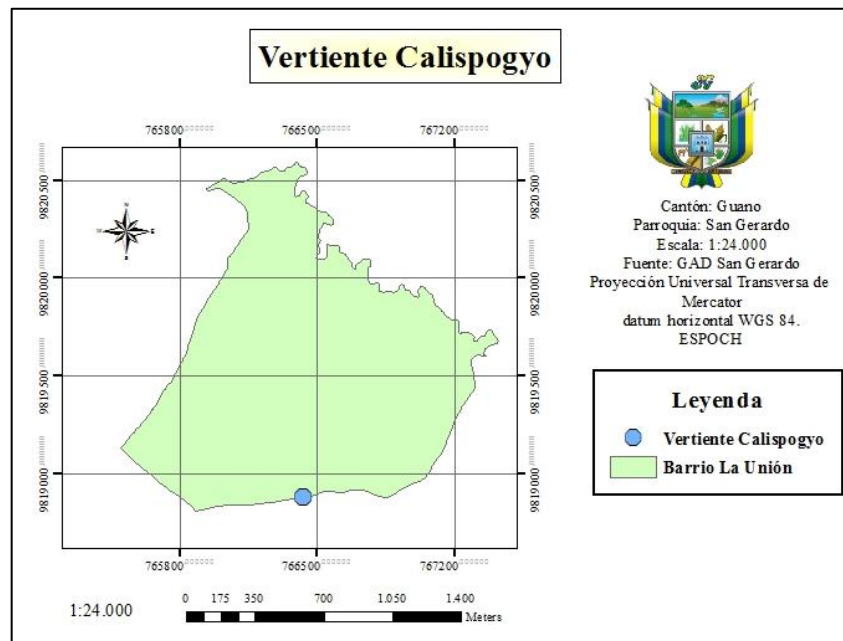
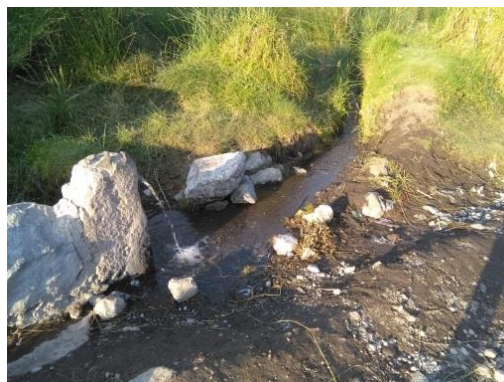


Gráfico 1-4: Ubicación de la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

Actualmente la vertiente Calispogyo genera una caudal medio diario de $85,10 \text{ m}^3/\text{d}$, de esta cantidad el 25% es utilizado para abastecer a una parte de la población de la parroquia de San Gerardo el 75% restante cae directamente al suelo y produce un pequeño canal por donde se va el agua.



Fotografía 1-4: Caída de agua de la vertiente Calispogyo
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

El 75% de agua es 63,82 m³/d, esta cantidad de agua se la podría utilizar de la siguiente manera:

Uso 1.- El 58% del agua se la puede utilizar para abastecer a las 207 familias del barrio la Victoria y del barrio La Unión que carecen de agua para consumo humano. El porcentaje destinado a este sector sería 49 m³/d que es un caudal importante y suficiente para evitar que las personas sigan comprando agua a los tanqueros.

Para llevar el agua de la vertiente Calispogyo es necesario utilizar una bomba, está debe ser seleccionada de acuerdo a la altura que va a llevar el agua, a las características del agua y a su caudal.

Es importante mencionar que el agua de esta vertiente no cumple con todos los requisitos para ser agua potable, ya que los análisis de laboratorio se encontró que los fluoruros tienen una concentración elevada que provocan problemas en la salud bucal en la población del lugar, por lo que es necesario aplicar un tratamiento químico.

Uso 2.- El 3% (2553 L/día) del caudal de esta vertiente se lo puede utilizar para la agricultura (riego).

De esta fuente de agua dependen 6 terrenos, los mismos que pueden ser regados en turnos diarios de la siguiente manera:

- Dos terrenos diarios uno en la mañana y otro en la tarde (de 6 am a 12 am - 12 am a 6 pm); regándolos dos veces por semana.

Uso 3. Otro 4% de todo este caudal se lo puede utilizar para la piscicultura (truchas), recordemos que esta clase de peces necesitan agua de forma constante y 3404 L/día será suficiente para mantenerlos vivos y garantizar la producción de estos animales.

Uso 4. Otro 4% se lo puede emplear para lavar ropa, teniendo en cuenta que para uso del agua en este aspecto se debe construir lavanderías adecuadas que no provoquen daño ambiental.

Uso 5. Finalmente el 1% restante se lo puede destinar para abrevadero de los animales en un tanque especial.

Los usos antes mencionados aprovecharían el 95% del agua generada por la vertiente Calispogyo, el 5% (4255 L/día) no se lo utilizara y se mantendrá como el caudal ecológico para garantizar la subsistencia de esta fuente hídrica.

Nota.- Para que el agua de la vertiente Calispogyo sea completamente segura para consumo humano, riego y producción piscícola se debe de aplicar un tratamiento químico (floculación) previo a su distribución.

ACEQUIA BALECTUS

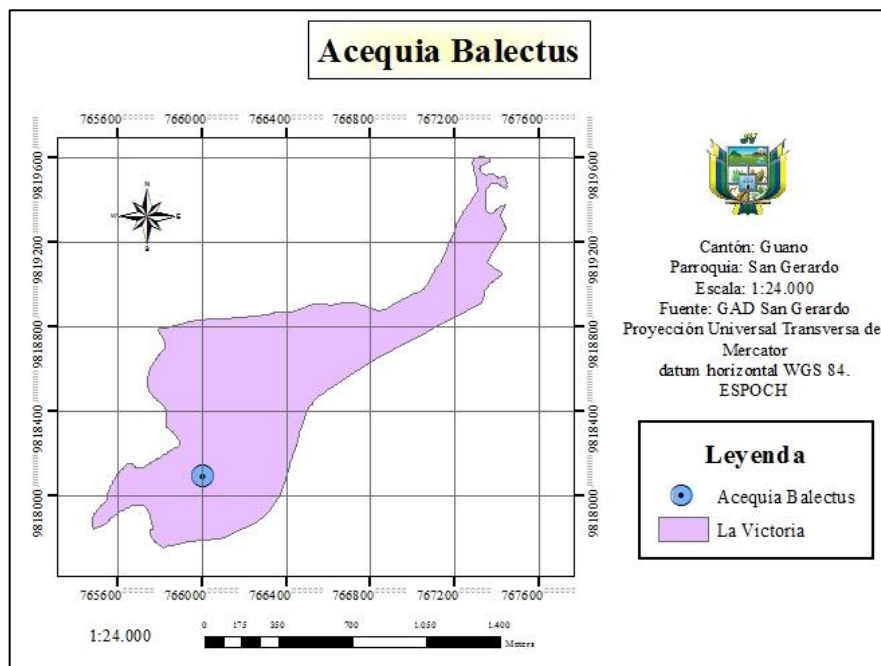


Gráfico 2-4: Ubicación de la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara, 2016

El caudal de esta fuente de agua es más grande que la vertiente Calispogyo, sin embargo por sus características en esta fuente es necesario primero aplicar un tratamiento que baje la concentración de sulfatos y fluoruros para utilizarla en la agricultura, como abrevadero de animales, producción piscícola u otro tipo de industria. La acequia Balectus tiene un caudal diario de 3879,4 m³/d. y el 85% de este caudal será utilizado para la agricultura.

De esta fuente de agua dependen 150 hectáreas sin embargo no todas pueden ser regadas ya que existe una mala distribución del agua y los periodos de limpieza no son los adecuados.



Fotografía 2-4: Mala distribución de agua de la acequia Balectus
Realizado por: Yadyra Lara

La cantidad de agua que se necesita por hectárea de terreno varía de acuerdo al tipo de cultivo, sin embargo se hará las siguientes referencias:

- Una hectárea de alfalfa necesita entre 60 y 70 m³/d de agua en verano.
- Una hectárea de maíz necesita entre 42 y 45 m³/d de agua en verano.

Los terrenos de la población beneficiada presentan cultivos de papas, maíz, alfalfa y árboles frutales; los terrenos varían en tamaño por lo que los horarios de regadío se darán de la siguiente manera:

- Los terrenos muy pequeños podrán ser regados 1 hora y media desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde los días martes, jueves, y domingo.
- Los terrenos medianos tendrán 4 horas desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde los días lunes y miércoles.
- Los terrenos grandes tendrán 4 horas desde las 6 de la mañana hasta las 6 de la tarde los días martes, jueves y viernes.

Es importante mencionar que el riego por surcos consume más agua que el riego por goteo, por lo mismo se recomienda implementar este sistema a los moradores del sector.

El 5% será utilizado para abrevadero de los animales y el 5% restante será utilizado para la producción piscícola (truchas).

4.4.2 Medidas de conservación y protección

VERTIENTE CALISPOGYO

1. Se debe evitar el contacto de las aguas servidas de la parroquia con el agua de la vertiente, manteniendo los tubos correctamente empastados y sellados para evitar filtraciones y contaminación.
2. Se debe impedir que el ganado tenga contacto directo con el origen de la vertiente, para que no se ensucie con excremento y orina.
3. Se debe construir un tanque especial para que el ganado lo use como abrevadero.
4. El mantenimiento del tanque donde actualmente se almacena el agua debe ser cada dos meses para evitar la formación de incrustaciones verdes en las paredes del tanque.

ACEQUIA BALECTUS

1. Se mantendrá un horario de limpieza de cada 3 meses para evitar el crecimiento de algas, totora y hierba (compuestos orgánicos) que impidan que el agua corra libre y naturalmente por su cauce.
2. Se plantara vegetación propia del lugar que conserve la fauna del lugar y no se pierdan los ojos de agua.
3. Se respetaran los horarios de riego establecidos por los moradores del sector para evitar conflictos y mantener las buenas relaciones comunitarias.
4. Los organismos de control y/o moradores deberán programar análisis de calidad del agua. Estos análisis se los debe realizar mínimo 2 veces al año.

4.4.3 Alternativas de tratamiento para las fuentes de agua

Luego de haber determinado el uso adecuado de las dos fuentes de agua procedemos a plantear varias alternativas que mejore las condiciones actuales de la acequia Balectus y la vertiente Calispogyo para que sea segura para consumo humano, riego, abrevadero de animales y para producción piscícola.

VERTIENTE CALISPOGYO

Tratamiento a corto plazo

La vertiente Calispogyo a pesar no tener las condiciones apropiadas es utilizada para consumo humano, lo que representa un riesgo para la salud humana por la presencia de coliformes fecales lo que impide consumirla directamente.

En el agua de esta vertiente se debe aplicar un tratamiento químico con hipoclorito de sodio que es un desinfectante muy útil y práctico, además es fácil de manejar, no es tóxico, su dosificación puede realizarla cualquier persona previamente capacitada en el tema.

Tratamiento a largo plazo

La vertiente Calispogyo necesita un tratamiento convencional con sulfato de aluminio, este tratamiento químico sirve para reducir la concentración de fluoruros, sulfatos y dureza

Para aplicar este tipo de tratamiento es necesario diseñar una planta de tratamiento (nuevo estudio). En el agua cruda (sin tratamiento) entrara en contacto con el coagulante por un determinado tiempo y luego estará lista para ser distribuida a los moradores del sector.

ACEQUIA BALECTUS

El agua de esta acequia no se usara para consumo humano por lo tanto los criterios de calidad no son tan exigentes; en esta fuente de agua utilizar filtros con zeolita para reducir la concentración de fluoruros, sulfatos, conductividad y salinidad. Estos filtros también servirán para remover partículas suspendidas en el agua que reducirán la coloración que presenta actualmente.

4.5 Conclusiones

- La propuesta planteada está enfocada en utilizar el 100% del agua producida por las dos fuentes de agua.
- La mejor forma de optimizar el uso del agua de esta vertiente es utilizarla en todas las actividades realizadas por los moradores como son consumo humano, riego, abrevadero para los animales y producción piscícola.
- El 85% del agua de la acequia Balectus será utilizada para regar los cultivos de la zona mediante horarios establecidos, el otro 10% será utilizado para la producción piscícola y para abrevadero de los animales
- Todas las medidas de cuidado y protección de estas dos fuentes de agua están enfocadas en cuidar, mejorar la calidad actual del agua y mantener el caudal natural para obtener más y mejores beneficios.
- Las alternativas de tratamiento establecidas en esta propuesta son de corto y largo plazo de acuerdo a lo que se busca reducir o eliminar en los cuerpos de agua.
- En la vertiente Calispogyo una medida de corto plazo es la cloración para eliminar la presencia de coliformes fecales y evitar trastornos en la salud y un tratamiento a largo plazo es la construcción de una planta de tratamiento para eliminar los fluoruros causantes de la fluorosis dental.
- En el caso de la acequia Balectus el mejor tratamiento será utilizar zeolita para reducir los sulfatos, fluoruros y los sólidos totales causantes de que el agua de esta fuente presente cierta coloración amarilla.

CONCLUSIONES

- El estudio de la calidad de la acequia Balectus y la vertiente Calispogyo ubicadas en la parroquia de San Gerardo se efectuó exitosamente en el periodo Abril-Junio del 2016, mediante el índice de calidad WQI.
- Luego de realizados todos los análisis se puede concluir que la calidad del agua de la acequia Balectus arroja como resultado una “Calidad Media o Regular” pues los valores se encuentran entre los 65 y 70 puntos, mientras que la vertiente Calispogyo presenta valores entre 72 y 76 puntos que determina que el agua es de “Buena Calidad”.
- Las características del lugar explican las particularidades presentes en el agua como su dureza, salinidad y la presencia excesiva de sulfatos por la gran extensión de terrenos con totora y por lo mismo la existencia del salitre en los suelos utilizados para la agricultura.
- Una vez realizados todos los análisis del laboratorio se efectuó una comparación con las tablas 1, 4 y 5 del Acuerdo Ministerial 028 encontrando como resultado que los fluoruros son el mayor problema para consumo humano y para riego los sulfatos.
- Una vez realizados los análisis necesarios de las dos fuentes de agua se determinó que el mejor uso del agua de la vertiente Calispogyo es para consumo humano, mientras que el agua de la acequia Balectus se la puede utilizar en la agricultura.
- La propuesta planteada está orientada a utilizar toda el agua posible de las dos fuentes de agua, teniendo en cuenta medidas que cuiden y protejan estas fuentes naturales, también se establece alternativas de tratamiento para eliminar ciertos componentes que causan daño a la salud humana, enferman a los animales y dañan el suelo agrícola.

RECOMENDACIONES

- Poner en marcha la propuesta planteada en este trabajo para optimizar el uso del agua, mejorar su calidad y proteger las dos fuentes naturales de agua.
- Realizar monitoreos frecuentes en las dos fuentes de agua, principalmente en la vertiente Calispogyo para obtener resultados más completos para conocer el comportamiento de este recurso hídrico que es utilizado para consumo humano.
- Es necesario que las autoridades se involucren en mejorar las condiciones actuales del alcantarillado que está muy cerca de la vertiente para evitar su contaminación con coliformes fecales.
- Las autoridades del sector deben de informarse muy bien sobre las condiciones actuales de las dos fuentes de agua para que tomen medidas de prevención y mitigación conjuntamente con los moradores del lugar.
- En lo que se refiere a los análisis físico-químicos y microbiológicos se sugiere revisar anticipadamente los equipos y técnicas empleados en el estudio.

Abreviaturas

A: Área

A_p: Área promedio

AM: Acuerdo Ministerial

ΔT: Cambio de temperatura

b: Base

°C: Grados centígrados

CE: Conductividad eléctrica

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno al quinto día

DQO: Demanda Química de Oxígeno

ESPOCH: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

F: Fluoruros

Fe: Hierro

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado

IGM: Instituto Geográfico Militar

INAHMI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Km: Kilómetros

Km²: Kilómetro cuadrado

L/s: Litros sobre segundo

m: Metros

m²: Metros cuadrados

mg/L: Milígramo sobre litro

mm: Milímetros

m.s.n.m: Metros sobre el nivel del mar

m/s: Metros sobre segundo

m³/s: Metro cúbico sobre segundo

m³/d: Metro cúbico sobre día

NO₃: Nitratos

NTU: Unidades Técnicas Neftalométricas

OD: Oxígeno disuelto

pH: Potencial hidrógeno

PO₄⁻³: Fosfatos

Q: Caudal

s: Segundos

SO₄: Sulfatos

t_p: tiempo promedio

TDS: Solidos totales disueltos

v: Velocidad

W: Peso

WQI: Water Quality Index (Índice de Calidad de Agua)

UFC: Unidades formadoras de colonias

BIBLIOGRAFÍA

ACUERDO MINISTERIAL N° 28. *Sustituyese el libro VI del Texto Unificado de*

Legislación Secundaria, Quito, Ecuador, 13 de febrero de 2015.

BARRENECHEA, Martel. *Tratamiento de agua para consumo humano* [en línea].

Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004 [Consulta: 16 de abril 2016]. Capítulo I. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. Disponible en:

<http://bibliotecavirtual.minam.gob.pe/biam/bitstream/id/5657/BIV00012.pdf>

CHARIGUAMAN, Nancy. *Estudio estadístico de la calidad del agua para consumo*

doméstico en sus características: físicas, químicas y bacteriológicas en el sector rural del cantón Guamote de la provincia de Chimborazo. (Tesis). (Ingeniero en Estadística Informática). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2011. p. 28.

CEVALLOS, Cinthia. *Caracterización de la calidad hídrica de la microcuenca del río*

guano. (Tesis). (Ingeniero en Biotecnología Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. p. 29.

CISTERNA, Pedro. *Determinación de la relación DQO/DBO5 en aguas residuales de*

comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región. [en línea]. (Tesis). (Ingeniero Civil Químico). Universidad Técnica Federico, Santa María, Chile. 2002. p. 8. [Consulta: 19 de abril 2016]. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/chile13/trab-12.pdf>

DE LA ORDEN, Atilio. *Contaminación* [en línea]. Catamarca: Universidad Nacional

de Catamarca. Contaminación del agua, p. 26. [Consulta: 25 de abril 2016]. Disponible en:

<http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/007-contaminacion.pdf>

ECUADOR. REGISTRÓ OFICIAL N° 305. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, ECUADOR, Quito, 6 de agosto de 2014.

GARCÍA, Alfonso; et al. *Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional* [en línea], México, D.F.: Cloruros totales en el agua de abastecimiento 2002 [Consulta: 16 de abril 2016]. Disponible en:

http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8825/cloruros_nov12_pdf?sequence=1

GOBIERNO AUTONOMO DESENTALIZADO DE LA PARROQUIA DE SAN GERARDO. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural de San Gerardo*, 2012. p. 4.

GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS. AGUA POTABLE, DIVERSIDAD BIOLÓGICA Y DESARROLLO. 2010 [fecha de consulta: 15 de abril 2016]. Disponible en:

<https://www.cbd.int/development/doc/cbd-good-practice-guide-water-booklet-web-es.pdf>

GUÍA DE ORIENTACIÓN EN SANEAMIENTO BÁSICO. 2009 [fecha de consulta: 20 de abril 2016]. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/0gral/0contenido.htm>

HAAS, Hugo. *Aguas superficiales y subterráneas*. [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México. 2012. [fecha de consulta: 23 de abril 2016]. Disponible en:

http://www.ingenieria.unam.mx/haaz/geologia/presentaciones/04_aguas-superficiales_y_subterranas.pdf

INFANTE, Hermes; et al. *Campaña de cambio social para incrementar la conciencia ambiental sobre la contaminación de las aguas en el consejo popular N° 14, Puerto Padre* [en línea]. Cuba. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso. 2013, p. 13. [Consulta: 25 de abril 2016].
<http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1304/1304.pdf>

JAQUE, Eddy; & POTOCCI, Carmen, *Evaluación del Índice de Calidad de agua (ICA) de la microcuenca del río Chibunga, en variaciones estacionales, provincia de Chimborazo – Ecuador, durante el periodo 2014.* (Tesis). (Ingenieros en Biotecnología Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. p. 42.

KORBUT, Stella. Contaminación en agua [en línea]. 2003 [fecha de consulta: 15 de abril 2016]. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/agua2.pdf>

LÓPEZ, Antonio; et al. *Las aguas subterráneas.* 4ª ed. Madrid.: Instituto Geológico y Minero de España. 2009.

LOBOS, José. La calidad del agua del Río Sucio en la zona del Valle de San Andrés. *Revista Tecnológica.* Vol., 2. Valle de San Andrés-El Salvador. pp. 14-15.

MARCO, Leandro; et al. *Higiene y Sanidad Ambiental* [en línea]. Argentina: 2004, [Consulta: 15 de abril 2016]. Disponible en:
[http://www.saludpublica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig_Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://www.saludpublica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig_Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf)

MACKENZIER, Davis. Ingeniería y ciencias ambientales. Madrid: 2005, p. 200.

ORDOÑEZ, Juan. *Aguas subterráneas – Acuíferos.* Lima – Perú: Sociedad Geográfica de Lima. 2011. p. 10.

ROJAS, Oscar. *Manual básico para medir caudales.* Quito-Ecuador. FONAG. 2006, pp. 8-77.

ROMERO, Jairo. *Calidad del agua.* 2a. ed., Bogotá-Colombia. Escuela Colombiana de Ingeniería. 2007. pp. 120 - 130.

SANCHÉZ, Sandra; & PEÑA María, *Propuesta para el mejoramiento de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Bituima, Cundinamarca.* (Tesis) (Ingeniero Ambiental y Sanitaria). Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia: 2011. pp. 16-18.

TARBUCK, Edward; & LUTGENS, Frederick, *Ciencias de la Tierra.* 8ª ed. Introducción a la Geología Física. 2012, p 4.

VÉLEZ, Victoria. *Hidráulica de aguas subterráneas.* 2a ed., Medellín-Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 1999. p. 3.

VERREY, Jack. *Agua su calidad y tratamiento,* México. McGraw Hill. 2002. p. 125.

ANEXOS

ANEXO A. Informe de la sala situacional

SALA SITUACIONAL

ENERO-ABRIL DEL 2016

CÓDIGO	HOMBRE	MUJER	INTERSEXUAL	TOTAL	PORCENTAJE
K021-Caries de la dentina	70	192	2	264	60,27%
K083-Raíz dental retenida	31	53	1	85	19,41%
K041-necrosis de la pulpa	17	51	0	68	15,53%
k040-Pulpitis	8	12	0	20	4,57%
K043-Formación anormal de tejido duro	0	0	1	1	0,23%
Total general	126	308	4	438	100,0%

Elaborado por: Dr. Patricio Angulo

Fuente: RDACCAS de los meses de Enero a Abril 2016

Análisis:

- La caries de la dentina con el 60,27%, lo cual es un problema es una enfermedad infecciosa. Proceso dinámico de desmineralización que resulta del metabolismo microbiano sobre la superficie dentaria, en el transcurso del tiempo puede resultar en una pérdida neta de minerales.
- Raíz retenida, con un 19,41% son el resultado de patologías dentales que generan destrucción de la corona dental, como caries y/o coronarias, sin posibilidad de rehabilitación oral convencional.

ANEXO B. Hoja de cálculo para procesar la información recolectada de la acequia Balectus

Datos	Valores	Unidades
Distancia del tramo		m
Ancho de la sección inicial		m
Profundidad		m
Ancho de la segunda sección (5m) sección		m
Profundidad		m
Ancho de la sección final		m
Tiempos tomados		s
		s
		s
		s
		s
Tiempo promedio		s
Factor de corrección		
Valores obtenidos		
Velocidad		m/s
Área 1		m ²
Área 2		m ²
Área 3		m ²
Área promedio		m ²
Caudal		m ³ /s
Caudal		L/s

ANEXO C. Hoja de cálculo para procesar la información recolectada de la vertiente Calispogyo.

Datos	Valores	Unidades
Volumen		L
Tiempo promedio diario		s
Día 1		s
Día 2		s
Día 3		s
Día 4		s
Día 5		s
Día 6		s
Tiempo promedio final		s
Caudal		m ³ /s
Caudal		L/s

ANEXO E. TABLA 1: Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.

REQUIEREN TRATAMIENTO CONVENCIONAL

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	0,3
Aluminio total	Al	mg/L	0,2
Amonio	NH ⁺ ₄	mg/L	0,5
Arsénico	As	mg/L	0,1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	2000
Coliformes totales	NMP	NMP/100ml	20000
Bario	Ba	mg/L	1,0
Cadmio	Cd	mg/L	0,003
Cianuro	CN ⁻	mg/L	0,1
Cinc	Zn	mg/L	5,0
Cobre	Cu	mg/L	2,0
Color	Color real	Unidades de Platino-Cobalto	75,0
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/L	0,001
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/L	0,05
Fluoruro	F ⁻	mg/L	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/L	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/L	<2
Hierro total	Fe	mg/L	1,0
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	ug/L	0,0005
Mercurio	Hg	mg/L	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/L	50,0
Nitritos	NO ₂	mg/L	0,2
Potencial hidrógeno	pH	Unidades de pH	6-9
Plata	Ag	mg/L	0,05
Plomo	Pb	mg/L	0,01
Selenio	Se	mg/L	0,01
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/L	250,0
Tensoactivos	Sustancias activas de azul de metileno	mg/L	0,5
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/L	0,2
Turbiedad	Unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

ANEXO F.

TABLA 4: Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aluminio	Al	mg/L	5,0
Arsénico	As	mg/L	0,1
Berilio	Be	NMP/100ml	0,1
Boro	B	NMP/100ml	0,75
Cadmio	Cd	mg/L	0,05
Cinc	Zn	mg/L	2,0
Cobalto	Co	mg/L	0,01
Cobré	Cu	mg/L	0,2
Cromo	Cr	mg/L	0,1
Flúor	F	mg/L	1,0
Hierro	Fe	mg/L	5,0
Litio	Li	mg/L	2,5
Mercurio	Hg	mg/L	0,001
Manganeso	Mn	mg/L	0,2
Molibdeno	Mo	mg/L	0,01
Níquel	Ni	mg/L	0,2
pH	pH	Unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/L	5,0
Selenio	Se	mg/L	0,02
Vanadio	V	mg/L	0,1
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Huevos de parásitos			Ausencia
Aceites y grasas	Película visible		Ausencia
Materia flotante	Visible		Ausencia

Además de los criterios indicados, la Autoridad Ambiental Competente utilizará también las guías indicadas en la siguiente tabla.

TABLA 5: Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN*		
		Ninguno	Ugero-Moderado	Severo
Salinidad; (1)				
CE (2)	mitimhos/cm	0,7	450-2000	>3,0
SDT(3)	mg/l	450		>2000
Infiltración: (4)			0,7-0,2	<6,2
RAS=0-3yCE=^			1,2-0,3	<Q,3
RAS=3-6yCE=				
RAS=6-12yCE=		1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS=12-20yCE=		279	2,9-1,3	
RAS=20-40YCE=		5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxicidad por iones específicos (5) Sodio:				
Irrigación superficial RAS (6)	meq/l	3,0	3,0-9,0	>9
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
Cloruros; Irrigaciónsuperficiai	meq/t	4,0	4,0-10,0	>10
Aspersión	meq/l	3,0 ~	3,0	
Boror	mg/l	0,7	0,7-3,0	>3
Efectos miscoláneos (7)				
Nitrógeno (N-NQ3-)		5,0	5,0-30,0	>30
Bicarbonato (HC03-) Solo aspersión	mg/l	1,5	1,5-8,5	>8,5
pH	Rango normal		6,5-8,4	

* Es el grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos
 (2) CE = Conductividad eléctrica del agua de regadío (1milimhos/cm=1000micromhos/cm)
 (3) SDT = Sólidos disueltos totales
 (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo
 (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos
 (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada
 (7) Afecta a los cultivos susceptibles