



Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

EVALUACIÓN DEL APORTE DE CARGA CONTAMINANTE DE LA QUEBRADA EL QUINCE
A LA LAGUNA DE YAHUARCOCHA.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

Ingeniería en Ciencias Ambientales y Eco Desarrollo

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Línea 4: Gestión Sostenible y Aprovechamiento de los Recursos Naturales.

Sublínea: Ambiente y Biodiversidad

AUTOR: Dennis Alexander Chamorro Freire

ASESORA: Mgs. Moraima Cristina Mera Aguas

IBARRA, ENERO – 2022



CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS

Ibarra, 07 de enero de 2022

Mgs. Moraima Mera Aguas
ASESORA

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f:)

Mgs. Moraima Mera Aguas
C.C.: 1001743721



PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f):

Mgs. Moraima Mera Aguas

C.C.: 1001743721

(f):

Mgs. Paola Chávez Guerrero

C.C.: 1002744090

(f):

Mgs. Diego Mejía Romo

C.C.: 1001912961



ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Dennis Alexander Chamorro Freire, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 07 de enero de 2022

(f):

Dennis Alexander Chamorro Freire

C.C.: 0401871132



AUTORÍA

Yo, Dennis Alexander Chamorro Freire portador de la cédula de ciudadanía N° 0401871132, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

Ibarra, 07 de enero de 2022

A handwritten signature in blue ink is shown within a light gray rectangular box. The signature is cursive and appears to read 'Dennis Alexander Chamorro Freire'.

(f):

Dennis Alexander Chamorro Freire

C.C.: 0401871132



DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo: Dennis Alexander Chamorro Freire, con CC: 0401871132, autor del trabajo de grado intitulado: Evaluación del aporte de carga contaminante de la quebrada el quince a la laguna de Yahuarcocha, previo a la obtención del título profesional de Ingeniería en Ciencias Ambientales y Eco Desarrollo, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 07 enero de 2022

(f.).....

Dennis Alexander Chamorro Freire

C.C. 0401871132



DEDICATORIA

El presente trabajo de grado está dedicado principalmente a Dios y a la Virgen de Guadalupe, por bendecirme y guiarme a lo largo de mi vida.

A mi madre Silvana Freire y a mis abuelitos maternos Rosita Aguilar y Oswaldo Friere (+), quienes desde pequeño implementaron en mí, valores como el respeto y responsabilidad implementadas en mi vida cotidiana.

A mi esposa Estefanía Chandi y a mi Hijo Dennis, por siempre apoyarme y estar junto a mí cuando más necesitaba de ellos.

Dennis Chamorro



AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecerle a Dios porque, gracias a su voluntad pude culminar una etapa más de mi vida y lograr mi objetivo.

Mi agradecimiento especial para mi asesora de tesis, la Mgs. Moraima Mera Aguas, quien, con su paciencia, conocimiento y motivación, he podido culminar mi trabajo de tesis y de igual manera a mis docentes universitarios, quienes desde el primer semestre han implementado sus saberes y con su experiencia e inculcación de valores, he logrado formarme como un buen profesional.

Agradecer a mi familia por el apoyo que he obtenido, en especial a mi madre, sin ella no estuviera donde ahora estoy y a mi abuelita materna Rosita quien ha sido mi segunda madre cuidándome y dándome todo el cariño y amor, a mi abuelito Oswaldo Freire que desde el cielo me cuidó y me guió por el camino correcto, desde que era pequeño, me inculcó el trabajo, la responsabilidad y la infinidad de valores que él compartía y a mi abuelita paterna por su apoyo infinito.

A mi esposa, quien al estar a mi lado me ha apoyado siempre y me ha demostrado que con cariño no hay límites en esta vida para mí, sigue así esposa mía nunca cambies y a mi hijo que ha sido la inspiración para salir adelante y que con un “te amo papi” me da fortaleza y fuerza para lograr mis metas.

Agradezco también a mis amigos Santiago Bravo y Alan Pupiales, quienes fueron mi familia cuando llegué a una ciudad desconocida y con su humildad, lealtad y sencillez se me hizo más fácil adaptarme a la vida universitaria.

Este logro es parte de ustedes mil gracias Dios les bendiga.

Dennis Chamorro

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR DE TESIS	i
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	ii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS	iii
AUTORÍA.....	iv
DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I.....	3
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO II	5
OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo General	5
2.2 Objetivo Específico	5
2.3 Pregunta Directriz.....	5
CAPÍTULO III.....	6
ESTADO DEL ARTE.....	6
3.1 Línea base	6
3.1.1 Geología y edafología	6
3.1.2 Geomorfología	6
3.1.3 Uso y cobertura del suelo.....	6

3.1.4	Clima	7
3.1.5	Temperatura	8
3.1.6	Humedad	8
3.1.7	Hidrología	9
3.1.8	Especies de Flora y Fauna Diagnósticas	10
3.1.9	Flora	11
3.1.10	Fauna.....	11
3.2	Contaminación de cuerpos de agua	12
3.3	Fuentes de contaminación	12
3.3.1	Fuentes Fijas	12
3.3.2	Fuentes difusas.....	13
3.4	Fuentes de contaminación de la quebrada el Quince.....	14
3.4.1	Actividades alrededor de la quebrada el Quince.....	15
3.4.2	Marco legal sobre la contaminación del agua en el Ecuador.....	15
CAPÍTULO IV.....		17
MATERIALES Y MÉTODOS.....		17
4.1	Materiales	17
4.2	Métodos.....	18
4.2.1	Ubicación geográfica	18
4.2.2	Determinación de los puntos de muestreo	19
4.2.3	Recolección de muestras de agua.....	20
4.2.4	Técnicas empleadas para el análisis de agua	22
4.2.5	Índice de calidad de agua (ICA) propuesta por Brown.....	23
4.2.6	Valoración del ICA según las funciones.....	25

4.2.7	Análisis in situ de las muestras de agua.....	26
4.2.8	Análisis en laboratorio de muestra de agua	27
4.2.9	Medición de Caudales.....	29
4.2.10	Determinación de carga contaminante.....	30
CAPÍTULO V.....		31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		31
5.1	Puntos de muestreo.....	31
5.2	Uso de suelo de la quebrada El Quince.....	31
5.2.1	Conflicto de uso de suelo.....	36
5.3	Evaluación de la calidad de agua de los puntos de muestreo.....	38
5.3.1	Determinación de la calidad del agua con el cálculo del ICA.....	45
5.4	Cálculo del caudal a lo largo de la quebrada El Quince.....	50
5.4.1	Cálculo medio del caudal.....	54
5.4.2	Cálculo de caudal ecológico	56
5.4.3	Cálculo de la carga contaminante	57
CAPÍTULO VI.....		59
CONCLUSIONES.....		59
CAPÍTULO VII.....		60
RECOMENDACIONES.....		60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		61
CAPITULO VIII.....		68
ANEXOS.....		68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales contaminantes y procesos que afectan la calidad del agua	13
Tabla 2. Parámetros utilizados en el análisis de las muestras	21
Tabla 3. Métodos usados para el análisis ICA de muestras recolectadas en campo.	22
Tabla 4. Clasificación de calidad de agua en función del ICA propuesto por Brown	24
Tabla 5. Pesos relativos del índice de calidad de agua	25
Tabla 6. Determinación de puntos de muestreo	31
Tabla 7. Descripción y cobertura del uso de suelo	34
Tabla 8. Parámetros evaluados del punto 1 (Inicial)	38
Tabla 9. Parámetros evaluados del punto 2	39
Tabla 10. Parámetros evaluados del punto 3	39
Tabla 11. Parámetros evaluados del punto 4	40
Tabla 12. Parámetros evaluados del punto 5	40
Tabla 13. Promedio de parámetros analizados de los diferentes puntos	45
Tabla 14. Test de normalidad de datos ICA	48
Tabla 15. Resumen Test Shapiro Wilk para normalidad de datos ICA-NSF	49
Tabla 16. Cálculo medial de los diferentes puntos	54
Tabla 17. Carga contaminante	57

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ocupación de las márgenes de la Laguna de Yahuarcocha.	7
<i>Figura 2.</i> Temperatura promedio diaria.	8
<i>Figura 3.</i> Porcentaje de tiempo empleado en varios niveles de confort de humedad.	9
<i>Figura 4.</i> Cuenca Hidrográfica de estudio.	10
<i>Figura 5.</i> Quebrada el Quince	14
<i>Figura 6.</i> Mapa de ubicación de la Quebrada El Quince	19
<i>Figura 7.</i> Determinación de los puntos de muestreo de la quebrada El Quince	20
<i>Figura 8.</i> Mapa temático de uso de suelo	32
<i>Figura 9.</i> Mapa del conflicto de uso de suelo	36
<i>Figura 10.</i> Cumplimiento con la normativa de los parámetros, punto 1	41
<i>Figura 11.</i> Cumplimiento con la normativa de los parámetros, punto 2	41
<i>Figura 12.</i> Cumplimiento con la normativa de los parámetros, punto 3	42
<i>Figura 13.</i> Cumplimiento con la normativa de los parámetros, punto 4	42
<i>Figura 14.</i> Cumplimiento con la normativa de los parámetros, punto 5	43
<i>Figura 15.</i> Cumplimiento de los valores ICA con los parámetros de Brown	47
<i>Figura 16.</i> Mapa de puntos de muestreo para la toma de caudales.	49
<i>Figura 17.</i> Análisis del caudal de la primera salida de la investigación	50
<i>Figura 18.</i> Análisis del caudal de la segunda salida de la investigación	51
<i>Figura 19.</i> Análisis del caudal de la tercera toma de la investigación	52
<i>Figura 20.</i> Variación del volumen de caudal de la quebrada El Quince	52
<i>Figura 21.</i> Gráfica del caudal promedio de la quebrada El Quince	54
<i>Figura 22.</i> Recolección de coordenadas y tomas fotográficas aéreas	82
<i>Figura 23.</i> Toma de muestras y mediciones in situ	82

<i>Figura 24.</i> Análisis del índice de calidad de agua, laboratorios ECAA-PUCESI.	83
<i>Figura 25.</i> Análisis de Coliformes fecales en el laboratorio de Microbiología.	83
<i>Figura 26.</i> Toma de datos para el cálculo del caudal ecológico.	84
<i>Figura 27.</i> Captaciones de caudal de la Quebrada El Quince para fines agrícolas.	84

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Esquemas del Índice de Calidad de Agua	70
Anexo 2. Conflicto de uso de suelo	74
Anexo 3. Parámetros obtenidos en los puntos de muestreo	74
Anexo 4. Tabla 2 del “Texto Unificado de Legislación Secundaria N° 097”	77
Anexo 5. Análisis de parámetros de los diferentes puntos	77
Anexo 6. Valores ICA de los Puntos: Repeticiones	85
Anexo 7. Cálculo de caudal	85
Anexo 8. Concentración promedio de parámetros asignados	86
Anexo 9. Registro fotográfico	86

RESUMEN

En la actualidad, el incremento de las zonas poblacionales rurales y la expansión de la frontera agrícola y ganadera, ha dado paso al aumento de causas contaminantes con efectos en la zona hídrica de la quebrada El Quince, viéndose afectado dicho recurso en las características físicas y químicas, como también en la disminución del caudal ecológico que aporta a la laguna de Yahuarcocha, perturbando la salud y mantenimiento de los ecosistemas acuáticos, de igual modo provocando el decrecimiento del cuerpo de agua. La presente investigación presentó un estudio de la descripción del suelo, mediante mapas temáticos, con ayuda del sistema informático ArcGis, coordenadas de los puntos de muestreo y cartas topográficas obtenidas del geo portal Ecuador; así como los resultados del análisis del uso de suelo, correspondieron, a que la actividad con mayor influencia, que es la producción agrícola, con monocultivos de maíz originando una proliferación de contaminantes. Se determinó también la evaluación del índice de calidad de agua, caracterización del uso de suelo y del cálculo de caudal ecológico de esta quebrada. Para el análisis del índice de calidad de agua se tomaron como referente los parámetros de Brown: Coliformes fecales, Potencial Hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Nitratos (NO₃), Fosfatos (PO₄), Temperatura, Turbidez, Sólidos disueltos totales y Oxígeno disuelto, los cuales ayudó a clasificar el agua en cinco rangos: Excelente, Buena, Regular, Mala y Muy Mala. Teniendo como resultado de calidad de agua de la quebrada El Quince, se encuentra en el rango de Regular. En el estudio del caudal ecológico que ingresa a la laguna de Yahuarcocha, se implementó el método de Texas, en el periodo marzo- octubre, en el cual la afluencia ecológica que se introduce a la laguna es del 60% del caudal mensual, estableciendo como resultado del 0.06 m³/s de flujo ecológico de agua.

Palabras clave: Quebrada El Quince, Índice de calidad de agua, caudal ecológico, Yahuarcocha.

ABSTRACT

At present, the increase in rural population areas and the expansion of the agricultural and livestock frontier has given way to an increase in polluting causes with effects on the water area of the El Quince creek, affecting said resource in its physical and chemical, as well as in the decrease of the ecological flow that it contributes to the Yahuarcocha lagoon, disturbing the health and maintenance of aquatic ecosystems, in the same way causing the decrease of the body of water. The present investigation presented a study of the description of the soil, through thematic maps, with the help of the ArcGis computer system, coordinates of the sampling points and topographic maps obtained from the Ecuador geo-portal; as well as the results of the analysis of land use, corresponded to the activity with the greatest influence, which is agricultural production, with corn monocultures causing a proliferation of pollutants. The evaluation of the water quality index, characterization of land use and the calculation of the ecological flow of this stream were also determined. For the analysis of the water quality index, the Brown parameters were taken as a reference: Fecal Coliforms, Hydrogen Potential (pH), Biochemical Oxygen Demand (BOD5), Nitrates (NO₃), Phosphates (PO₄), Temperature, Turbidity, Solids total dissolved and dissolved Oxygen, which helped to classify the water into five ranges: Excellent, Good, Regular, Bad and Very Bad. Having as a result the water quality of the El Quince creek, it is in the Regular range. In the study of the ecological flow that enters the Yahuarcocha lagoon, the Texas method was implemented, in the period March-October, in which the ecological flow that enters the lagoon is 60% of the monthly flow, establishing ourselves as result of 0.06 m³/s of ecological flow of water.

Keywords: Ravine El Quince, Water quality index, ecological flow, Yahuarcocha.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En momentos actuales la situación de los recursos naturales en campo global como también en el área local, amerita una toma de consideración y concienciación para una conservación a futuro, que es uno de los recursos que se ha vuelto más afectado y por ende más escaso.

La situación de los recursos se encuentra en una complicación más considerable por los grandes procesos de contaminación de los mismos, como también por la falta gestión por parte de las autoridades competentes, los cuerpos de agua, tanto como los superficiales y los encontrados en el subterráneo sufran escases.

La contaminación de estas fuentes de agua es uno de los inconvenientes más importantes ya que existe un alto desconocimiento y un nivel de agresividad de la contaminación tanto en las áreas urbanas como en los sectores industriales, las prácticas mineras y varias disciplinas que están ocasionando fuertes pérdidas de flora y fauna que se abastecen y tienen su hábitat gracias a estos recursos hídricos (ONU, 2014).

Según Fernández (2012), los impactos sobre el medio natural de las actividades relacionadas con la agricultura, ganadería, deforestación y otras intervenciones humanas potenciadas por el crecimiento demográfico y económico, suelen consistir con pérdida de biodiversidad en forma de empobrecimiento de ecosistemas.

Según Chiriboga (2010), generalmente las quebradas se han visto afectadas por ser captadores de desechos urbanos. Gracias al drenaje de agua las quebradas están en capacidad de regenerar por sí mismas y neutralizar los efectos contaminantes de los altos volúmenes de aguas residuales que receptan. Sin embargo, frecuentemente las descargas de agua contaminada superan la capacidad de auto regeneración y los ríos y quebradas se deterioran, lo cual conlleva a la pérdida del oxígeno disuelto en el agua, la desaparición de insectos y peces y la consecuente destrucción del ecosistema fluvial por la interrupción de las cadenas alimenticias.

La contaminación de las aguas superficiales también es un gran problema que incide directamente en la salud humana dada la transmisión de microorganismos patógenos como virus, bacterias, protozoarios y otros parásitos. En la mayoría de los casos, la transmisión de estos microorganismos ocurre por la vía fecal-oral, especialmente por la ingesta de agua contaminada. Otras vías de transmisión importantes incluyen también la inhalación o aspiración de micro gotas de agua y la exposición directa por contacto, de piel y membranas mucosas, durante actividades de tipo recreativo según Guzmán (2015).

En su publicación Torres (2016), menciona que, la contaminación de quebradas como también de microcuencas es un problema que no va a resolverse a corto plazo; es un contratiempo cuya solución podría tomar varios años para tratar de solucionarlo. Diseñar e implementar programas de educación o herramientas de monitoreo que eviten o minimicen la contaminación de las mismas puede constituir un punto de partida en la atención del problema; en este sentido, contar con información sobre el estado actual de la quebrada el Quince en la provincia de Imbabura, permitirá una evaluación ambiental que oriente las acciones preventivas y correctivas, especialmente en lugares de mayor vulnerabilidad y donde exista la mayor concentración de contaminantes. Esta investigación, determinará también la cantidad de contaminantes, que ingresan a la Laguna de Yahuarcocha, puesto que constituye el principal afluente para mantener el caudal de aforo de dicha laguna.

Es importante mencionar, que este estudio fue requerido por el Gobierno Provincial de Imbabura, con la finalidad de incentivar acciones para el mantenimiento y mejora de la calidad de agua, tanto de la Quebrada el Quince como Yahuarcocha, la investigación será útil para la toma de medidas preventivas, planes de manejo de mitigación y será indispensable en la concientización del impacto ambiental negativo que están causando las comunidades acentuadas en los alrededores de la quebrada.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar la carga contaminante de la quebrada El Quince a la Laguna de Yahuarcocha mediante técnicas analíticas para el establecimiento de la calidad del agua.

2.2 Objetivo Específico

- Caracterizar mediante cartografías temáticas el uso de suelo alrededor de la quebrada para el establecimiento de los puntos de muestreo.
- Establecer el ICA y la carga contaminante de la quebrada El Quince para la evaluación de su calidad.
- Evaluar a lo largo del trayecto de la quebrada El Quince el caudal ecológico para la ecuantificación del volumen que ingresa a la laguna de Yahuarcocha.

2.3 Pregunta Directriz

¿La calidad de agua de la quebrada denominada como El Quince, cumple con el rango de calidad para la preservación de la flora y fauna según el ICA de Brown?

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1 Línea base

3.1.1 Geología y edafología

Ibarra está formada por rocas del Plioceno Terciario y Pleistoceno Cuaternario provenientes de restos volcánicos de Imbabura y Angochagua además de terrazas indiferenciadas, formación silante y sedimentos provenientes de San Gerónimo (Echeverría, 2016).

Según Echeverría, (2016), indica que la edafología de la ciudad de Ibarra presenta suelos derivados de materiales piroclásticos, alofánicos, franco arenoso teniendo en cuenta también que contiene una saturación de bases inferior al 50% y suelos muy negros especialmente en la zona de páramos.

3.1.2 Geomorfología

La microcuenca de la laguna de Yahuarcocha presenta paisajes geomorfológicos y formas de relieve relacionadas con la edificación de la Cordillera de los Andes y específicamente con los procesos endógenos y exógenos desarrollados sobre la Cordillera Oriental.

En la micro cuenca de la laguna en relación a la caracterización de las pendientes, el mayor porcentaje está cubierto por áreas relativamente planas que cubren el 27,02%, pendientes suavemente inclinadas abarcan el 22,28%, pendientes fuertemente inclinadas 21,62% pendientes moderadamente inclinadas comprenden 19,01%, pendiente montañosa cubre el 9,02%, pendientes escarpadas cubren 0,97% (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra ,2015).

3.1.3 Uso y cobertura del suelo

El uso actual del suelo en el entorno de Yahuarcocha está dominado por actividades relacionadas con los asentamientos urbanos, industriales, de producción agrícola, pecuaria, turísticas, y otros. El paisaje rural está cambiando de manera acelerada debido también a la intensificación de la

agricultura, el abandono de las tierras y la explotación forestal (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra ,2015).



Figura 1. Ocupación de las márgenes de la Laguna de Yahuarcocha.

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra ,2015).

3.1.4 **Clima**

El clima es templado seco-mediterráneo, dada su localización en un valle, es modificado tanto por los vientos que llegan desde los valles y dehesas que son vientos cálidos y secos, como por los vientos que llegan desde los Andes y las partes altas que son vientos frescos y fríos; la precipitación promedio anual es de 99,4 mm, distribuida en tres épocas, la época seca que va desde junio hasta principios de septiembre, la época estival de principios de septiembre a mediados de febrero, y la fría desde finales febrero a finales del mes de mayo; la temperatura promedio anual es de 18°C y la Laguna de Yahuarcocha se encuentra a 2190 m.s.n.m. (Salcedo, 2019).

3.1.5 Temperatura

La estación cálida tiene una duración de 1 mes, del 9 de septiembre al 9 de octubre, con un promedio de temperatura diario por encima de 24°C. El día más caliente del año es 21 de septiembre con un promedio de 24°C y bajo de 14°C, además la estación fresca tiene una duración de 1,7 meses, del 2 de junio hasta el 25 de julio con un promedio de temperatura diario por debajo de 23°C. El día más frío del año es 13 de julio con un promedio bajo de 13°C y alta de 23°C (Weather Spark ,2018).

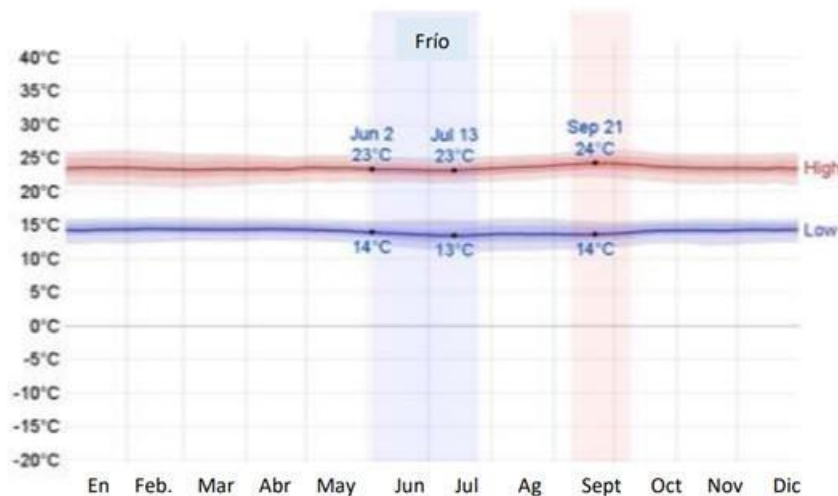


Figura 2. Temperatura promedio diaria.

Fuente: (Weather Spark ,2018)

La figura 2 indica la temperatura promedio diaria de la ciudad de Ibarra, alta (línea roja) y baja (línea azul). (Weather Spark ,2018)

3.1.6 Humedad

El nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, determina si la transpiración se evaporará de la piel y enfriará el cuerpo. Los puntos de rocío más bajos se sienten más secos y los puntos de rocío más altos se sienten más húmedos. A diferencia de la temperatura, que normalmente varía significativamente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar

más lentamente, por lo que, si bien la temperatura puede bajar durante la noche, un día húmedo suele ir seguido de una noche húmeda (Weather Spark ,2018).

El nivel de humedad percibido en Ibarra, medido por el porcentaje de tiempo en el que el nivel de confort de humedad es húmedo, opresivo o miserable, no varía significativamente a lo largo del año, permaneciendo prácticamente constante en 0% como se observa en la figura 3 (Weather Spark ,2018).



Figura 3. Porcentaje de tiempo empleado en varios niveles de confort de humedad.

Fuente: (Weather Spark ,2018)

3.1.7 Hidrología

La provincia de Imbabura goza de un potencial hídrico basado en los ecosistemas estratégicos y que a su vez forman parte de importantes cuencas de recepción o zonas de recarga, donde se localizan las vertientes que abastecen de agua para consumo humano y riego en el territorio provincial.

El territorio provincial de aproximadamente 4.608 Km², es parte de dos demarcaciones hidrográficas: La Demarcación Hidrográfica Mira, en donde se localizan alrededor de 287.346,6 ha que corresponde al 62,8% del territorio provincial, y la Demarcación Hidrográfica de Esmeraldas, en donde se encuentra el 37,20% de la provincia y geopolíticamente corresponde al Cantón Cotacachi.

La división de las dos demarcaciones se produce a la altura de las cotas comprendidas entre los rangos 3600- 4400 m.s.n.m. por donde se ubica el volcán Cotacachi. Las principales fuentes hídricas en el cantón Ibarra son: Quebrada Cuchi Corral, Q. de Cuicocha, Q. de la Alpargata, Q. Las Moras, Q. El Pailón, Q. Jucal, Q. Tejar, Q. Molino, Q. Rosario, Q. Grande, Q. Gualaquí, Q. Juanita, Q. Calero, Q. Manzano Huaicu, Q. Morascunga, Q El Quince entre otras (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra ,2015).



Figura 4. Cuenca Hidrográfica del Cantón Ibarra.

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra ,2015).

3.1.8 Especies de Flora y Fauna Diagnósticas

La pluralidad geográfica y climática del Ecuador influye enormemente en la diversidad de ecosistemas en las tres regiones naturales del país. La región central de la sierra cuenta con una variedad eco sistémica que va de los glaciares ubicados en los altos nevados, hasta los bosques montanos y nublados ubicados en las regiones montañosas y de estribación de cordillera. La provincia de Imbabura pertenece a esta región y presenta en su entorno geográfico natural una gama de formaciones eco sistémicas en donde las especies de flora, responden a las condiciones inmediatas de su entorno (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra ,2015).

3.1.9 Flora

El área de estudio conformado por la Laguna de Yahuarcocha y su entorno natural, pertenece a una superficie amplia, ubicada a 2200 msnm en un valle interandino de la provincia, en la cual se despliegan varias formaciones vegetales que albergan varios tipos de cobertura vegetal en donde sobresalen los bosques andinos húmedos y secos, así como vegetación de ribera de cuerpos de agua (lagunas) con clima frío, a más de vegetación de matorral húmeda y seca, con clima templado; en donde podemos encontrar ríos, teniendo en cuenta que en estas partes la vegetación toma otra densidad y coloración (Vásconez, 2015).

Según Vásconez, (2015), en su investigación da a conocer la presencia de 22 y 34 especies de 50 cm de altura, prevaleciendo la vegetación espinosa. La vegetación en la mayoría del tiempo tiene una característica seca y únicamente se observa verde en la época de lluvia. Las familias de flora urbana más representativas del lugar son: *Aloeaceae*, *Bignoniaceae*, *Caesalpinaceae*, *Cactaceae*, *Sapindaceae*, *Portulacaceae*, *Mimosaceae*, *Euphorbiaceae*. En las partes que presentan más humedad: *Anacardiaceae*, *Bromeliaceae*, *Salicaceae*.

3.1.10 Fauna

Dentro del estudio preliminar de los vertebrados ecuatorianos realizado por Albuja et al. (2012), se describen 8 pisos zoogeográficos los cuales se enmarcan dentro de distintas regiones ecológicas con diversas particularidades faunísticas. La zona en estudio se ubica dentro de los Pisos Zoogeográficos Alto andino y Templado o Región de Valles interandinos.

Las especies que más se encuentran en este piso zoogeográfico son Reptiles: *Liophis albiventris*, *Guasa Stenocercus guentheri*, *Pholidobolus montium*, Aves: *Orejivioleta Ventriazul*, *coruscans*, *Coragyps artratus*, *Bulbuscus ibis*, *Notiochelidon murina*, *Zonotrichia capensis*, *Pheuticus chysogaster*, *Tyto alba*, *Lesbia victoriae*, *xanthocephala*, *auriculata*, *Patogonia gigas* y *Columbina passerina*, Mamíferos: *Sciurus granatensis*, *Chucuri Mustela frenata*, *Didelphis albiventris* (Albuja et al., 2012).

3.2 Contaminación de cuerpos de agua

El agua es un recurso indispensable para el desarrollo y equilibrio de la vida en el planeta, siendo un factor importante para el bienestar humano. La contaminación de este recurso ha ocasionado un sinnúmero de enfermedades graves que han diezmando a poblaciones enteras causando epidemias debido a agentes bacterianos, virales y químicos. Según Boada (2016), menciona que el agua contaminada tiene una baja calidad por la alteración de su composición y deja de ser apta para actividades humanas; en el Ecuador esta degradación ha causado que la mayoría de fuentes de agua dulce como ríos, esteros, quebradas entre otros contengan sustancias nocivas sin ningún tipo de interés por un tratamiento de restauración (Oquendo, 2016).

Actualmente existe una gran presión sobre los recursos hídricos a nivel mundial. Según la UNESCO (2019) indica que el 69% del agua dulce disponible se destinará a prácticas agrícolas, el 23% a la industria y el 8% al consumo doméstico. Aproximadamente seis mil millones de habitantes del planeta han acaparado 54% del agua dulce disponible en ríos, lagos y acuíferos subterráneos. En el año 2025, el ser humano consumirá el 70% del agua disponible. Este estudio se ha realizado considerando únicamente el crecimiento demográfico.

La mayor preocupación sobre esta temática es la presencia potencial de contaminantes químicos nocivos que pueden ser orgánicos como inorgánicos como metales pesados; estos residuos son producidos por fuentes industriales, agrícolas y generalmente por la escorrentía humana. Todos estos factores hacen que el agua de consumo humano, riego y recreación sea un vector de enfermedades e intoxicación a los seres vivos (Manaha, 2016).

3.3 Fuentes de contaminación

Las principales fuentes contaminantes se pueden dividir en dos tipos, estos se detallan a continuación:

3.3.1 Fuentes Fijas

Son considerados como fuentes fijas los desechos municipales, plantas industriales, sitios de extracción, explotación y construcción como excavaciones, además la explotación agrícola,

aprovechamiento forestal, minería, entre otros. Los contaminantes son nutrientes, metales pesados, compuestos orgánicos específicos. Los componentes de los desechos que pueden ser microorganismos patógenos, nutrientes y carbono orgánico que se encuentran combinados con aceites, grasas y productos químicos derivados de las industrias, ya que proveen grandes cantidades de materia orgánica derivadas de las plantas procesadoras de alimentos y bebidas y de la industria del cuero y de la madera. Otras actividades aumentan la descarga de sedimentos como los relaves mineros. (GESAMP 2001).

3.3.2 Fuentes difusas

Estas fuentes corresponden a los desechos emitidos por prácticas agrícolas, el uso de pesticidas e insecticidas, así como el aporte de residuos de insumos agrícolas y restos de vegetales y animales. Este efluente producido contamina aguas subterráneas y acuíferos. La carga contaminante es la cantidad de un número determinado de agentes negativos para el ambiente y como también el aumento de prácticas forestales sobre todo de plantaciones nativas, es una fuente difusa de contaminantes que produce cargas de nutrientes, pesticidas y sedimentos. El principal efecto de estas actividades es el incremento en la movilización de sedimentos, nutrientes y material particulado (Oquendo, 2016).

Tabla 1.

Principales contaminantes y procesos que afectan la calidad del agua

CONTAMINANTES Y PROCESOS	DESCRIPCIÓN	FUENTES
Contaminantes orgánicos	Se descomponen en el agua y disminuyen el oxígeno disuelto, induciendo la eutrofización.	Fuentes industriales, domésticas, asentamientos humanos
Nutrientes	Incluyen principalmente fosfatos y nitratos, su incremento en el agua induce una eutrofización. Se originan de desechos humanos y animales, detergentes y escorrentía de fertilizantes agrícolas.	Fuentes domésticas, industriales, agrícola

Continuación tabla 1

Metales pesados	Se originan principalmente alrededor de centros industriales y mineros. También pueden provenir de actividades militares o a través de lixiviados.	Fuentes industriales, mineras, asentamientos humanos, actividades militares
Contaminación microbiológica	Desechos domésticos no tratados, criaderos de animales (<i>E. coli</i> , protistas, amebas, etc.)	Fuentes municipales.
Compuestos tóxicos orgánicos	Químicos industriales, dioxinas, plásticos, pesticidas agrícolas, hidrocarburos de petróleo, hidrocarburos poli cíclicos generados de la combustión del petróleo.	Fuentes industriales, asentamientos humanos, escorrentía agrícola

Fuente: (Oquendo, 2016).

3.4 Fuentes de contaminación de la quebrada el Quince

Las principales fuentes de contaminación que se destacan en la quebrada el Quince y desemboca a la laguna de Yahuarcocha son desechos orgánicos e inorgánicos, actividad agrícola y ganadera en las zonas aledañas. Las partículas contaminadas del suelo son arrastradas transportando frecuentemente metales pesados por medio de aguas residuales las cuales han sido utilizadas previamente en fuentes fijas y no han sido tratadas.



Figura 5. Quebrada el Quince

Fuente: El Autor

3.4.1 Actividades alrededor de la quebrada el Quince

La agricultura es la actividad principal, fuente de contaminación del ecosistema acuáticos, debido al incremento de nutrientes como fertilizantes, uso de sustancias tóxicas para el control de plagas que ingresan a las fuentes de agua como producto de la escorrentía. Hoy por hoy los problemas ambientales han adquirido relevancia en los grupos sociales ambientales y políticos, destacando la legislación ambiental estando involucradas a sancionar por algún tipo de desastre ambiental. La mayoría de las descargas de las actividades mencionadas con anterioridad se las realiza a los cuerpos de agua léntico, los cuales transportan y son depositados por medio de escorrentía en los sistemas lenticos cercanos como es el caso de la Laguna de Yahuarcocha que tiene entradas de agua (Pabón et al., 2016).

3.4.2 Marco legal sobre la contaminación del agua en el Ecuador

De acuerdo a las leyes que rigen la República del Ecuador inscritas en su constitución vigente desde el año 2008, se expide un sinnúmero de artículos que consideran a la naturaleza como un ente con derechos, estas leyes promueven la protección y restauración del ambiente en favor de procesos de desarrollo sustentable y sostenible de los recursos naturales renovable y no renovables de la nación. Los artículos referentes a la protección ambiental y uso de sustancias tóxicas se citan a continuación:

Art. 14.- Establece los derechos de la población a vivir en un *ambiente sano y ecológicamente equilibrado*. De igual manera, declara de interés público la preservación del ambiente, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 71, determina la responsabilidad del Estado de incentivar a las personas tanto naturales como jurídicas, y a los colectivos, *para que protejan la naturaleza*, y promover el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 72, establece el *derecho de la naturaleza a la restauración*, derecho que será independiente de la obligación que tiene el Estado, personas naturales y jurídicas, de indemnizar a las personas que dependen de los sistemas naturales afectados.

Art. 83, determinan que es responsabilidad de todos respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

Art. 395.- Que en sus numerales reconoce los principios ambientales siguientes:

- Garantizar un modelo equilibrado de desarrollo que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
- Aplicar las políticas de gestión ambiental de manera transversal serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

En esta investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos que se emplearon en la fase de campo y de laboratorio.

Materiales

- Frasco ámbar 750 ml
- Agitadores magnéticos
- Frascos Boeco
- Placas petrifilm
- Oxitop

Equipos

- Oxímetro YSI Pro20
- Conductímetro ExStik®II EC400
- Potenciómetro ExStik®II EC400
- Turbidímetro LaMotte 2020e
- Colorímetro LaMotte Smart3
- Balanza digital MIDCIS
- Caudalímetro o molinete FLOWATCH
- GPS Garmin extrex10
- Espectrofotómetro Merck Nova60

Reactivos utilizados

- Hidróxido de Potasio (KOH)
- Cloruro Férrico ($FeCl_3$)
- Cloruro de Calcio ($CaCl_2$)
- Sulfato de Magnesio ($MgSO_4$)

- Hidrógeno-ortofosfato dipotásico (K_2HPO_4)
- Cloruro de amonio (NH_4CL)
- Kit de Fosfato
- Kit de Nitratos

4.2 Métodos

4.2.1 Ubicación geográfica

Esta investigación se efectuó en el Cantón Ibarra en la provincia de Imbabura en la quebrada El Quince que nace en el sector el Romerillo hasta su desemboca en la laguna de Yahuarcocha.

La caracterización de los parámetros físico químicos se realizó en dos fases: ex situ e in situ, en la Comunidad Romerillo, en el barrio La Victoria, en la Parroquia San Francisco, como también en la parroquia de La Dolorosa de Piorato, en el sector de la Laguna de Yahuarcocha, de los cuales se escogió cinco puntos distintos según mencionan Castro et al. (2016), tomando en cuenta que dos de los tres puntos sean el inicio y el final (desembocadura hacia la laguna de Yahuarcocha) de la quebrada. En los puntos ya mencionados se realizaron análisis de caracterización y de parámetros como le pH, temperatura, solidos disueltos totales, oxígeno disuelto y caudal.

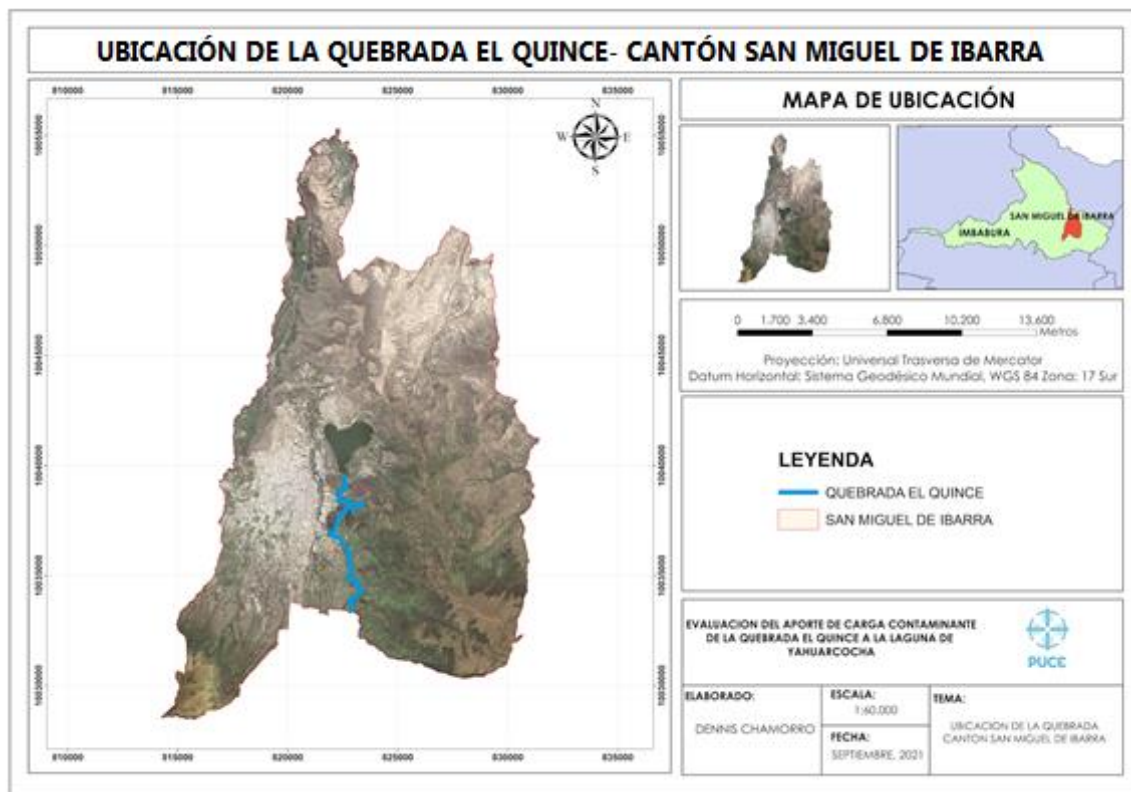


Figura 6. Mapa de ubicación de la Quebrada El Quince
Elaborado por el Autor

Zona: 17 N

Longitud: X 17824310 E

Latitud: Y 0042128 N

Altitud: 2200 m.s.n.m.

4.2.2 Determinación de los puntos de muestreo

Para la caracterización del uso del suelo, se necesitó la ayuda del software ArcGIS 10.3, se basó en la información cartográfica y base de datos que se obtuvo del Geo Portal del Instituto Geográfico Militar, para este fin se logró realizar varias caminatas por las riveras de la quebrada, fueron pocos los puntos de fácil acceso donde se tomó varias fotografías aéreas con el equipo adecuado, un dron de marca Dji Mavic Air 2 con el objetivo de realizar una expansión de la

quebrada investigada y con ello se pudo realizar una caracterización más efectiva y simbología fácil de comprender.

Se colectó toda la información cartográfica digitalizada disponible y se procedió a elaborar los mapas temáticos con la ayuda del software antes mencionado. En estos puntos donde hubo el fácil acceso se determinó realizar los siguientes objetivos de esta investigación.

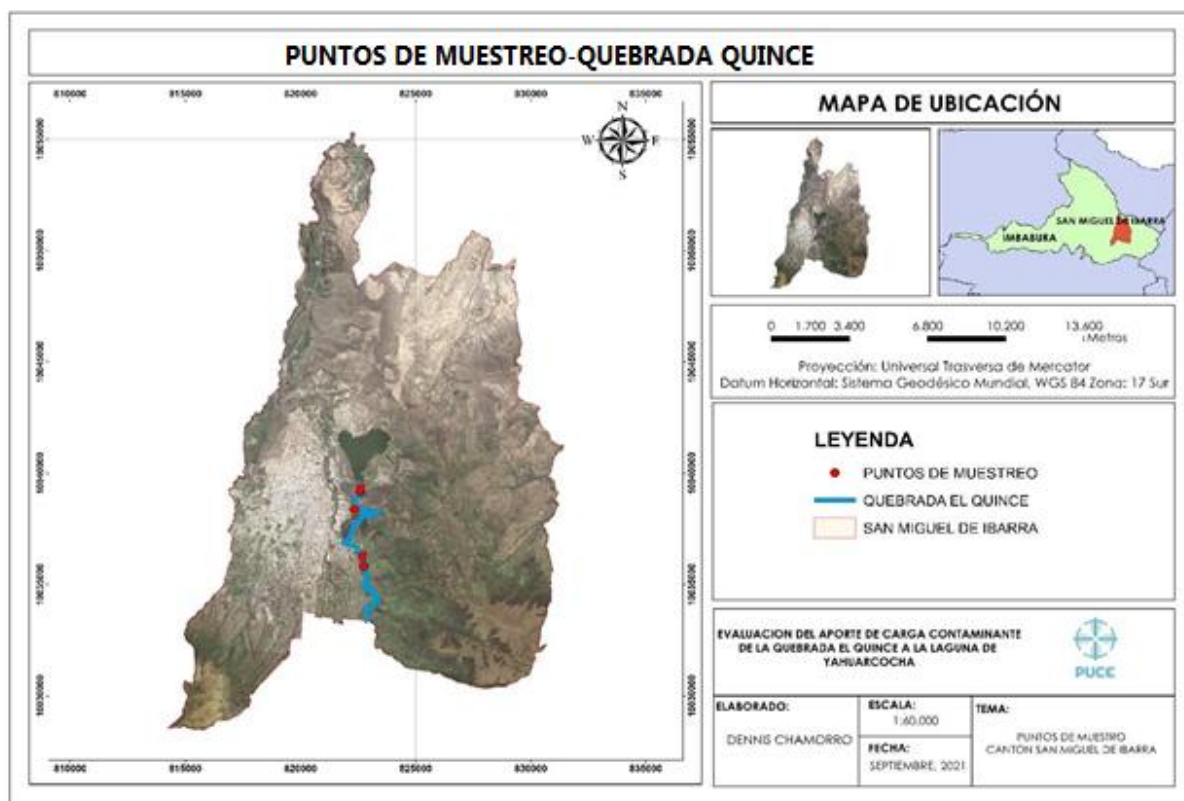


Figura 7. Determinación de los puntos de muestreo de la quebrada El Quince

Elaborado por El Autor

4.2.3 Recolección de muestras de agua

Para la recolección de muestras de agua, se realizó en tres períodos con un lapso de tiempo de 15 días en los meses agosto- septiembre. Las 5 muestras por salida, se trasladaron en frascos de vidrio y con la ayuda de un cooler se facilitó la conservación de las muestras para el análisis físico-químicos, para los análisis microbiológicos, se empleó recipientes de material inerte, nuevos y estériles de 100 ml de polipropileno. (Ortíz, 2010)

Se colectó las muestras de agua de cada punto seleccionado tomando en cuenta el no llenar a tope el recipiente. Cabe recalcar que el frasco donde estará la muestra debe estar debidamente esterilizado. (Guzmán, 2015)

Se implementó el ICA propuestos por Brown, para el estudio de calidad de agua. En la siguiente tabla podemos verificar los parámetros, in situ y ex situ, para el cumplimiento de nuestro segundo objetivo.

Tabla 2.

Parámetros utilizados en el análisis de las muestras

PARÁMETROS IN SITU	PARÁMETROS EX SITU
pH	Coliformes fecales
Sólidos disueltos totales	DBO ₅
Oxígeno disuelto	NO ₃
temperatura	PO ₄
	Turbidez

Fuente: El autor

Para la toma de muestra de los análisis físico-químicos se procedió a homogeneizar los recipientes con agua destilada por varias ocasiones antes de la toma de muestra de agua para evitar alguna contaminación de la muestra a recolectar.

Posteriormente se procedió a etiquetar los frascos con la muestra recolectada con el código de la muestra y el punto de recolección, esta información también se documentó en una libreta de campo describiendo algunas posibles fuentes de contaminación de cada punto.

Cabe mencionar que las muestras fueron transportadas a los laboratorios de Química de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra para efectuar los análisis físico-químicos y microbiológicos

Para el cumplimiento de este objetivo se determinaron cinco puntos de muestreo de dicha quebrada, los cuales fueron los únicos sitios con acceso factible.

Para la respectiva preservación y transporte de las muestras se utilizó un coolers para proteger de la luz solar y se encuentran en una adecuada conservación, con fundas de ice pack para mantener una temperatura de entre 4°C y 8°C aproximadamente, con la finalidad de retrasar las alteraciones químicas y biológicas que prosiguen después de que la muestra haya sido tomada de su origen, cabe recalcar que las muestras llegaron a los laboratorios trascurridos 4 horas de la primera toma.

En la Figura 7. se constató las tomas de muestras de los diferentes puntos de la quebrada a investigar, como también las tomas fotográficas de la adecuada técnica para la recolección de la muestra.

4.2.4 Técnicas empleadas para el análisis de agua

Para lograr un adecuado análisis de calidad de agua, se puso en práctica los parámetros propuestos por Robert Brown basándose en la metodología de Standard Methods.

En la tabla 3 podemos verificar las unidades y los métodos a utilizar para los distintos parámetros ICA.

Tabla 3.

Métodos usados para el análisis ICA de muestras recolectadas en campo.

Parámetro	Unidades	Método de referencia
Coliformes fecales	IMP/100ml	(SM 9223 A, B/ MM-AG/S-20)

Continuación tabla 3

Turbidez	NTU	(SM 2130 B)
DBO ₅	mg/l	(SM 5210 B, D/MM-AG-19)
pH	Unidad de pH	(SM 4500 H/MM-AG/S-01)
Fosfato	mg/l	(Método de Molibdovanadato con Digestión de Persulfato Acido-Código 4025-01)
Nitratos	mg/l	(Método de Reducción de Zinc-Código 3689-SC)
Sólidos disueltos totales	mg/l	(SM 2540 D/MM-AG-05)
Temperatura	°C	(Standard Methods 25500 B)
Oxígeno Disuelto	mg/l	(SM 4500 O, G/MM-AG-03)

Fuente: León (2014)






4.2.5 Índice de calidad de agua (ICA) propuesta por Brown

Según García, (2014) el índice de calidad de agua “es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes, siendo este diseñado en 1970” y es empleado para comparar la calidad de agua de los diferentes cuerpos de agua, para con ello concluir con si este cuerpo de agua es saludable o no. El ICA es una versión mejorada del WQI (Water Quality Index) sus siglas en inglés, la misma que fue crea por La Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos.

Para determinar la clasificación del índice de calidad del agua se basó en la escala, donde 100 es un valor máximo, el cual nos indicó que el agua se encuentra en óptimas condiciones y el valor va disminuyendo según la cantidad de contaminación que tenga el cuerpo de agua.

Tabla 4.

Clasificación de calidad de agua en función del ICA propuesto por Brown

VALOR DEL INDICE	CLASIFICACION	LEYENDA
0-25	Muy Mala (MM)	
26-50	Mala (M)	
51-70	Regular (R)	
71-90	Buena (B)	
91-100	Excelente (E)	

Fuente: Jiménez (2006)

Para realizar el cálculo de calidad de agua propuesta por Brown, se usó la fórmula que según (Quiroz, 2017) “tiene en cuenta el promedio aritmético ponderado de nueve variables, y se determina a través de la ecuación”

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i})$$

Donde:

w_i : se asigna a los pesos relativos Sub y también equilibrados entre 0 y 1

Sub_i : Parámetro del subíndice i

En la siguiente tabla se logró corroborar los pesos relativos a utilizar para el cálculo de índice de calidad de agua.

Tabla 5.

Pesos relativos del índice de calidad de agua

I	Sub i	Wi
1	Coliformes Fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO ₅	0.10
4	NO ₃	0.10
5	PO ₄	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos Disueltos T	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Fuente: Quiroz (2017)

4.2.6 Valoración del ICA según las funciones

Se destina valoraciones a las siguientes funciones de los parámetros obtenidos.

- Si la valoración de los coliformes fecales son superior de 100,000 Bact/100 mL el Sub1 es equivalente a 3 y si es inferior a 100,00 Bact/100 mL. Verificar anexo 1.
- Si la valoración de pH es inferior o igual a 2 unidades el Sub2 es equivalente a 2, si la valoración de pH es superior o igual a 12 el Sub2 es equivalente a 3 y si el valor se encuentra entre 2 y 12. Verificar anexo 1.
- Si la valoración de DBO₅ es superior a 30 mg/L el Sub3 es equivalente a 2 y si la valoración es inferior de 30 mg/L. Verificar anexo 1.
- Si la valoración de NO₃ es superior a 100 mg/L el Sub4 es equivalente a 2 y si la valoración es inferior de 100 mg/L. verificar en el gráfico. Verificar anexo 1.
- Si la valoración de PO₄ es superior a 10 mg/L el Sub5 es equivalente a 5 y si la valoración es inferior de 10 mg/L. Verificar anexo 1.

- Para la obtención de temperatura se realiza el cálculo de la diferencia entre T ambiental y de la muestra. Si la valoración de esa diferencia es superior a 15°C el Sub5 es equivalente a 9 y si la valoración es inferior de 15°C. Verificar anexo 1.
- Si la valoración de la turbidez es superior de 100 FAU el Sub7 es equivalente a 5 y si la valoración es inferior de 100 FAU, examinar el valor en el eje (X) en la que se procede a interpolar al eje (Y). El producto hallado es el Sub7 de la turbidez y se eleva al peso w7. Verificar anexo 1.
- Si la valoración de los Sólidos disueltos totales es superior a 500 mg/L el Sub8 es equivalente a 32 y si la valoración es inferior de 500 mg/L verificar el valor (X) en el gráfico procediendo a interpolar el valor de eje (Y). Verificar anexo 1.
- Para el oxígeno disuelto, primeramente, se calcula la saturación del oxígeno directamente en el agua. Para ello se identifica el valor de la saturación del oxígeno disuelto tomando en cuenta la temperatura del agua. Verificar anexo 1.

Cabe mencionar, que se usó la herramienta digital Water Quality Index Calculator for Surface Water, para la comprobación del índice de calidad de agua, la cual nos ayudó a verificar los resultados dados.

4.2.7 **Análisis in situ de las muestras de agua**

Para la medición de los parámetros pH y la temperatura, se basó en la metodología de referencia (SM 4500 H/MM-AG/S-01), donde se requirió de un Potenciómetro ExStik®II EC400, para la medición de dichos parámetros, se lavó el electrodo con agua destilada, para evitar errores en las diferentes mediciones. Se tomó la muestra de agua en un recipiente para luego introducir el conductímetro con el electrodo debidamente lavado, se deja en reposo durante un minuto, en seguida se da lectura a la medición y se documenta el valor del pH y la respectiva temperatura en el cuaderno de campo. (Torres, 2016)

Para la toma de la lectura de los sólidos totales de las muestras, se necesitó la ayuda del equipo de laboratorio (conductímetro ExStik®II EC400) y empleando el método (SM 2540 D/MM-AG-05), para lo cual previo a la toma de muestra se procedió al lavado del electrodo del equipo con agua destilada para evitar algún tipo de contaminación y alteración en la lectura. Se tomó en un

recipiente la muestra de agua del punto y colocamos el electrodo durante un minuto para que los valores se estabilicen y la lectura resulte más simple. (Torres, 2016)

En la medición del oxígeno disuelto de los distintos puntos, se puso en práctica la metodología descrita en la Tabla 3, requiriendo del apoyo del oxímetro portátil para realizar la lectura in situ, para ello se requirió verificar el equipo que esté debidamente calibrado y revisar que el electrodo y el lente que esté en perfecto estado, para no tener ninguna falla en la toma de datos según. Al realizar la toma de datos de oxígeno disuelto, se procedió a lavar con agua destilada el electrodo y posteriormente se introdujo el mismo al interior de la quebrada, directamente, y se procedió a esperar la estabilización de los datos para el registró los datos de los cinco puntos establecidos (Torres, 2016).

4.2.8 **Análisis en laboratorio de muestra de agua**

Para el análisis de coliformes fecales, se necesitó un vaso nuevos y estériles de 100 ml de polipropileno, donde se colocó la muestra un 1/3 de la capacidad del recipiente para permitir la expansión térmica según Sierra (2011), una vez llevadas las muestras al laboratorio de microbiología, se procedió a realizar el análisis en placas petrifilm, donde las mismas se colocan en una superficie plana para poder retirar el film, y se añadió 10ml de la muestra, cabe recalcar que al colocar la muestra se debe hacer de manera perpendicular, una vez situada la muestra, tener en cuenta que no deben formarse burbujas de aire, se introdujo las muestras en la incubadora a temperatura de 30°C durante 24 o 48 horas, trascurrido el tiempo se realizó el conteo de colonias.(Figueroa, 2016).

Para la realización del análisis de la demanda biológica de oxígeno, radica en agregar las soluciones:

- A la misma que incluye 0,25gr. de cloruro férrico (FeCl_3) hexahidratado en 1000 ml de agua destilada
- B que incluye 27,5gr. de cloruro de calcio (ClCa_2) anhidro en 1000 ml de agua destilada,
- C que contiene 22,5 de sulfato de magnesio (MgSO_4)

- D que incluye 21,7gr de fosfato dipotásico (K_2HPO_4), 1,7gr. de cloruro de amonio, 8,5gr. de fosfato diácido de potasio (KH_2PO_4) y 33,4gr. de difosfato disódico heptahidratado en 1000 ml de agua destilada.

Posteriormente se adicionó 43 ml de nuestra muestra de agua, conjuntamente con 1ml de cada una de estas soluciones (A, B, C, D), conjuntamente un agitador en la botella ámbar, luego procedimos a colocar en la tapa 0,5gr. de hidróxido de potasio (KOH) y se instaló los sensores para DBO (oxitop), por último, se colocó bajo el régimen respiratorio por 5 días en constante agitación y a temperatura de 20°C. (VELP Scientifica, 2015).

En el estudio de nitratos, prosiguiendo el manual NOVA-60 de Nitratos, se colocó una microcuchara del reactivo NO_3^{-1} (la microcuchara se la encuentra en el interior del reactivo conjunto con la tapa del mismo) en el tubo de ensayo, colocar 5,0 ml del reactivo NO_3^{-2} y posteriormente se agitó durante un minuto hasta que el reactivo se haya disuelto por completo, se añadió 1,5 ml de la muestra analizar, para realizar este procedimiento es conveniente realizarlo con mucha precaución, ya que al fusionarse el agua con los reactivos se forma una reacción que emana calor por lo cual es factible utilizar implementos de seguridad como guantes resistentes al calor y se deja reposar para que se enfríe unos 10 minutos aproximadamente, esperado el tiempo, se colocó 10mm de la muestra dentro de la cubeta para introducirla en el fotómetro (Supelco, 2004).

Para la investigación del fosfato de las muestras de agua, se midió 10 ml de muestra e se introdujo en un tubo y se colocó un sobre de reactivo de fosfato y se agita hasta que el reactivo de fosfato este completamente disuelto, cabe recalcar que el color de la muestra se torna de color azul, se estableció el equipo colorímetro LaMotte SMART 3 para la prueba de fosfatos (código 078 fosfatos), escaneamos nuestro blanco (etiqueta 0,0), posteriormente colocar en la cubeta la muestra con el reactivo fosfato y se escaneó (Sierra et al., 2019).

Para el análisis de la turbidez de nuestras muestras se utilizó el equipo Turbidímetro LaMotte 2020e, se preparó la muestra a analizar colocando 10ml de la muestra de agua, se prosigue a escanear nuestro blanco con el código 0,0 posteriormente se escanea la muestra, el resultado se encuentra en Unidades de Turbidez Nefelométrica (NTU). (Díaz, 2018)

Cabe mencionar que la metodología de referencia utilizada para los análisis ex situ, se pueden verificar en la Tabla 3 de este documento.

4.2.9 **Medición de Caudales**

Se realizó la identificación de los aforos, tomando en cuenta que las mismas estén ubicadas en la parte inicial y final de la quebrada y en un tramo estratégico, donde ayudó a realizar la medición de la velocidad del caudal. Estos puntos deben estar ubicados donde no se encuentren curvas, porque se necesita una sección perpendicular al flujo, como también no debe encontrarse en donde el agua esté estancada por el hecho de que no existe movimiento de flujo, la recopilación de datos del aforo se hizo en tres puntos distintos: zona alta (inicio de la quebrada, sector Romerillo), zona media (barrio la Victoria sector la Universidad Católica Sede Ibarra) y zona baja (sector Laguna de Yahuarcocha).

En cada uno de los sectores se efectuó la medición de la quebrada o sección, como datos más importantes fueron el ancho, donde utilizando una cinta métrica obteniendo valores en centímetros, posteriormente se valoró la profundidad de la quebrada con la ayuda de una vara con medidas, las mismas que estuvieron representadas en centímetros, este procedimiento se realizó en las 3 secciones descritas anteriormente, enseguida se transcribió los datos en la libreta de campo.

Para la realización de la medición de la velocidad se procedió a realizarlo con la ayuda del caudalímetro FLOWATCH, el caudal medido por este equipo tiene relación entre el volumen y el tiempo cuyas unidades son m/s.

Para la determinación del caudal, en cada uno de los dominios seleccionados, se sumergió las hélices del equipo en el afluente, tomando en cuenta que no esté en contacto con la profundidad o canal de la quebrada, ya que si está en contacto los datos serán erróneos. Una vez colocado correctamente, dejamos que se establezca la lectura aproximadamente por un minuto y transcribimos los datos en nuestra libreta para sus respectivos cálculos (Burgos, 2017). Cabe enfatizar que no se realizó varias mediciones en diferentes profundidades, ya que nuestra quebrada no tenía una profundidad bastante significativa, por ello se realizó una sola medición.

Este estudio tuvo 3 repeticiones por cada sección seleccionada, los cuales se los aplicó con un lapso de 15 días. (Sandoval et al., 2015) menciona que, para el cálculo del caudal, se expresará a función del área de la quebrada con la siguiente ecuación:

$$Q = A * V$$

Donde:

Q: Caudal de la quebrada que se investiga

A: Área de la sección donde se investiga

V: Velocidad obtenida con el caudalímetro

4.2.10 **Determinación de carga contaminante**

La determinación de carga contaminante y el caudal tiene una correlación directa, por ellos la importancia de que la medición de caudal sea con bastante precisión. La carga contaminante, se realizó tomando en cuenta los parámetros obtenidos de la quebrada; DBO₅, Sólidos totales, Nitratos y Fosfatos, según argumenta Nuñez (2015), que los parámetros pueden variar según el estudio realizado, por lo cual se optó en analizar la carga contaminante para los cuatro parámetros, los mismos que son los más significativos para este estudio por el alto efecto ambiental negativo.

El análisis de dichos parámetros aportó con la cantidad de contaminantes que existe en el afluente en unidad de tiempo, expresándose en Kg/d, donde se aplicó la ecuación relacionando al caudal por la concentración del cuerpo de agua (Nuñez, 2015).

$$CC = Q_p * C * 0,0864$$

Donde:

CC: Carga contaminante

Q: Caudal promedio de la quebrada investigada

C: Concentración del contaminante

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Puntos de muestreo

Se determinaron 5 puntos de muestreo a lo largo de la quebrada El Quince, el mismo que es un aporte hídrico de la laguna de Yahuarcocha. Por los pocos accesos que tiene la quebrada, se logró tener los puntos mencionados en la siguiente tabla.

Tabla 6.

Determinación de puntos de muestreo

Puntos de Estudio	Criterio	Coordenadas (WGS 84 UTM Zona 17N)	
		X	Y
Punto 1 (Inicial)	Sector Comunidad el Romerillo	822669	10039174
Punto 2	Barrio Rosal de las Malvinas	822623	10039305
Punto 3	Barrio La Victoria etapa III	822333	10038364
Punto 4	Barrio San Miguel de Yahuarcocha	822694	10036277
Punto 5 (final)	Desembocadura a la Laguna de Yahuarcocha	822747	10035821

Elaborado por el Autor

5.2 Uso de suelo de la quebrada El Quince

En la determinación del uso de suelo de las partes ribereñas de la quebrada, se lo logró con ayuda de un GPS, para la toma correctas de coordenadas y lograr la elaboración de los mapas

temáticos. En una de las salidas se pudo realizar tomas fotográficas con equipo de dron, lo cual, se debió buscar lugares adecuados para el despegue y el aterrizaje del equipo, según Ojeda et. al.(2016) en su investigación recomiendan que es si el terreno se encuentra con gran cantidad de rocas, se use partes planas y semirugosas, ya que, el equipo no sufra desperfectos en el momento de despegar ni el de aterrizar.

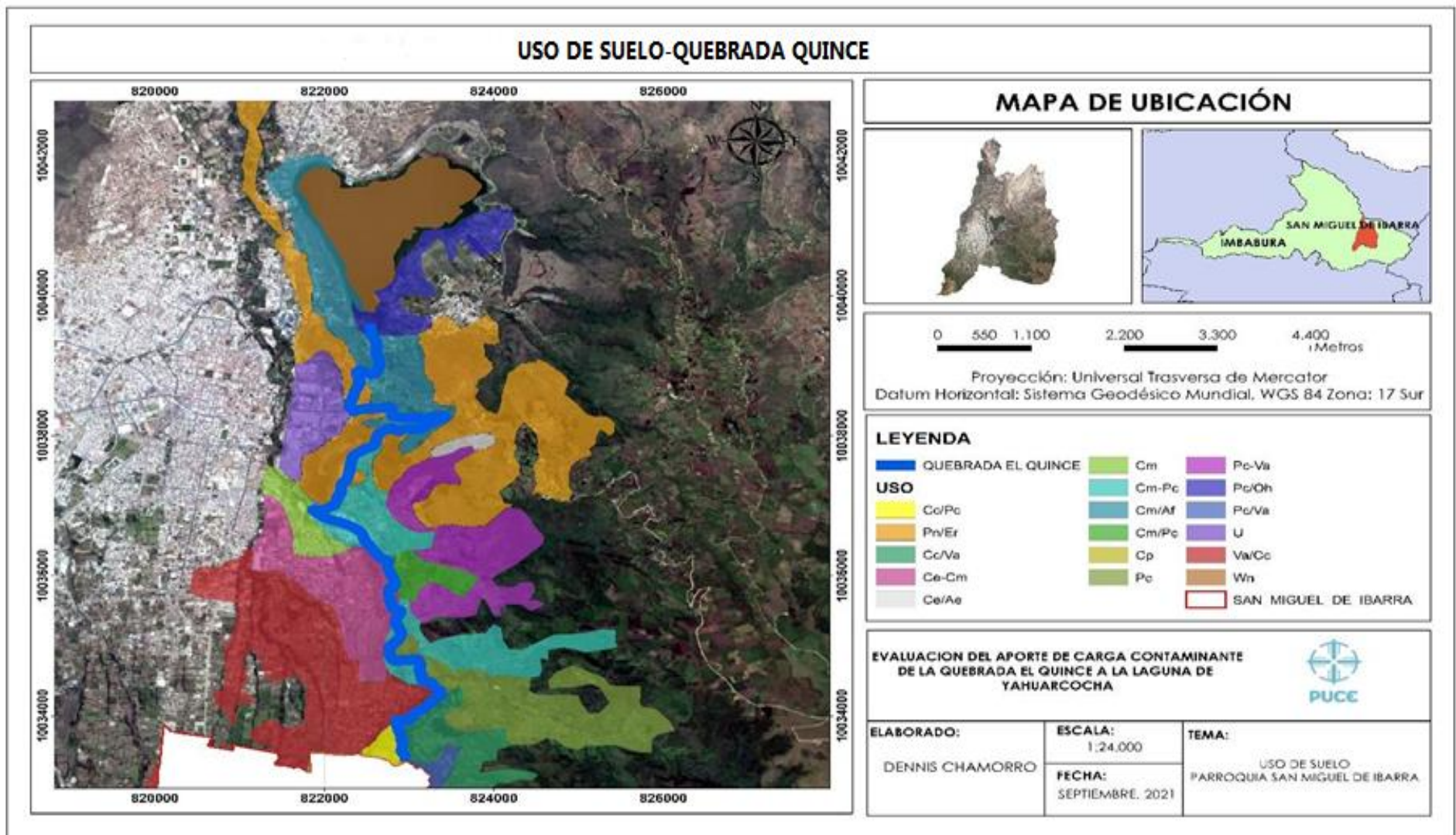


Figura 8. Mapa temático de uso de suelo

Elaborado por el Autor

Tabla 7.

Descripción y cobertura del uso de suelo

Uso	Descripción	Cobertura
Cc/Pc	70% Cultivos de ciclo corto con 30% Pasto cultivado	CULTIVOS CICLO CORTO
Pn/Er	70% Pasto natural con 30% Afloramientos rocosos, grava y minas.	PASTO NATURAL
Cc/Va	70% Cultivos de ciclo corto con 30% Vegetación arbustiva	CULTIVOS CICLO CORTO
Ce-Cm	50% Bosque plantado con 50% Maíz	BOSQUE PLANTADO
Ce/Ae	100% Cereales en Área erosionada	CULTIVOS CICLO CORTO
Cm	100% Maíz	CULTIVOS CICLO CORTO
Cm-Pc	50% Maíz con 50% Pasto cultivado	CULTIVOS CICLO CORTO
Cm/Af	100% Maíz en Área con fuerte proceso de erosión	CULTIVOS CICLO CORTO
Cm/Pc	70% Maíz con 30% Pasto cultivado	CULTIVOS CICLO CORTO
Cp	100% Papa	CULTIVOS CICLO CORTO

Continuación tabla 7

Pc	100% Pasto cultivado	PASTO CULTIVADO
Pc-Va	50% Pasto cultivado con 50% Vegetación arbustiva	PASTO CULTIVADO
Pc/Va	70% Pasto cultivado con 30% Vegetación arbustiva	PASTO CULTIVADO
U	100% Áreas urbanas	ZONA ANTROPICA
Va/Cc	70% Vegetación arbustiva con 30% Cultivos de ciclo corto	VEGETACION ARBUSTIVA

Nota: Nomenclatura; Ae= cereales en área; Af= Área con fuerte proceso de erosión; Cc = cultivos ciclo corto; Ce= Cereales; Cm= maíz; Cp= Cultivo de papa; Er= Afloramiento rocoso, grava y minas; Pc= Pasto cultivado; Pn= Pasto natural; U= Área urbana; Va= Vegetación arbustiva

Fuente: Geo portal IGM

En la anterior figura se visualiza los diferentes usos de suelo que les dan a las riberas de la quebrada, con ayuda del Geo portal del Instituto Geográfico Militar se logró evidenciar las actividades agrícolas que se realizan.

Por lo general las riberas de la quebrada tiene una cobertura bastante pronunciada en cultivos de ciclos cortos con un porcentaje del 53% (abarcando cultivos de maíz), el pasto cultivado ocupa una cobertura del 20%, los bosques plantados con 7%, las actividades antrópicas cubren un 7%, la vegetación arbustiva un 7% y los pastos naturales encontramos en un 6% de actividades que se realizan en la quebrada, (Jiménez, et. al., 2018) recalca en su investigación que las actividades antrópicas en los causes hídricos son unas de las causas que genera contaminación en los cuerpos de agua, generando preocupación por este efecto causado, se ha visualizado en las diferentes salidas, realizarse todo este tipo de actividades por la población local con fin recreacional.

Según el GAD San Miguel de Ibarra, (2015), menciona que, en las zonas rurales, en la micro cuenca Yahuarcocha y sus afluentes, las áreas de cultivos, conjuntamente con áreas de bosques se encuentran en un uso potencial por la profundidad de los suelos y las pendientes que posee sus tierras. De igual manera en el (GAD San Miguel de Ibarra, 2020), verifica que las vegetaciones arbustivas con un porcentaje $>35\%$ y las zonas de cultivos tienen un valor porcentual $>25\%$, son las áreas que más destacan en sus alrededores del cantón, por su principal característica de tierra negra rica en materia orgánica.

5.2.1 Conflicto de uso de suelo

En la siguiente figura se puede observar los diferentes conflictos que posee la quebrada El Quince.

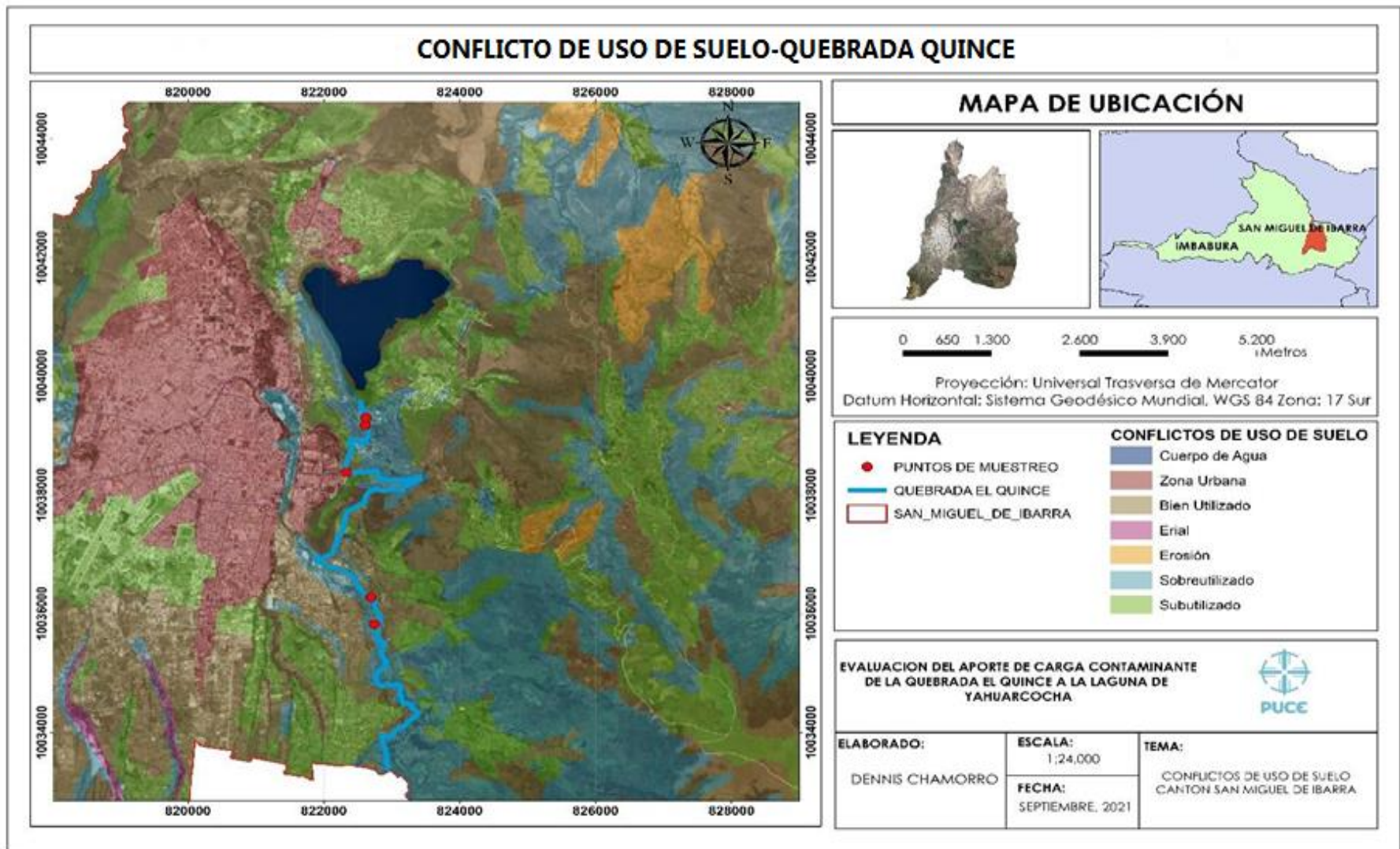


Figura 9. Mapa del conflicto de uso de suelo
Elaborado por el Autor

Se puede observar que en el trayecto de la quebrada podemos encontrar conflicto por Zona Urbana, por bien utilizado, por Sobre utilizado y por Sub utilizado, donde se hizo un análisis visual que existe un conflicto de uso de tierra por ser un suelo Sub utilizado, con tierras agrícolas, según (Calvano, et. al., 2014) en su investigación realizada en Bogotá, Colombia menciona que a nivel regional se arrojan datos de conflictos en el uso del suelo con terrenos subutilizados para fines agrícolas, la actividad que utiliza la mayor parte de extensión de terreno es la ganadera, estas provocan la destrucción forestal con el propósito de ampliar estos tipos de actividades.

Según el GAD San Miguel de Ibarra, (2015), refiere que la micro cuenca de Yahuarcocha y sus afluentes obtienen un valor porcentual del 41% (ver anexo 2) de ser un suelo sub utilizado, concediendo con los datos obtenidos por el mapa temático (*Figura 9*), al tener un conflicto con la mayor área de suelo Sub utilizado en toda la quebrada El Quince.

5.3 Evaluación de la calidad de agua de los puntos de muestreo

En la evaluación, los valores fueron obtenidos dentro de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, en los laboratorios tanto de Química y Microbiología. Los valores promediales obtenidos se reflejan en la tabla plasmada a continuación.

Tabla 8.

Parámetros evaluados del punto 1 (Inicial)

Parámetros	Unidades	Valor Promedio	*Criterio de calidad	Cumplimiento
Coliformes fecales	NMP/100 ml	273,67		
pH	Unidades de pH	6,81	6,5-9	Cumple
DBO ₅	mg/ L	80,00	20	No cumple
NO ₃	mg/L	2,05	13	Cumple
PO ₄	mg/L	0,99		
Temperatura	°C	3,53		
Turbidez	NTU	3,91		

Continuación tabla 8

Solidos disueltos totales	mg/L	259,37	Max del incremento del 10% de la condición natural(330)	Cumple
Oxígeno disuelto	% saturación	84,30	>80	Cumple

Nota: el criterio de calidad se obtuvo del Texto Unificado de Legislación Secundaria Registro Oficial 097 tabla 2.

Elaborado por el Autor

Tabla 9.

Parámetros evaluados del punto 2

Parámetro	Unidades	Valor Promedio	*Criterio de calidad	Cumplimiento
Coliformes fecales	NMP/100 ml	210,33		
pH	Unidades de pH	7,00	6,5-9	Cumple
DBO ₅	mg/ L	75,00	20	No cumple
NO ₃	mg/L	2,13	13	Cumple
PO ₄	mg/L	0,84		
Temperatura	°C	4,03		
Turbidez	NTU	4,20		
Solidos disueltos totales	mg/L	275,40	Max del incremento del 10% de la condición natural (330)	Cumple
Oxígeno disuelto	% saturación	85,82	>80	Cumple

Nota: el criterio de calidad se obtuvo del Texto Unificado de Legislación Secundaria Registro Oficial 097 tabla 2.

Elaborado por el Autor

Tabla 10.

Parámetros evaluados del punto 3

Parámetro	Unidades	Valor Promedio	*Criterio de calidad	Cumplimiento
Coliformes fecales	NMP/100 ml	107,00		
pH	Unidades de pH	6,74	6,5-9	Cumple
DBO ₅	mg/ L	72,33	20	No cumple
NO ₃	mg/L	2,07	13	Cumple

Continuación tabla 10

PO ₄	mg/L	0,89		
Temperatura	°C	5,97		
Turbidez	NTU	4,23		
Solidos disueltos totales	mg/L	275,13	Max del incremento del 10% de la condición natural (330)	Cumple
Oxígeno disuelto	% saturación	79,77	>80	No cumple

Nota: el criterio de calidad se obtuvo del Texto Unificado de Legislación Secundaria Registro Oficial 097 tabla 2.

Elaborado por el Autor

Tabla 11.

Parámetros evaluados del punto 4

Parámetro	Unidades	Valor Promedio	*Criterio de calidad	Cumplimiento
Coliformes fecales	NMP/100 ml	333,00		
pH	Unidades de pH	6,97	6,5-9	Cumple
DBO ₅	mg/ L	73,33	20	No cumple
NO ₃	mg/L	1,90	13	Cumple
PO ₄	mg/L	0,90		
Temperatura	°C	5,57		
Turbidez	NTU	4,57		
Solidos disueltos totales	mg/L	277,40	Max del incremento del 10% de la condición natural (330)	Cumple
Oxígeno disuelto	% saturación	86,60	>80	Cumple

Nota: el criterio de calidad se obtuvo del Texto Unificado de Legislación Secundaria Registro Oficial 097 tabla 2.

Elaborado por el Autor

Tabla 12.

Parámetros evaluados del punto 5

Parámetro	Unidades	Valor Promedio	*Criterio de calidad	Cumplimiento
Coliformes fecales	NMP/100 ml	329,33		
pH	Unidades de pH	6,84	6,5-9	Cumple
DBO ₅	mg/ L	80,33	20	No cumple
NO ₃	mg/L	1,90	13	Cumple
PO ₄	mg/L	0,83		
Temperatura	°C	7,30		
Turbidez	NTU	4,63		
Solidos disueltos totales	mg/L	273,37	Max del incremento del 10% de la condición natural (330)	Cumple
Oxígeno disuelto	% saturación	85,07	>80	Cumple

Nota: el criterio de calidad se obtuvo del Texto Unificado de Legislación Secundaria Registro Oficial 097 tabla 2.

Elaborado por el Autor

En las tablas anteriores destacan los resultados promedio de la calidad de agua obtenidos en los diferentes puntos, los mismos que conducen y hacen la desembocadura en la laguna de Yahuarcocha siendo así una de las principales fuentes de ingreso de agua a dicha laguna, como también una de las principales fuentes de contaminación. (Alarcón, 2016) menciona en su investigación, realizada en la desembocadura de la quebrada el Quince, mencionada en los resultados de dicho análisis como canal Tahuando, que el valor del Oxígeno disuelto no cumple con la normativa de los criterios de calidad admisibles para cuerpos de agua dulces del Acuerdo Ministerial 097, obteniendo un valor de 0,7%, al igual que en los valor obtenido en esta investigación , que se obtuvo un valor promedio de los puntos de 5,78% de oxígeno disuelto, valor fuera de la norma.

En el estudio de DBO₅, realizado por (Alarcón, 2016), obtiene un valor del parámetro de 78 mg/ L, comparándolo con lo estipulado en los criterios del Acuerdo Ministerial 097, no cumple con dicha norma, de la misma manera, en los resultados de este apartado, el DBO₅ incumple con los criterios de calidad con un valor promedio de los puntos de 76,19 mg/ L.

En la comparación y cumplimiento, se lo logró conjuntamente con la normativa del Acuerdo Ministerial 097, estableciendo como “criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios”, en el libro: tabla 2 “Texto Unificado de Legislación Secundaria N° 097” (ver anexo 4), donde cada uno de los resultados analizados de cada punto, se verificó con el cumplimiento de la norma. Cabe mencionar que, de los nueve parámetros analizados, por cada sección, se pudo verificar cinco factores que son: Potencial de Hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Nitratos (NO₃), Sólidos Disueltos Totales (SST), Oxígeno Disuelto (OD).

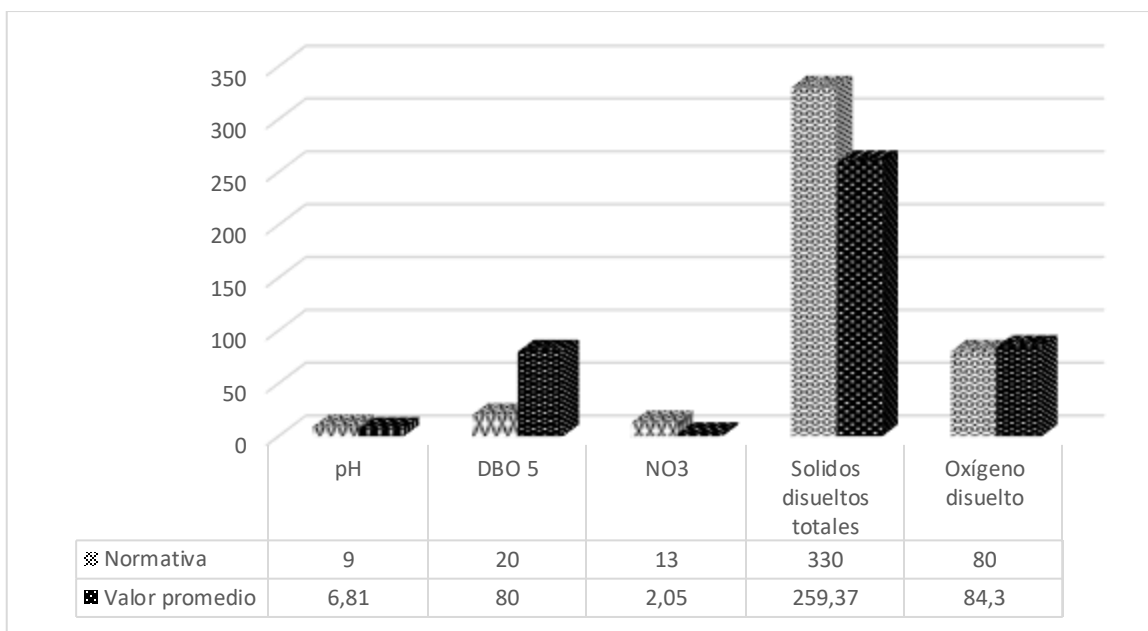


Figura 10. Cumplimiento con la normativa de los parámetros, punto 1

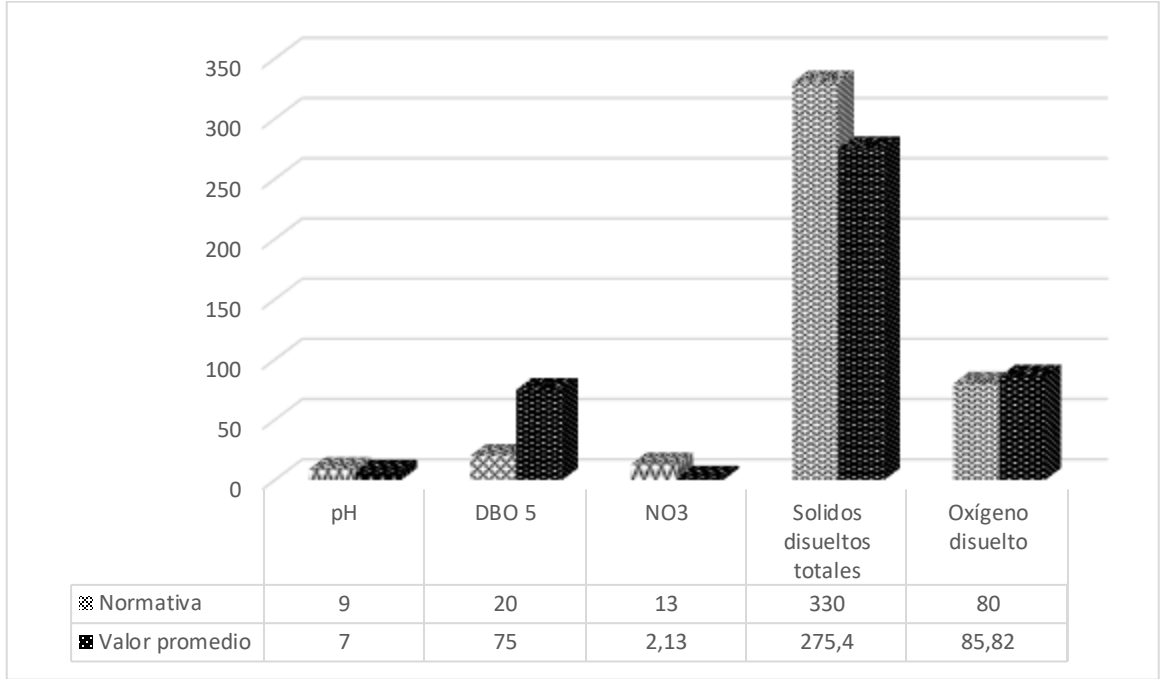


Figura 11. Cumplimiento con la normativa de los parámetros, punto 2

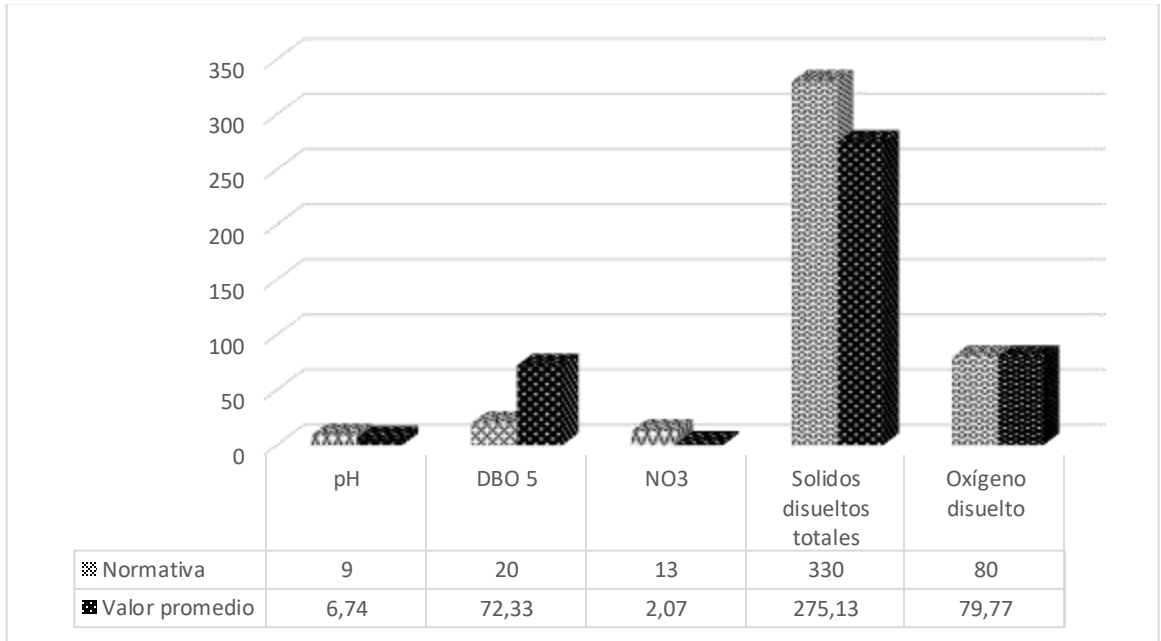


Figura 12. Cumplimiento con la normativa de los parámetros, punto 3

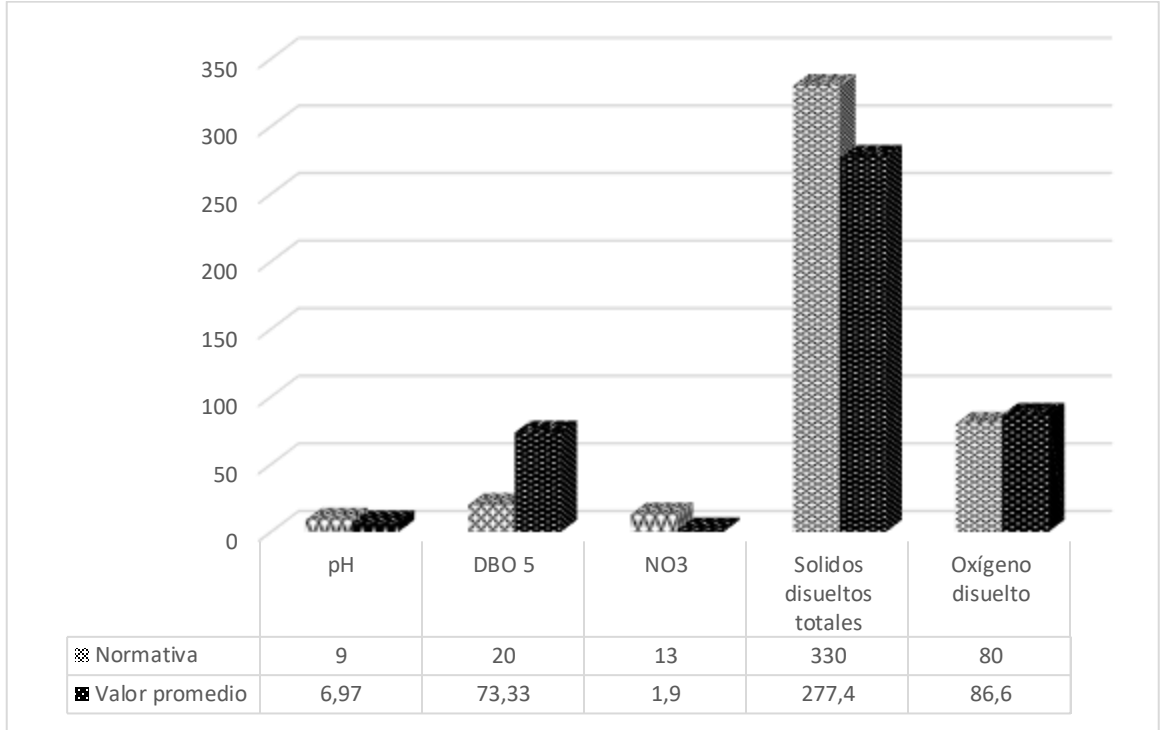


Figura 13. Cumplimiento con la normativa de los parámetros, punto 4

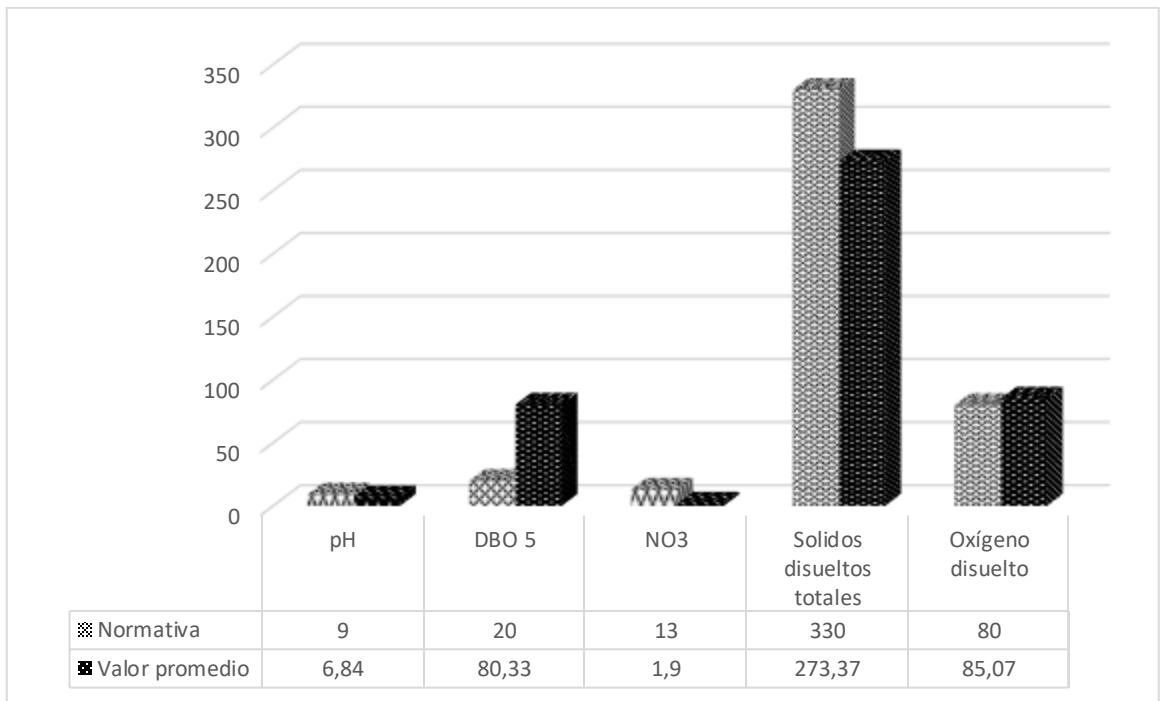


Figura 14. Cumplimiento con la normativa de los parámetros, punto 5

En las figuras anteriores de la 10 a la 14, podemos visualizar los cumplimientos de la normativa con los parámetros estudiados de la Quebrada El Quince lo cuales; de los cinco parámetros, tres cumplen con la normativa (pH, NO₃ y SST) del libro, tabla 2 “Acuerdo Ministerial N° 097” de los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios” tomando en cuenta solo los criterios en aguas dulces (ver anexo 4).

Los parámetros DBO₅ de los diferentes puntos, no cumplen con dicha normativa, por consecuencia de que la quebrada es utilizada con objetivo de captación de desechos y aguas residuales de las comunas que se encuentran asentadas en sus riveras. De igual manera el Oxígeno Disuelto no supera la norma para su aceptabilidad (>80) por el mismo motivo de la demanda bioquímica de oxígeno, que dicha quebrada sirve como receptor de desechos de animales y seres humanos, como también se ha visto el crecimiento de algas, provocando una disminución del oxígeno del agua.

5.3.1 Determinación de la calidad del agua con el cálculo del ICA

En la metodología anteriormente descrita se siguió con el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA), tomando en cuenta los parámetros y lineamientos propuestos por Brown, tomando en cuenta y recalando el valor de la temperatura que para obtenerla se realiza una diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de la muestra y con ellos se procedió a realizar los cálculos y se plasman en los resultados obtenidos en las tablas descritas en el anexo 5.

En las tablas explicadas en los anexos, se puede observar las tres repeticiones del primer punto de la investigación, en donde nace la quebrada, la misma que se desprende del río Tahuando en el sector del Romerillo. Se realizó la unificación de las tres repeticiones para sacar un promedio general por cada uno de los puntos a analizar y lograr un resultado más claro y preciso. Posteriormente se visualizará las respectivas repeticiones con sus diferentes parámetros del tercer, cuarto y quinto punto terminando en la desembocadura a la laguna de Yahuarcocha. Los datos analizados fueron verificados con la herramienta digital Water Quality Index Calculator, donde se logró obtener datos similares a los analizados en esta investigación.

La importancia de los datos obtenidos, es de suma importancia principalmente para conocer el estado actual de la calidad de agua, por motivo de que este recurso es utilizado para fines recreativos como es en el sector del Romerillo que en fines de semana las personas acuden a este sitio para consumir alimentos y recrearse en el río, donde a pocos metros empieza la quebrada El Quince. Cabe recalcar que está quebrada no está destinada para riego.

Finalmente se ha procedido a sacar el promedio del valor del Índice de Calidad de Agua obteniendo los siguientes resultados de cada uno de los puntos, los mismo que realizaron la respectiva verificación con la herramienta online, donde, se sacó un promedio de cada punto, verificando su similitud en los datos obtenidos.

Tabla 13.

Promedio de parámetros analizados de los diferentes puntos

Repetición Punto	Promedio \bar{X} ICA	Clasificación	Promedio \bar{X} ICA (WQIC)
Punto 1 (inicial)	60,18	Regular (R)	61
Punto 2	62,54	Regular (R)	63
Punto 3	58,16	Regular (R)	59
Punto 4	57,29	Regular (R)	58
Punto 5 (final)	58,90	Regular (R)	60

Nota: WQIC: Siglas de la herramienta (Water Quality Index Calculator), utilizada para la verificación de resultados

Elaborado por el Autor

Previamente a la obtención de los valores obtenidos en el ICA, señalan que la calidad de agua de la quebrada el Quince se encuentra en un rango **Regular**, para los 5 puntos seleccionados de nuestra investigación, para lo cual se basó en la tabla 4, según Jiménez (2016), que menciona

que la calidad de agua en un rango entre 51 a 70 tiene una calidad que no es óptima para sea una agua potabilizada por la calidad y características que tiene, presentando una coloración y una turbidez pronunciada y para lograr que este recurso sea adecuado para el uso doméstico debería someterse a tratamientos especializados para lograr satisfacer los criterios vigentes.

En el punto inicial tenemos un valor promedial de 60,18 debiéndose a que existen actividades de recreación a unos 10 metros antes de que inicie la quebrada, como también a la existencia de actividad ganadera, menciona (Cárdenas et. al., 2007) en su investigación realizada de calidad de agua en una subcuenca de Nicaragua que se vio afectada dicha calidad por ganadería ya que esto afecta al incremento de la temperatura del agua, la baja regulación de los caudales de dicho cuerpo de agua, esta presencia de ganado también afecta a los taludes como también al cauce de la quebrada.

En el segundo punto se observó un valor de 62,54 la cual la calidad de agua de esta ubicación se encuentra en un rango malo, donde se ve afectada ya que en el sector se encuentra la presencia de equinos y también de actividad agrícola mínima. (Ramírez et. al., 2018) comenta en su análisis que, al existir zonas de pastoreo en este caso equino, esto hace que los agroquímicos, varios nutrientes y material sedimentado fluyan a los ecosistemas lóticos, los cuales estos realizan una modificación en las características físico químicas de dichos ecosistemas, provocando una degradación de la calidad de agua, lo cual se puede concordar con lo visualizado. Cabe destacar que el valor de esta sección es la calidad de agua que más se acerca al rango regular de la clasificación por el hecho que se encuentra en un sector con pocos factores de contaminación en sus riveras

El valor 58,16 hace referencia a lo analizado a nuestro punto tercero donde, según calidad de agua propuesta por Brown nos menciona que está en el rango validado como malo. El paso de agua en esta localización se encuentra embovedada con una estructura de hormigón, la misma que en su interior existe un crecimiento desmesurado de algas, según (Romero, 2010) en su investigación menciona que, al encontrarse algas, estas cumplen su ciclo vital y se sedimentan en el cimiento, produciendo la descomposición del material orgánico y generando la retención del oxígeno disuelto que posee el cuerpo de agua, provocando una asfixia del medio biótico.

Al punto cuatro que corresponde con 57,29 de calidad donde conjuntamente con los otros puntos prevalece el mismo rango, tomando en cuenta que se encuentra a las riberas de este, asentamientos poblacionales con las que producen gran variedad de desechos sólidos y como también aguas negras, generando varios tipos de infecciones y plagas, concordando con la investigación de (Olguín et. al., 2010) donde menciona que al tener presencia de poblaciones cerca a los cuerpos de agua causan una contaminación por el crecimiento de coliformes fecales donde estos provocan consecuencias en la salud de las personas, como también alterando los factores físicos como por ejemplo el pH y el Oxígeno disuelto que repercute en la conservación del medio biótico acuático.

En el punto final el mismo que es el que ingresa a la laguna de Yahuarcocha tiene un valor ICA de 58,90, viéndose un valor con clasificación mala para el índice de calidad el cual, se puede ver afectada por la alta actividad agrícola, donde existen gran parte de monocultivos de maíz (*Zea mays*) en sus riberas, utilizando plaguicida y herbicidas para tener una buena producción. En un estudio realizado por (Vera, 2011) en Buenos Aires, Argentina donde al aplicar herbicida por método de rocío aumenta la cantidad de fosfatos y alterando la calidad de agua.

En la figura 15 podemos verificar la relación de los valores del índice de calidad de agua de nuestra quebrada a investigar con los parámetros propuestos por Brown donde constatamos que se encuentran en un rango intermedio, según la clasificación del ICA entre los valores 50-70 viendo que no existe una diferencia estadísticamente pronunciada entre los puntos. Donde el punto 2 tiene un índice de calidad de agua mejor que los distintos puntos que se analizó y el punto 5 tiene el valor de ICA más bajo y cabe recalcar que está quebrada es una de las principales fuentes de entrada hídrica de la laguna Yahuarcocha.

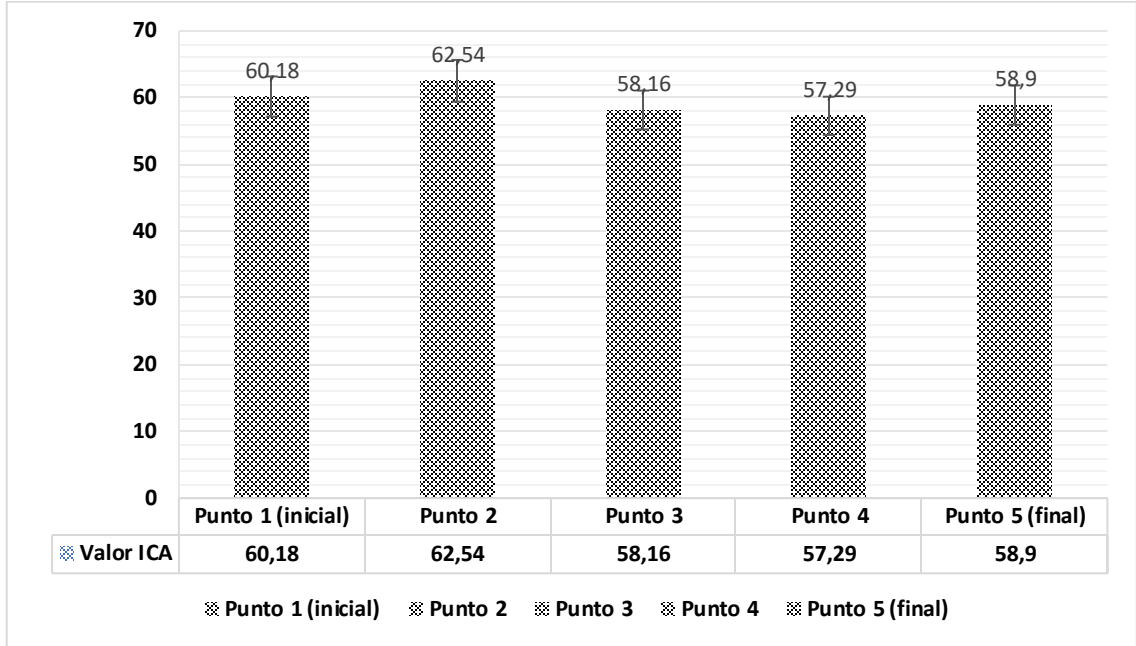


Figura 15. Cumplimiento de los valores ICA con los parámetros de Brown
Elaborado por el Autor

En la figura anterior, podemos verificar la relación de los valores del índice de calidad de agua de nuestra quebrada a investigar con los parámetros propuestos por Brown donde constatamos que se encuentran en un rango bajo, según la clasificación del ICA entre los valores 25-50, viendo que no existe una diferencia estadísticamente pronunciada entre los puntos.

Tabla 14.

Test de normalidad de datos ICA

i	Xi	(Xi-Med)2	Ai	XI INV	Dif (Xi-Xi INV)
1	42.79	6.0025	0.6646	48.21	-5.42
2	44.56	0.4624	0.2413	46.02	-1.46
3	44.62	0.3844	0	44.62	0
4	46.02	0.6084		44.56	
5	48.21	8.8209		42.79	

La tabla anterior corresponde a un Test Shapiro Wilk, el mismo que consiste en distribuir los valores de forma ascendente, donde se detalla el resultante del test de normalidad para los resultados ICA.

Tabla 15.

Resumen Test Shapiro Wilk para normalidad de datos ICA-NSF

Promedio	45.24
Mínimo	42.79
Máximo	48.21
$(X_i - Med)^2$	16.2786
Ai*Dif	-3.95443
Shapiro Wilk Calculado (SW c)	0.96061803
Shapiro Wilk Contraste (SW t)	0.92
P-value	>0.5

El estudio del test de Shapiro Wilk con valores ICA realizados en el lapso de monitoreo en cinco puntos de muestreo, se obtuvo un P-Value de >0,5 que nos demuestra una aceptación de la hipótesis nula, lo cual, sostiene una normalidad y homogeneidad en los datos analizados, con un coeficiente de Shapiro Wilk Calculado de 96%. Se puede entender que la desviación estadística de los datos es normal respecto a la media y se presentan una confianza notable en los datos obtenidos durante la investigación.

5.4 Cálculo del caudal a lo largo de la quebrada El Quince

Para la determinación del caudal, se realizó una sectorización de la quebrada, para encontrar una distancia homogénea de los puntos, se tomaron en cuenta tres sectores a lo largo de la quebrada, obteniéndose el punto alto encontrado en el sector Romerillo donde se encuentra en inicio de la quebrada, punto medio ubicado en el sector del barrio La Victoria etapa 3 y punto bajo el mismo

que es en la desembocadura de la quebrada hacia la laguna. En la siguiente gráfica se detallan la sectorización por medio de un mapa temático de los puntos de referencia, los mismos que se tomaron con la ayuda del personal técnico del Gobierno Provincial de Imbabura.

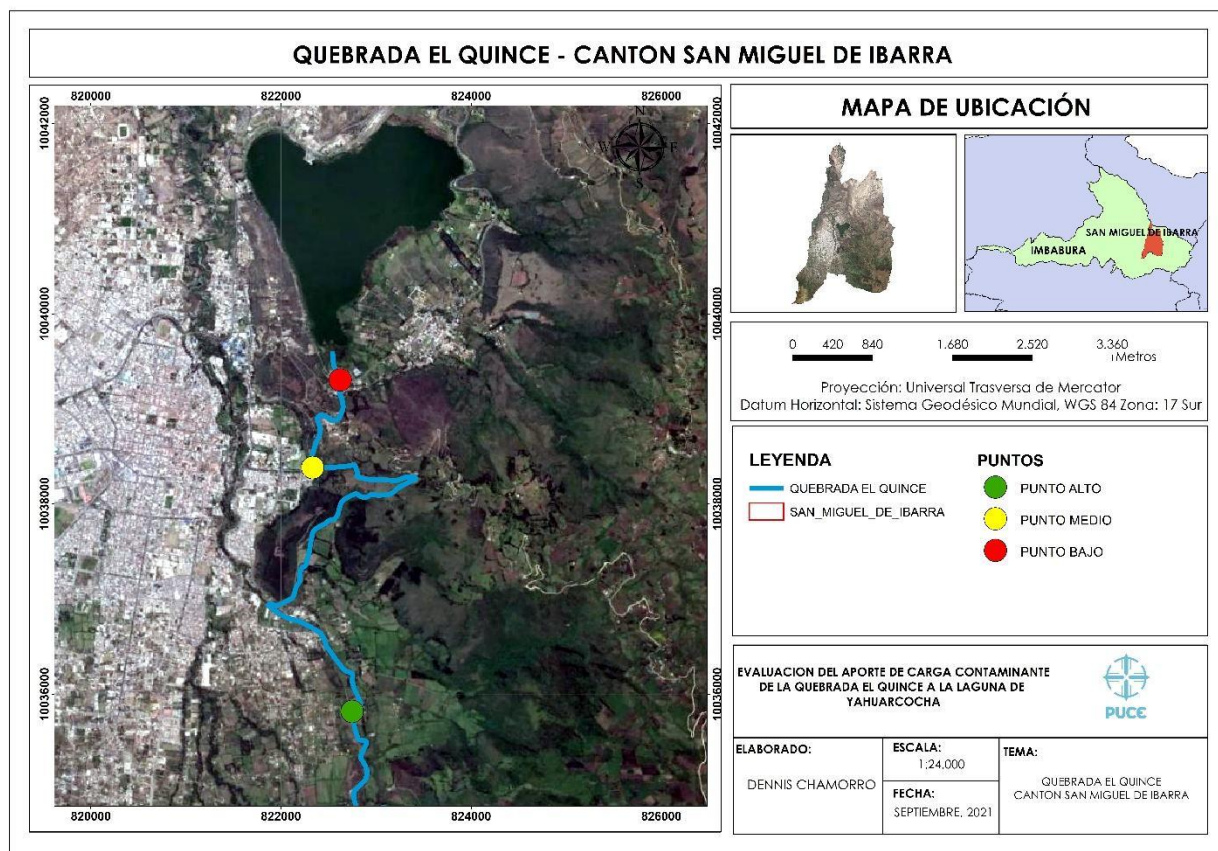


Figura 16. Mapa de puntos de muestreo para la toma de caudales.

Elaborado por el Autor

En la figura 16, se describen la ubicación de los puntos seleccionados, los mismos que no son equidistantes por motivo que la quebrada, tiene acceso limitados, de los cuales se escogió los sitios con mejor accesibilidad y espacio para realizar el análisis de caudal.

A continuación, se detallan el cálculo de caudal de la quebrada El Quince con las respectivas medidas pertenecientes de cada uno de los puntos para lograr obtener el valor del caudal de cada una de las tres salidas que se pudieron realizar.

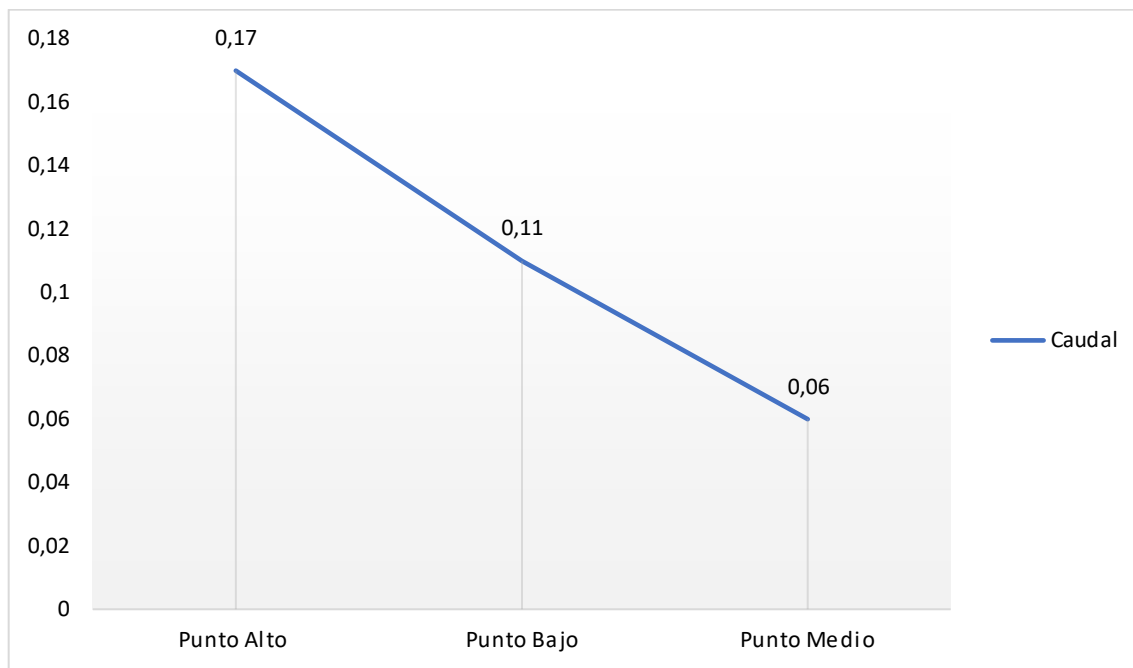


Figura 17. Análisis del caudal de la primera salida de la investigación

Elaborado el Autor

En la figura anterior podemos observar la disminución de caudal al largo del recorrido antes de ingresar a la quebrada y los aforos que tiene al ingresar a la laguna de Yahuarcocha. Cabe enfatizar que las tomas de caudal fueron en verano entre los meses agosto- septiembre del 2021.

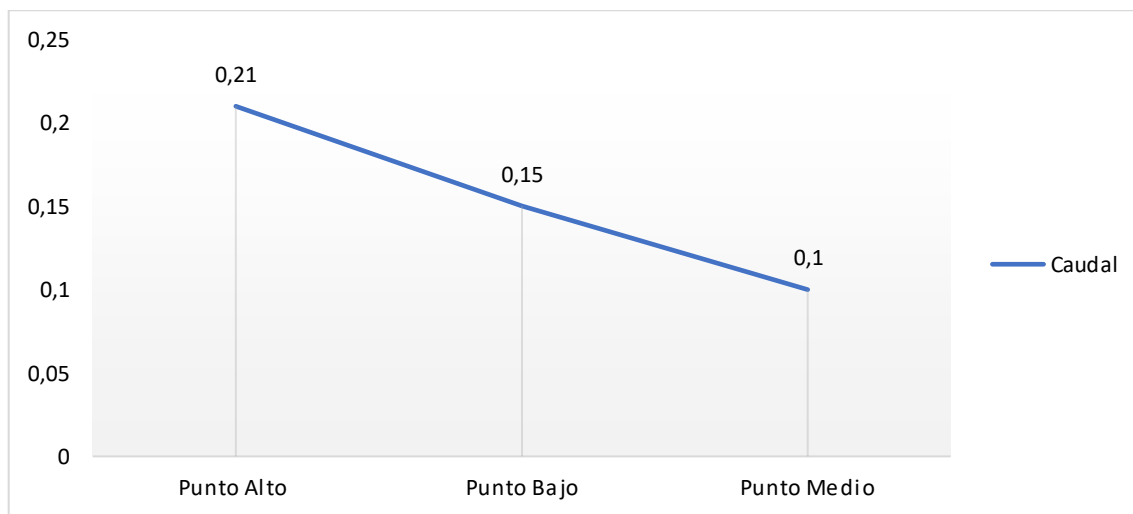


Figura 18. Análisis del caudal de la segunda salida de la investigación

Elaborado el Autor

En la segunda toma de caudal, seguimos observando que existe una disminución del caudal que puede ser causada por varios motivos como ejemplo, las diferentes actividades agrícolas que existen a lo largo de la quebrada.

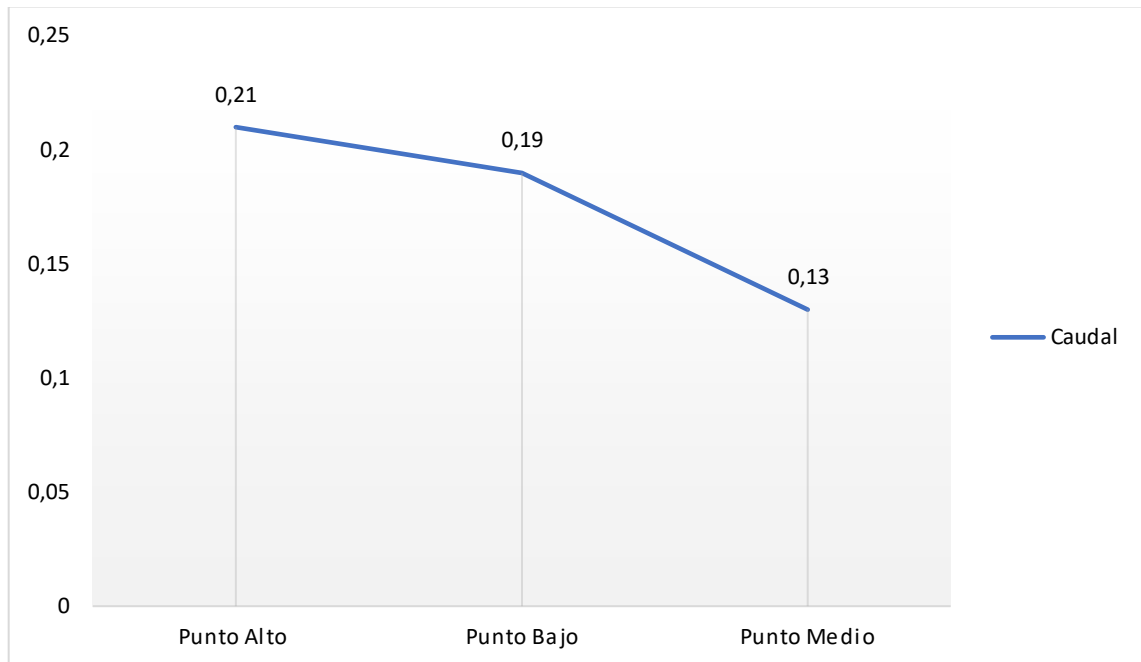


Figura 19. Análisis del caudal de la tercera toma de la investigación

Elaborado el Autor

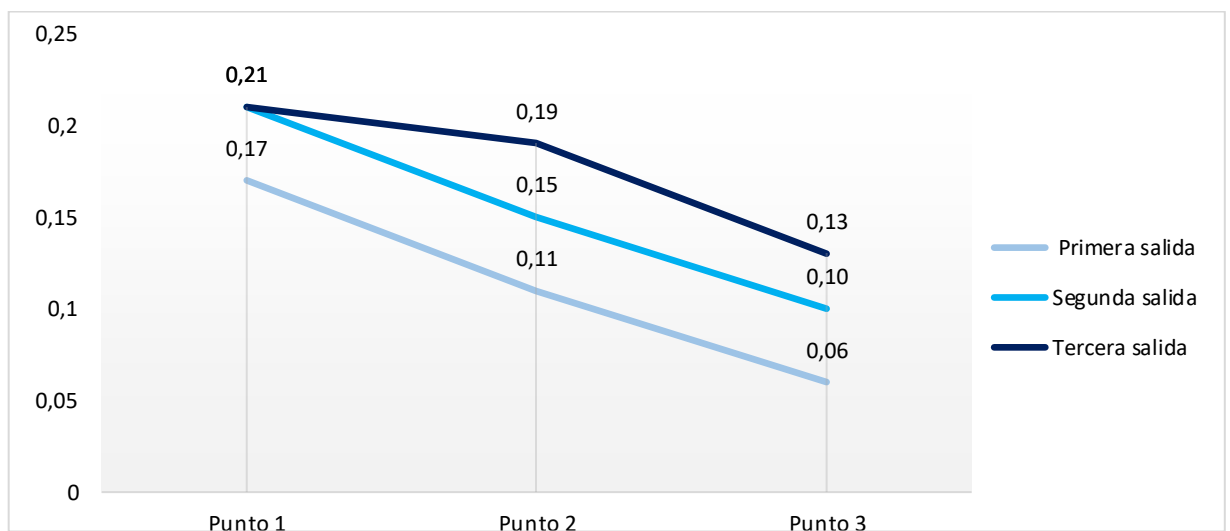


Figura 20. Variación del volumen de caudal de la quebrada El Quince

Elaborado el Autor

En la Figura 20, podemos constatar que existe una fuga de caudal en especial entre los puntos de aforo medio con el bajo donde se aprecia una considerable reducción del caudal, teniendo una caída de la curva pronunciada y que según (Mejía, et. al., 2012) menciona que las pérdidas de caudal se producen por varias razones y una de ellas es de la existencia de estructuras de captación que tienen como objetivos el riego de cultivos, como también por la falta de mantenimiento de tuberías que trasladan el recurso hídrico.

5.4.1 Cálculo medio del caudal

Una vez obtenida los valores de caudal de las diferentes salidas procedimos a realizar el cálculo de la media con el objetivo de analizar la pérdida de caudal que tiene la quebrada. En la siguiente tabla se observan los valores.

Tabla 16.

Cálculo medial de los diferentes puntos

Punto	Toma 1 (m^3/s)	Toma 2 (m^3/s)	Toma 3 (m^3/s)	Caudal Promedio \bar{X} (m^3/s)
Punto Alto	0,17	0,21	0,21	0,20
Punto Medio	0,11	0,15	0,19	0,15
Punto Bajo	0,06	0,10	0,13	0,10

Elaborado por el Autor

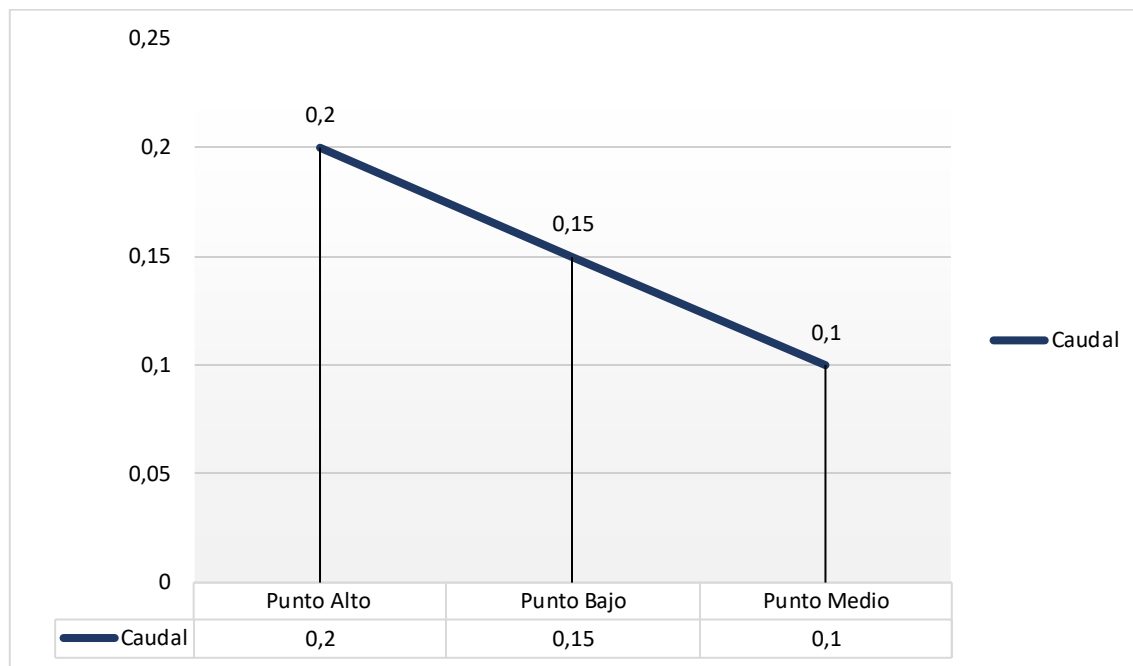


Figura 21. Gráfica del caudal promedio de la quebrada El Quince

Elaborado por el Autor

En la figura anterior se puede verificar en el caudal promedio de cada punto, donde capta del río Tahuando un valor de $0,20 \text{ m}^3/\text{s}$ y con el trascurso, posee una pérdida de caudal del 28,6% equivalente al $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ del caudal entre los puntos de aforo, dándonos por resultado un ingreso a la laguna de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Se pudo verificar visualmente en las riveras de esta quebrada existen presencia de plantas arbóreas de eucalipto (*Eucalyptus sp.*), se encontró una gran cantidad de hojas de esta especie en el agua y en ocasiones obstaculizando el recorrido de este cauce. En la investigación de (Preciado, 2016) realizada en Bogotá Colombia, menciona que uno de los motivos que aporta a la degradación de fuente hídricas, son causadas por la especie de eucalipto que, con el desprendimiento de sus hojas que, al caer, estas receptan gran cantidad de agua, con ello se ve afectada el caudal.

Otras de las causas que se ha visualizado en las salidas de campo, es el mal mantenimiento y el deterioro que tiene el canal en las zonas de los puntos de muestreo, especialmente el ubicado en el barrio La Victoria, donde es posiblemente la filtración del afluente por los orificios que posee, como también la falta del cuidado y limpieza constante de las trampas que posee el canal, para

retención de los desechos sólidos como animales muertos y desperdicios los mismo que se encuentran obstruyendo el paso del fluido de agua, causando el desborde del líquido y provocando pérdida de caudal.

Al pasar esta quebrada por asentamientos poblacionales, específicamente entre el punto medio y el punto bajo, de la misma, donde también existe una disminución porcentual antes mencionado concuerda con lo que mencionan (Rodríguez et. al., 2015) que las zonas domesticas es principal causa de captación del recurso hídrico para varios fines.

5.4.2 Cálculo de caudal ecológico

Tomando en cuenta los valores obtenidos de los caudales y principalmente considerar el valor del punto bajo el cual es el caudal que aporta a la laguna de Yahuarcocha, se procede a obtener el caudal ecológico del mismo, según menciona (Arce, et. al., 2017) el no implementar un valor de caudal ecológico adecuado puede provocar un impacto al ambiente severo, que puede tener causas negativas en la flora y fauna de la localidad.

Para el cálculo de caudal ecológico se tomó referencia el método de Texas donde (Magdaleno, 2005) define a este método como “caudal mínimo al valor porcentual de la mediana de los valores de los caudales medios mensuales”, este método divide al año en dos periodos Noviembre- febrero con un 40% del caudal mensual y de marzo- octubre con el 60% del caudal mensual.

Las tomas de caudal se realizaron en el período agosto septiembre, y se procedió a calcular el caudal ecológico con el porcentaje correspondiente a este lapso marzo- octubre.

$$Q_e = 0,60 * Q$$

$$Q_e = 0,60 * 0,10$$

$$Q_e = 0,06 \text{ m}^3/\text{s}$$

El valor de 0,06 m³/s es el caudal ecológico que está aportando la quebrada El Quince a la laguna de Yahuarcocha, tomando en cuenta que el caudal mensual es bastante bajo del 0,10 m³/s, el caudal ecológico se encuentra dentro del caudal mínimo, según (Ilbay et. al., 2020) menciona

en su investigación, que no existe en la ley ecuatoriana una categorización estándar para el caudal ecológico pero que, actualmente se está manejando el “10% del caudal medio mensual multianual establecido en la transitoria sexta”.

5.4.3 Cálculo de la carga contaminante

Para la determinación de la carga contaminante, se empleó la ecuación descrita en la metodología, conjuntamente con los valores promedios de los parámetros asignados (DBO₅, Sólidos totales, Nitratos y Fosfatos) y el valor promedio del caudal.

Tabla 17.

Carga contaminante

Parámetros	Concentración Promedio (mg/L)	Caudal Promedio	Carga Contaminante (Kg/día)
DBO ₅	76,198	0,15	0,99
NO ₃	2,01	0,15	0,03
PO ₄	0,886	0,15	0,01
SDT	272,134	0,15	3,53

Al ser el caudal directamente relacionado se puede definir que a mayor caudal mayor es la carga contaminante. Los resultados obtenidos de la carga contaminante del DBO₅ es 0,99 kg/día; Nitratos es de 0,03 kg/día; Fosfatos de 0,01 kg/día y de sólidos disueltos totales es 3,53 kg/día, obteniendo este último la concentración más alta de contaminante. En el “Acuerdo Ministerial 097 en el libro VI Anexo 1” menciona que para que un cuerpo de agua efluente receptor de aguas, debe percibir una carga contaminante máxima de 1,5 kg/día, en el mismo al hacer relación con la tabla 16, el parámetro de sólidos totales no cumple con los parámetros permisibles para el ingreso a la laguna de Yahuarcocha.

Según Chinchia, (2016) en su investigación realizada en Ocaña, Colombia, ratifica que la carga contaminante de un afluente que aporta a un cuerpo de agua efluente debe ser de 0,8 kg/día, donde con dichas conclusiones, se afirma que los parámetros que sobrepasan los límites de carga de contaminantes es la demanda biológica de oxígeno y los sólidos disueltos totales.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- La calidad de agua de la quebrada El Quince, se encuentra en el rango de **regular** según el ICA de Brown, con un promedio ponderado de 59 puntos. El agua de la quebrada si bien puede apoyar una diversidad baja de vida acuática, claramente está experimentando problemas de contaminación.
- En la caracterización de uso de suelo, las áreas que limitan con la quebrada, son aprovechadas por cultivos de ciclo corto y actividades antrópicas, afectando a la flora y fauna existente en este cuerpo de agua.
- El tipo de conflicto, por suelo sobre utilizado, con mayor apreciación en las riberas de la quebrada estudiada, se encuentra en la zona donde ingresa el aporte de afluente a la laguna de Yahuarcocha, siendo las actividades agrícolas con mayor extensión en los terrenos ocupados.
- Según los valores obtenidos en el índice de calidad de agua, el punto 4 (población de Yahuarcocha) con un valor promedio de 57,29, tiene un índice de calificación regular, teniendo el valor más bajo entre los puntos analizados, siendo así el sitio con mayor contaminación de la quebrada.
- Sobre el caudal de la quebrada, se pudo determinar que existe una pérdida de caudal desde la captación de la quebrada hasta el ingreso a la laguna de 57,2% equivalente al 0,11 m³/s de pérdida de caudal, por diferentes razones, una de las principales, la existencia de captaciones clandestinas utilizadas para riego de cultivos, causando dicha disminución de caudal.
- El caudal ecológico, es un factor de suma importancia para la vida biótica en las extensiones de agua, el que ingresa a la laguna de Yahuarcocha es de 0,06 m³/s cuyo valor está dentro de las especificaciones de caudal mínimo que debe cumplir con al menos el 10% del caudal mensual de la quebrada El Quince.
- Los parámetros DBO₅ y los Sólidos Disueltos Totales, poseen una carga contaminante alta para un afluente aportador del recurso hídrico, sobrepasando en el límite del 0,8 kg/día de concentración al ingreso de la Laguna de Yahuarcocha.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Elaborar un estudio exhaustivo mediante cartografías temáticas, de la capacidad del uso de suelo, especificando las actividades a realizar en las riberas de la quebrada El Quince, para definir la caracterización específica del suelo.
- Aplicar medias de control y mantenimiento, durante el trayecto de la quebrada, ya que, el caudal de agua es bajo aportando la mitad del caudal captado del río Tahuando.
- Realizar campañas y planificaciones de concientización ambiental a los pobladores de las comunas que se encuentran asentadas en las riberas de la quebrada y en especial, incentivar la comunidad del Romerillo a la conservación de los recursos naturales, ya que es un punto donde se realiza actividades recreativas, generadoras de desechos sólidos inorgánicos.
- Efectuar planes de monitoreo constante, para la evaluación y seguimiento de la calidad del agua de la quebrada, al ser uno de los aportes con mayor influencia de caudal de la laguna de Yahuarcocha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuja, A. Armendáriz, R. Barriga, L.D. Montalvo, F. Cáceres y J.L. Román. (2012). *Fauna de Vertebrados del Ecuador*. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5612>
- Arce, E., Sandoval, W., Toulkeridis, T. y Carrera, D. (2017). Caudales ecológicos para cuencas ecuatorianas determinados por el método de la pendiente de la curva de masas. Recuperado de: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/view/1601>.
- Boada, E. (2016). *Identificación de cepas bacterianas asociadas a la rizosfera de Typha latifolia en humedales en la laguna Yahuarcocha con resistencia al plomo para uso en remediación por biosorción*. (Tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK). Recuperado de: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/1701>
- Burgos, N. (2017). *Estimación del coeficiente de rugosidad de manning mediante mediciones de velocidad y profundidad, empleando un molinete hidrométrico, en el río Chonta, Cajamarca, 2016*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca). Recuperado de: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1507>
- Calvano, F. y Rico, M. (2014). El uso del suelo, ¿Un problema de capacidad productiva y de políticas públicas? *Logos Ciencia y Tecnología*. 5, pp. 213-231. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/5177/517751549002.pdf>
- Cárdenas, A., Reyes B., López M., Woo A., Ramírez E. y Ibrahim M. (2007). *Biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua en la subcuenca de los ríos Bul Bul y Paiwas, Matiguás, Nicaragua. Encuentro*. (Tesis de pregrado, Universidad Centroamericana). Recuperado de: <https://www.camjol.info/index.php/ENCUENTRO/article/view/3678>
- Castro M., Almeida J., Ferrer J. y Díaz D., (2016). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria* vol. 10, no. 17, pp. 111-124, Dec. 2014.

- Chincha, C. (2016). *Evaluación y monitoreo de la carga contaminante de las aguas residuales domesticas del municipio de Chimichagua, César*. (Tesis pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña). Recuperado de: <http://repositorio.ufpso.edu.co/handle/123456789/1610>.
- Chiriboga, C. (2010). *Propuesta de un sistema de monitoreo para la caracterización de las aguas residuales que receipta el río Tahuando*. (Tesis pregrado, Universidad Técnica del Norte). Recuperado de [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/151/2/Tesis final.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/151/2/Tesis%20final.pdf)
- Díaz, S. (2018). *Remoción de turbidez de aguas superficiales mediante floculación*. (Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte). Recuperado de: [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22046/D% c3% adaz% 20Aliaga% 20Stuart.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22046/D%c3%adaz%20Aliaga%20Stuart.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Echeverría, J. (abril, 2016). Investigación subacuática en las lagunas de Yahuarcocha, San Pablo, Mojanda, provincia de Imbabura, Ecuador. *Arqueología Americana*. 34, pp. 125-142. Recuperado de <https://www.revistasipgh.org/index.php/rearam/article/view/262>
- Fernández, A. (2012). El agua: un recuso esencial. *Química Viva*, 11, pp. 147-170. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- GAD San Miguel de Ibarra. (2015). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra 2015-2023. Recuperado de: [https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Cantonal/PDOT% 20IBARRA.pdf](https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/K-Planes-programas/PDOT/Cantonal/PDOT%20IBARRA.pdf)
- GAD San Miguel de Ibarra. (2020). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra 2020. Recuperado de: https://www.ibarra.gob.ec/site/docs/estrategico/PDYOT_2020.pdf

- García, F. (2014). *Calidad y uso del agua de la subcuenca del San Lucas (Cajamarca) en función del índice de Brown*. (Tesis doctoral, Universidad Nacional de Cajamarca). Recuperado de: <https://repositorio.unc.edu.pe/UNC/TESIS%20DOCTORAL%20GARCIA%20ACOSTA%20FLOR%20DE%20MARRIA.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra (2015). *Datos Geomorfológicos*. Ibarra: Designed by ibarra. Recuperado de https://www.ibarra.gob.ec/site/docs/anillovial/EIA_Yahuarcocha_Ibarra.pdf
- Guzmán, L. (2015). Guía para la toma de muestras de agua residual. Recuperado de: https://www.bivica.org/files/5376_aguas-residuales-muestra.pdf
- Ilbay, M., Albarracín, P. y García, V. (2020). Determinación de caudales ecológicos en el río Cutuchi, Ecuador. *Revista Bases de la Ciencia*, 5, pp. 33-52. Recuperado de: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/2401>
- Jiménez, M. (2006). Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. *Avances en los recursos hídricos*, 14, pp. 53-69. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1450/145020399004.pdf>
- Jiménez, M. y Liborio, I. (2018). *Propuesta urbano-arquitectónica para recuperar las riberas de la “quebrada seca Los Tejares” en el barrio San José, cantón Catamayo*. (Tesis de grado, Universidad Internacional del Ecuador de Loja). Recuperado de: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2715>
- León, M. (2014). *Diagnóstico de la calidad del agua de la microcuenca del río Congüime y diseño de una propuesta de mitigación para la zona crítica establecida mediante el índice de calidad de agua (Ica Brown) en la provincia de Zamora Chinchipe cantón Paquisha*. (Tesis pregrado, Universidad Central del Ecuador). Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2256/1/T-UCE-0012-296.pdf>

- Magdaleno, F. (2005). Caudales ecológicos: conceptos básicos, métodos de cálculo y nuevas interpretaciones. *Digital Del Cedex*, 135, pp.81. Recuperado de: <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/1830>
- Manaha, S. (2016). Introducción a la Química Ambiental. *Universidad Nacional Autónoma de México*. 11, pp. 51-88. Recuperado de: <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/introduccion-a-la-quimica-ambiental-s.-e.-manahan2.pdf>
- Mejía, E., Palacios, E., García, A. y Hernández, A. (2012). Problemas operativos en el manejo del agua en distritos de riego. *Tierra Latinoamericana*, 20, pp. 217-225. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57320215.pdf>
- Núñez, T. (2015). *Evaluación de cargas contaminantes del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Puerto Arturo del cantón Ambato para el diseño de indicadores operacionales*. (Tesis pregrado, Escuela Superior Politécnica Chimborazo). Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4853>
- Ojeda, W., Velázquez, J. y Ontiveros, R. (2016). Uso y manejo de drones con aplicaciones al sector hídrico. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Waldo_Ojeda/publication/322211531_Uso_y_manejo_de_drones_con_aplicaciones_al_sector_hidrico/links/5a4bdb74458515a6bc6bf11d/Us-y-manejo-de-drones-con-aplicaciones-al-sector-hidrico.pdf
- Olgún, E., González, R., Sánchez, G., Zamora, J. y Owen, T. (2010). Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del río Sordo en Xalapa, Veracruz, México. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Eugenia-Olguin/publication/Contaminacion_de_rios_urbanos_Veracruz_Mexico.pdf
- ONU, (22 de octubre, 2014). Decenio Internacional para la Acción el agua fuente de vida 2005-2015. Recuperado de un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml

- Oqueda J. (2016). *Evaluación de Thypha latifolia en la absorción de plomo y propuesta de fitorremediación de aguas residuales con metales pesados en la laguna de Yahuarcocha*. (Tesis de grado, Universidad Internacional SEK). Recuperado de: <http://repositorio.uisek.edu.ec/123456789/1606>
- Oquendo, J. (2 de febrero, 2016). Evaluación de Thypha latifolia en la absorción de plomo y propuesta de fitorremediación de aguas residuales con metales pesados en la laguna de Yahuarcocha. Recuperado de: MGA Oq3e/2016
- Ortiz, A. (2010). *Serie autodidáctica de medición de la calidad del agua subdirección general de administración del agua (CNA) coordinación de tecnología hidráulica (IMTA) muestreo y preservación para coliformes fecales y huevos de helminto*. (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). Recuperado de: http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1170/IMTA_075.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pabón, G., Reascos, D., Yépez, L., Oña, T., Velarde, E., Vásquez, L., y Molina, P. (2016). *Actualización del plan de manejo integral de la microcuenca hidrográfica de Yahuarcocha, Provincia de Imbabura*. (Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte). Recuperado de: 03 RNR 262 TRABAJO DE GRADO.pdf (utn.edu.ec)
- Preciado, M. (2016). *Evaluación del estado actual en la disminución del caudal de la quebrada los rosales en la ciudad de Bogotá*. (Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada). Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/15351>
- Quiroz, L. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. Recuperado de: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
- Ramírez, P., Giraldo, L., Zúñiga, M., Ramos, B. y Chará, J., (2018). Influencia de la ganadería en los macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales de Colombia. Recuperado de: <https://www.scielo.sa.cr/scielo. S0034>

- Rodríguez, C. y Benavides, M. (2015). Calidad del agua en la microcuenca alta de la quebrada Estero en San Ramón de Alajuela, Costa Rica. *Pensamiento Actual*. 15, pp. 85-97. Recuperado de: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/22597/24020>
- Romero, M. (2010). Proceso de eutrofización de afluentes y su prevención por medio de tratamiento de efluentes. Recuperado de: https://www.ingenieria.com.co/ING-PRIMERO/URL_17_AMB02_TRATAMIENTO.pdf
- Salcedo, E. (2019). *Evaluación de concentración de plomo y cromo en poblaciones de Typha latifolia en la laguna de Yahuarcocha*. (Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte). Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Sierra, C y Gonzalez, H. (19 de junio, 2019). Determinación de Fosfatos en Aguas por Método Colorimétrico. Recuperado de: <https://quimicahoy.uanl.mx/r/article/view/156>
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*. (Tesis doctoral, Universidad de Medellín). Recuperado de: https://catalogo.udem.edu.co/calidad-del-agua-evaluacion-y-diagnostico-ingenieria-ambiental.html#.YY_fK1XMLIW
- Supelco, (junio, 2004). Spectroquant® NOVA 60. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/407132262/SQ-NOVA-60-manual-es-2014-06-pdf>
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. (2015). Registro Oficial N° 097. Quito.
- Torres, A. (2016). Análisis de aguas residuales. Recuperado de: http://a21-granada.org/red-gramas/images/Presentacion_ANTONIO.pdf
- UNESCO. (2019). *Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos*. Francia: WWDR. Recuperado de: <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Vásconez, P. (3 de octubre, 2015). *Centro de interpretación y convenciones para Yahuarcocha*. (Tesis pregrado, Universidad Central del Ecuador). Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9260>

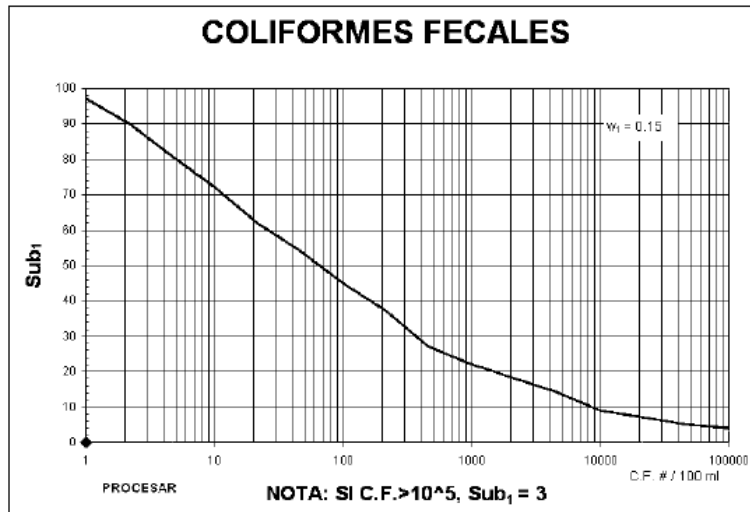
Vera, M. (2011). *Impacto del glifosato y algunos de sus formulados comerciales sobre el perfiton de agua dulce*. (Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires). Recuperado de: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n4940_Vera.pdf

Weather Spark (2018). *The Typical Weather Anywhere on Earth*. Mineapolis, EU.: Cedar Lake Ventures, Inc. Recuperado de: <https://weatherspark.com/y/20035/AverageWeather-in-Ibarra-Ecuador-Year-Round>

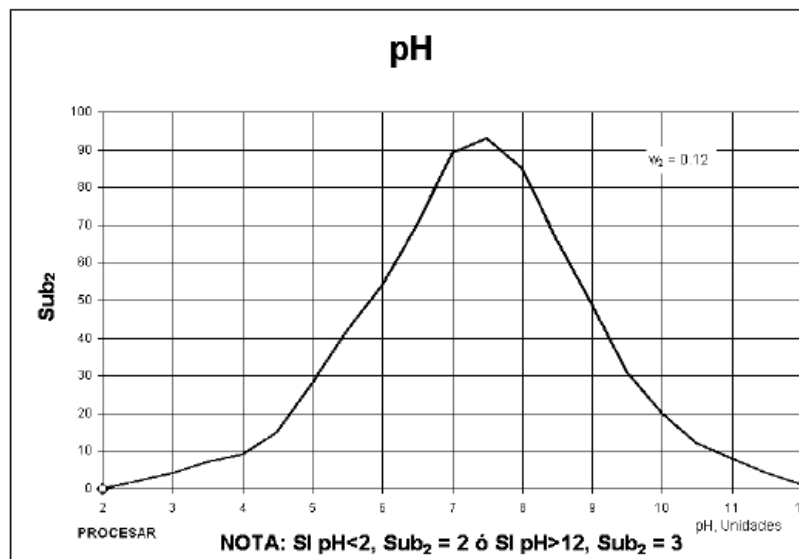
CAPITULO VIII

ANEXOS

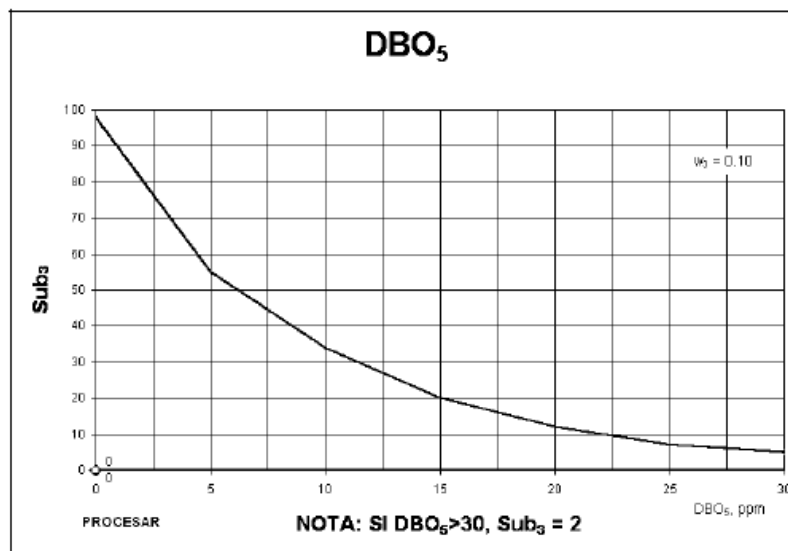
Anexo 1. Gráficas para calcular del Índice de Calidad de Agua



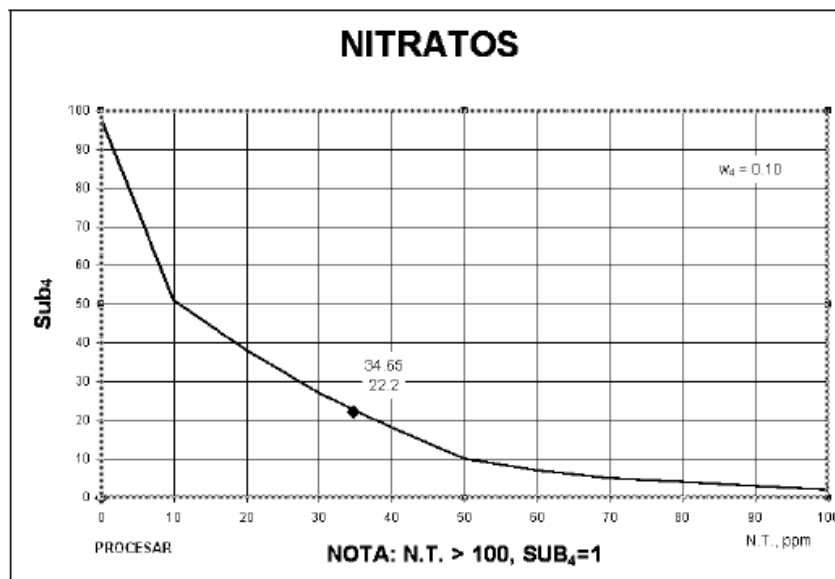
Fuente: Quiroz (2017)



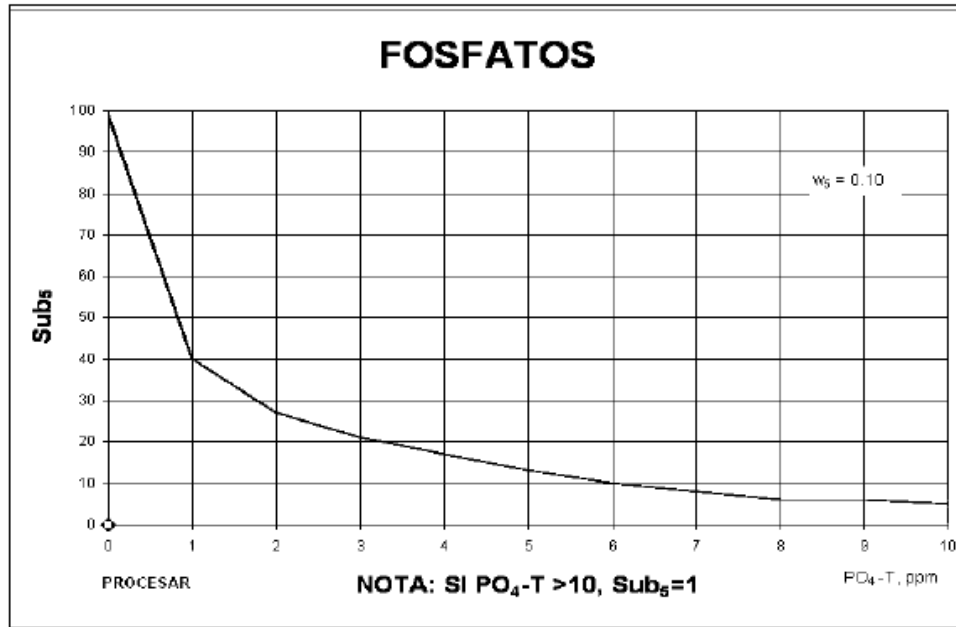
Fuente: Quiroz (2017)



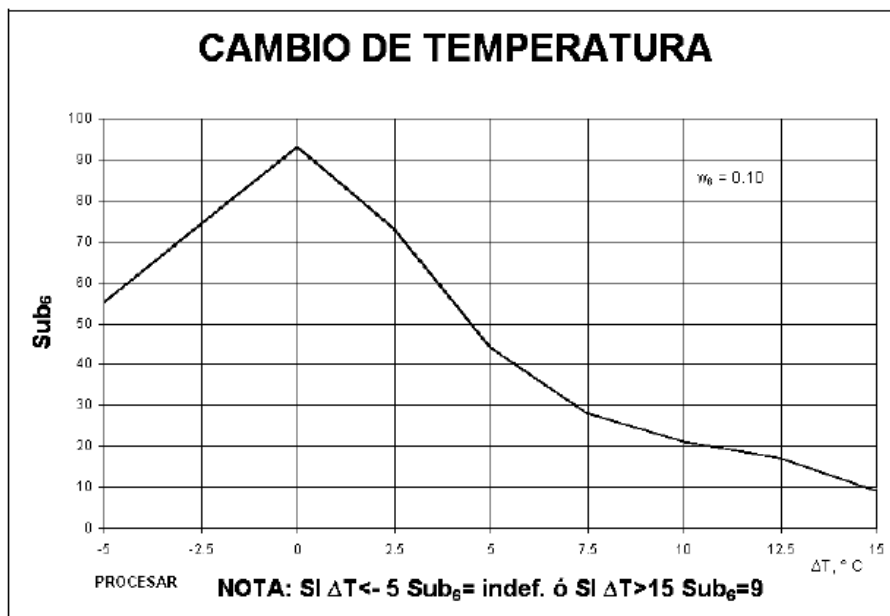
Fuente: Quiroz (2017)



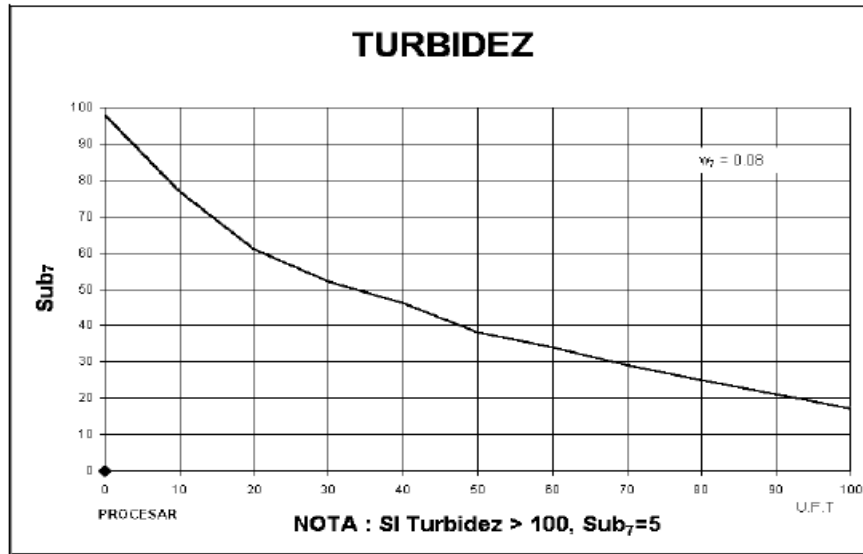
Fuente: Quiroz (2017)



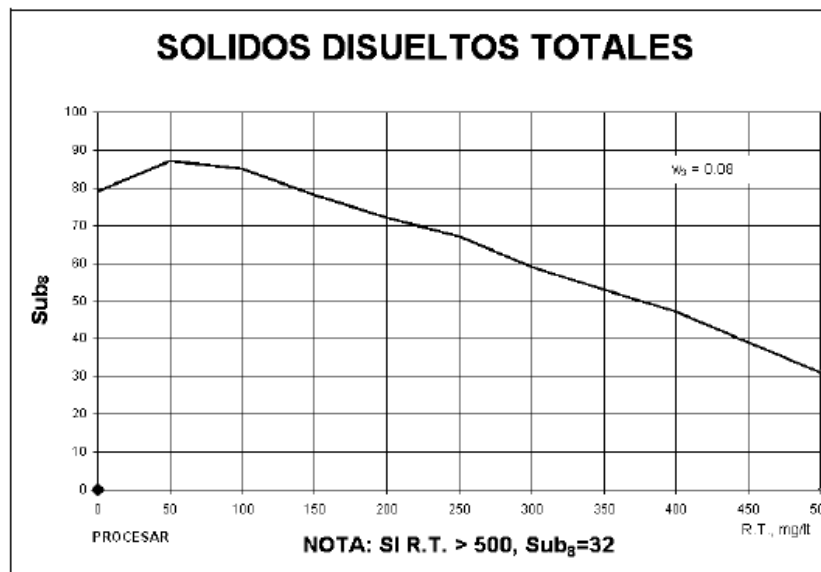
Fuente: Quiroz (2017)



Fuente: Quiroz (2017)

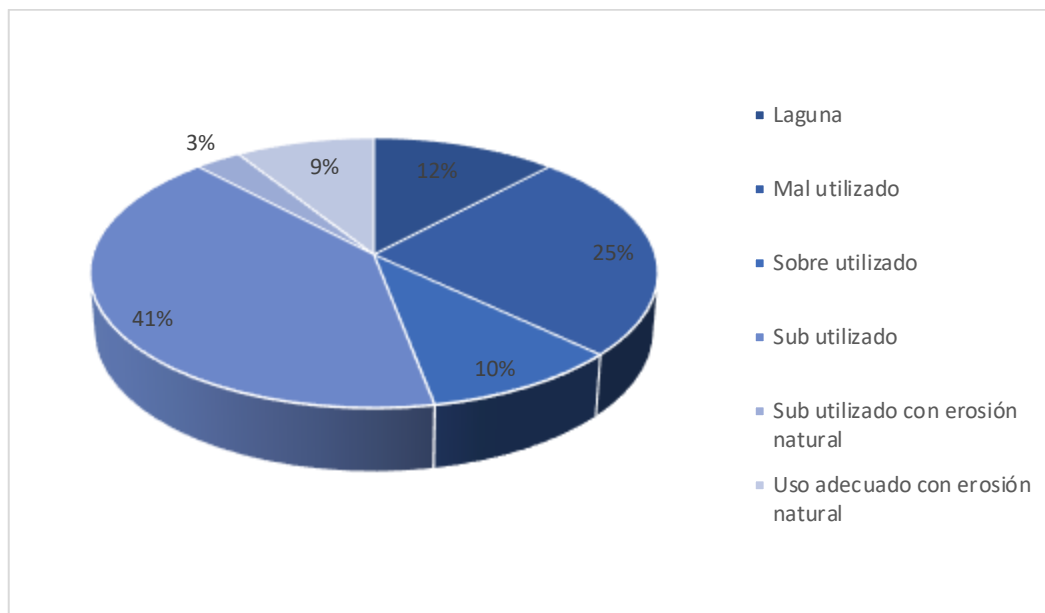


Fuente: Quiroz (2017)



Fuente: Quiroz (2017)

Anexo 2. Conflicto de uso de suelo



Fuente: PDOT (2015)

Anexo 3. Parámetros obtenidos en los puntos de muestreo

Parámetro	Unidades	Valor Registrado Punto 1		
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	272	258	291
pH	Unidades de pH	6,48	6,88	7,08
DBO ₅	mg/L	80	85	75
NO ₃	mg/L	1,75	1,70	2,7
PO ₄	mg/L	1,35	0,75	0,86
Temperatura	°C	4,8	4,4	1,4
Turbidez	NTU	2,70	2,97	6,07
Sólidos disueltos totales	mg/L	259,3	264,4	254,4
Oxígeno disuelto	% saturación	85,2	84,6	83,1

Elaborado por el Autor

Parámetro	Unidades	Valor Registrado Punto 2		
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	210	206	215
pH	Unidades de pH	7,02	7,04	6,93
DBO ₅	mg/L	75	80	70
NO ₃	mg/L	2,1	1,9	2,4
PO ₄	mg/L	0,74	0,87	0,92
Temperatura	°C	2,80	6,50	2,8
Turbidez	NTU	3,75	2,97	5,87
Solidos disueltos totales	mg/L	276,4	275,2	274,6
Oxígeno disuelto	% saturación	84,86	84,2	88,4

Elaborado por el Autor

Parámetro	Unidades	Valor Registrado Punto 3		
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	107	103	111
pH	Unidades de pH	6,53	7,04	6,65
DBO ₅	mg/L	82	71	64
NO ₃	mg/L	2,2	2,1	1,9
PO ₄	mg/L	0,79	0,87	1,00
Temperatura	°C	7,1	6,50	4,3
Turbidez	NTU	3,04	2,97	6,68
Solidos disueltos totales	mg/L	273,7	276,2	275,5
Oxígeno disuelto	% saturación	77,8	83,1	78,4

Elaborado por el Autor

Parámetro	Unidades	Valor Registrado Punto 4		
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	333	329	337
pH	Unidades de pH	7,02	7,04	6,85
DBO ₅	mg/L	78	75	67
NO ₃	mg/L	1,9	1,8	2
PO ₄	mg/L	0,85	0,87	0,98
Temperatura	°C	6,10	6,50	4,1
Turbidez	NTU	3,12	2,97	7,63
Solidos disueltos totales	mg/L	277,8	278,2	276,2
Oxígeno disuelto	% saturación	86,4	87,7	85,7

Elaborado por el Autor

Parámetro	Unidades	Valor Registrado Punto 5		
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Coliformes fecales	NMP/100 ml	322	328	338
pH	Unidades de pH	6,94	6,72	6,85
DBO ₅	mg/L	81	82	78
NO ₃	mg/L	2,1	1,7	1,9
PO ₄	mg/L	0,67	0,83	0,98
Temperatura	°C	7,60	10,2	4,1
Turbidez	NTU	3,02	3,24	7,63
Solidos disueltos totales	mg/L	274,1	270,8	275,2
Oxígeno disuelto	% saturación	84,5	85,4	85,3

Elaborado por el Autor

Anexo 4. Tabla 2 del “Texto Unificado de Legislación Secundaria N° 097”

Parámetros	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80	>60
Potencial de Hidrógeno	pH	Unidades de pH	6,5 - 9	6,5 - 9,5
Nitratos	NO ₃	mg/L	13	200
DBO ₅	DBO ₅	mg/L	20	
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/L	Max incremento de 10% de la condición natural	

Nota: El anexo 4 se detallan los parámetros que se analizaron tales como: Oxígeno Disuelto, Potencial Hidrógeno, Nitratos, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales, en los que se estableció el criterio de calidad para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

Fuente: Acuerdo Ministerial 097

Anexo 5. Análisis de parámetros de los diferentes puntos

Parámetros analizados del Punto 1 de la Repetición 1

Parámetro	Unidad	P1R1	Sub _i	W _i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	272	34	0,15	5,10
pH	Unidades de pH	6,48	69	0,12	8,28
DBO ₅	mg/L	80	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	1,75	95	0,10	9,5
PO ₄	mg/L	1,35	34	0,10	3,4
Temperatura	°C	4,8	47	0,10	4,7
Turbidez	NTU	2,70	98	0,08	7,84

Sólidos disueltos totales	mg/L	259,3	65	0,08	5,2
Oxígeno disuelto	% saturación	85,2	88	0,17	14,96
VALOR DEL "ICA"					59,18

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 1 de la Repetición 2

Parámetro	Unidad	P1R2	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	258	36	0,15	5,40
pH	Unidades de pH	6,88	72	0,12	8,64
DBO ₅	mg/L	85	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	1,70	96	0,10	9,6
PO ₄	mg/L	0,75	42	0,10	4,2
Temperatura	°C	4,4	47	0,10	4,7
Turbidez	NTU	2,97	92	0,08	7,36
Sólidos disueltos totales	mg/L	264,4	64	0,08	5,12
Oxígeno disuelto	% saturación	84,6	88	0,17	14,96
VALOR DEL "ICA"					60,18

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 1 de la Repetición 3

Parámetro	Unidad	P1R3	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	291	32	0,15	4,80
pH	Unidades de pH	6,08	65	0,12	7,80
DBO ₅	mg/L	75	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	2,7	84	0,10	8,40
PO ₄	mg/L	0,86	41	0,10	4,10
Temperatura	°C	1,4	86	0,10	8,60
Turbidez	NTU	6,07	84	0,08	6,72
Sólidos disueltos totales	mg/L	254,4	68	0,08	5,44
Oxígeno disuelto	% saturación	83,1	89	0,17	15,13
VALOR DEL "ICA"					61,19

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 2 de la Repetición 1

Parámetro	Unidad	P2R1	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	210	42	0,15	6,30
pH	Unidades de pH	7,02	89	0,12	10,68
DBO ₅	mg/L	75	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	2,1	88	0,10	8,80
PO ₄	mg/L	0,74	59	0,10	5,90
Temperatura	°C	2,80	73	0,10	7,30
Turbidez	NTU	3,75	83	0,08	6,64
Sólidos disueltos totales	mg/L	276,4	60	0,08	4,08
Oxígeno disuelto	% saturación	84,86	88	0,17	14,96
VALOR DEL "ICA"					64,86

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 2 de la Repetición 2

Parámetro	Unidad	P2R2	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	206	24	0,15	6,30
pH	Unidades de pH	7,04	89	0,12	10,68
DBO ₅	mg/L	80	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	1,9	86	0,10	8,60
PO ₄	mg/L	0,87	41	0,10	4,10
Temperatura	°C	6,50	33	0,10	3,30
Turbidez	NTU	2,97	92	0,08	7,36
Sólidos disueltos totales	mg/L	275,2	60	0,08	4,08
Oxígeno disuelto	% saturación	84,2	87	0,17	14,76
VALOR DEL "ICA"					59,38

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 2 de la Repetición 3

Parámetro	Unidad	P2R3	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	115	42	0,15	6,3
pH	Unidades de pH	6,93	88	0,12	10,56
DBO ₅	mg/L	70	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	2,4	85	0,10	8,5
PO ₄	mg/L	0,92	41	0,10	4,10
Temperatura	°C	2,8	71	0,10	7,10
Turbidez	NTU	5,87	84	0,08	6,72
Sólidos disueltos totales	mg/L	274,6	60	0,08	4,08
Oxígeno disuelto	% saturación	88,4	93	0,17	0,68
VALOR DEL “ICA”					63,37

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 3 de la Repetición 1

Parámetro	Unidad	P3R1	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	107	42	0,15	6,30
pH	Unidades de pH	6,53	70	0,12	8,40
DBO ₅	mg/L	82	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	2,2	86	0,10	8,60
PO ₄	mg/L	0,79	45	0,10	4,50
Temperatura	°C	7,1	28	0,10	2,80
Turbidez	NTU	3,04	94	0,08	7,52
Sólidos disueltos totales	mg/L	273,7	61	0,08	4,88
Oxígeno disuelto	% saturación	77,8	76	0,17	0,34
VALOR DEL “ICA”					56,12

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 3 de la Repetición 2

Parámetro	Unidad	P3R2	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	103	42	0,15	6,30
pH	Unidades de pH	6,84	87	0,12	10,44
DBO ₅	mg/L	71	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	2,1	88	0,10	8,80
PO ₄	mg/L	0,91	40	0,10	4,00
Temperatura	°C	6,80	34	0,10	3,40
Turbidez	NTU	4,78	86	0,08	6,88
Sólidos disueltos totales	mg/L	276,2	59	0,08	4,72
Oxígeno disuelto	% saturación	83,1	86	0,17	14,62
VALOR DEL “ICA”					59,36

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 3 de la Repetición 3

Parámetro	Unidad	Repetición 3	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	111	42	0,15	6,30
pH	Unidades de pH	6,65	72	0,12	8,64
DBO ₅	mg/L	64	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	1,9	89	0,10	8,90
PO ₄	mg/L	1,00	40	0,10	4,00
Temperatura	°C	4,3	50	0,10	5,00
Turbidez	NTU	6,68	84	0,08	6,72
Sólidos disueltos totales	mg/L	275,5	60	0,08	4,80
Oxígeno disuelto	% saturación	78,4	85	0,17	14,45
VALOR DEL “ICA”					59,01

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 4 de la Repetición 1

Parámetro	Unidad	P4R1	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	333	28	0,15	4,20
pH	Unidades de pH	7,02	89	0,12	10,68
DBO ₅	mg/L	78	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	1,9	89	0,10	8,90
PO ₄	mg/L	0,85	42	0,10	4,20
Temperatura	°C	6,10	38	0,10	3,80
Turbidez	NTU	3,12	82	0,08	6,56
Sólidos disueltos totales	mg/L	277,8	59	0,08	4,72
Oxígeno disuelto	% saturación	86,4	91	0,17	15,47
VALOR DEL “ICA”					58,73

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 4 de la Repetición 2

Parámetro	Unidad	Repetición 4	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	329	28	0,15	4,20
pH	Unidades de pH	6,11	54	0,12	6,48
DBO ₅	mg/L	75	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	1,8	95	0,10	9,50
PO ₄	mg/L	0,79	41	0,10	4,10
Temperatura	°C	8,2	27	0,10	2,70
Turbidez	NTU	3,58	93	0,08	7,44
Sólidos disueltos totales	mg/L	278,2	58	0,08	4,64
Oxígeno disuelto	% saturación	87,7	93	0,17	15,81
VALOR DEL “ICA”					55,07

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 4 de la Repetición 3

Parámetro	Unidad	P4R3	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	337	27	0,15	4,05
pH	Unidades de pH	6,85	83	0,12	9,96
DBO ₅	mg/L	67	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	2	89	0,10	8,90
PO ₄	mg/L	0,98	40	0,10	4,00
Temperatura	°C	4,1	48	0,10	4,80
Turbidez	NTU	7,63	79	0,08	6,32
Sólidos disueltos totales	mg/L	276,2	59	0,08	4,72
Oxígeno disuelto	% saturación	85,7	89	0,17	15,13
VALOR DEL “ICA”					58,08

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 5 de la Repetición 1

Parámetro	Unidad	P5R1	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	322	29	0,15	4,35
pH	Unidades de pH	6,94	88	0,12	10,56
DBO ₅	mg/L	81	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	2,1	88	0,10	8,80
PO ₄	mg/L	0,67	60	0,10	6,00
Temperatura	°C	7,60	28	0,10	2,80
Turbidez	NTU	3,02	94	0,08	7,52
Sólidos disueltos totales	mg/L	274,1	60	0,08	4,80
Oxígeno disuelto	% saturación	84,5	88	0,17	14,96
VALOR DEL “ICA”					59,99

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 5 de la Repetición 2

Parámetro	Unidad	P5R2	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	328	28	0,15	4,20
pH	Unidades de pH	6,72	80	0,12	10,56
DBO ₅	mg/L	82	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	1,7	96	0,10	7,80
PO ₄	mg/L	0,83	48	0,10	6,00
Temperatura	°C	10,2	21	0,10	2,10
Turbidez	NTU	3,24	92	0,08	7,52
Sólidos disueltos totales	mg/L	270,8	63	0,08	5,04
Oxígeno disuelto	% saturación	85,4	90	0,17	14,96
VALOR DEL “ICA”					58,38

Elaborado por el Autor

Parámetros analizados del Punto 5 de la Repetición 3

Parámetro	Unidad	P5R3	Sub_i	W_i	Total
Coliformes fecales	NMP/100ml	338	27	0,15	4,05
pH	Unidades de pH	6,71	75	0,12	9,00
DBO ₅	mg/L	78	2	0,10	0,20
NO ₃	mg/L	1,9	89	0,10	8,90
PO ₄	mg/L	1,32	36	0,10	3,60
Temperatura	°C	3,3	61	0,10	6,10
Turbidez	NTU	7,26	83	0,08	6,64
Sólidos disueltos totales	mg/L	275,2	59	0,08	4,72
Oxígeno disuelto	% saturación	85,3	89	0,17	15,13
VALOR DEL “ICA”					58,34

Elaborado por el Autor

Anexo 6. Valores ICA de los Puntos: Repeticiones

Punto	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Punto 1 (inicial)	59,18	60,18	61,19
Punto 2	64,86	59,38	63,37
Punto 3	56,12	59,36	59,01
Punto 4	58,73	55,07	58,08
Punto 5 (final)	59,99	58,38	58,34

Anexo 7. Cálculo de caudal

Cálculo de caudal primera salida

Punto	Velocidad ($m.s^{-1}$)	Altura (m)	Ancho (m)	Caudal (m^3/s)	Ubicación
1	0,4	0,50	0,85	0,17	Punto Alto
2	0,3	0,50	0,75	0,11	Punto Medio
3	0,8	0,10	0,80	0,06	Punto Bajo

Elaborado por el Autor

Cálculo de caudal segunda salida

Punto	Velocidad ($m.s^{-1}$)	Altura (m)	Ancho (m)	Caudal (m^3/s)	Ubicación
1	0,5	0,50	0,85	0,21	Punto Alto

2	0,4	0,50	0,75	0,15	Punto Medio
3	1,3	0,10	0,80	0,10	Punto Bajo

Elaborado el Autor

Cálculo de caudal tercera salida

Punto	Velocidad ($m.s^{-1}$)	Altura (m)	Ancho (m)	Caudal (m^3/s)	Ubicación
1	0,5	0,50	0,85	0,21	Punto Alto
2	0,5	0,50	0,75	0,19	Punto Medio
3	1,6	0,10	0,80	0,13	Punto Bajo

Elaborado el Autor

Anexo 8. Concentración promedio de parámetros asignados

Parámetros	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Concentración Promedio
DBO	80	75	72,33	73,33	80,33	76,198
NO3	2,05	2,13	2,07	1,9	1,9	2,01
PO4	0,97	0,84	0,89	0,9	0,83	0,886
SDT	259,37	275,4	275,13	277,4	273,37	272,134

Elaborado el Autor

Anexo 9. Registro fotográfico



Figura 22. Recolección de coordenadas y tomas fotográficas aéreas

Elaborado por el Autor



Figura 23. Toma de muestras y mediciones in situ

Elaborado por el Autor

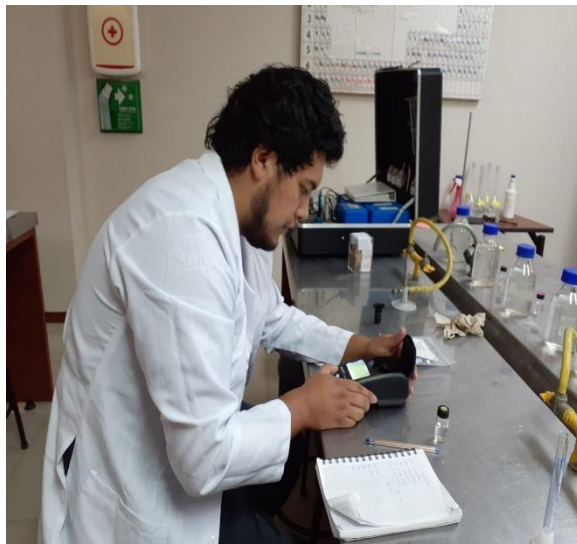


Figura 24. Análisis del índice de calidad de agua, laboratorios ECAA-PUCESI.

Elaborado por Autor.



Figura 25. Análisis de Coliformes fecales en el laboratorio de Microbiología.

Elaborado por el Autor.



Figura 26. Toma de datos para el cálculo del caudal ecológico.

Elaborado por el Autor.



Figura 27. Captaciones de caudal de la Quebrada El Quince para fines agrícolas.

Elaborado por el Autor.