



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA

TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Análisis de la calidad y usos del agua en la minicuenca hidrográfica de la quebrada San Francisco- microcuenca del río Malacatos y la importancia de los sistemas agroforestales.

TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTOR: Ruiz Vásquez, Rober Efrén

DIRECTOR: Morocho Cuenca, José Ramiro, M.Sc.

LOJA-ECUADOR

2017



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2017

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Magister.

José Ramiro Morocho Cuenca

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación: Análisis de la calidad y usos del agua en la minicuenca hidrográfica de la quebrada San Francisco- microcuenca del río Malacatos y la importancia de los sistemas agroforestales, realizado por Rober Efrén Ruiz Vásquez, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, Noviembre del 2017

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo Rober Efrén Ruiz Vásquez, declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Análisis de la calidad y usos del agua en la minicuenca hidrográfica de la quebrada San Francisco- microcuenca del río Malacatos y la importancia de los sistemas agroforestales, de la Titulación de Gestión Ambiental, siendo José Ramiro Morocho Cuenca, M.Sc., director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.

f.

Autor: Rober Efrén Ruiz Vásquez

Cédula: 1104632938

DEDICATORIA

Con profundo cariño y agradecimiento a Dios por ser el pilar fundamental de mi vida y por todas las bendiciones que me ha concedido, a mis padres y hermano por ser mi más grande apoyo en todo en cuanto he realizado, a mis tutores por guiar el camino de mi titulación.

Con estima y consideración.

Rober Efrén Ruiz Vásquez

AGRADECIMIENTO

En reconocimiento y gratitud a la Universidad Técnica Particular de Loja, Ing. Rosa Armijos Directora de la titulación de Gestión Ambiental, docentes que contribuyeron a mi formación académica, al Dr. Gustavo Samaniego dueño de la hacienda el Cristal, quien brindo las facilidades necesarias para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi director M.Sc. José Ramiro Morocho Cuenca quien con su conocimiento y experiencia, me supo guiar de manera idónea durante el tiempo que llevo a cabo el realizar esta tesis, y a todas las personas que de alguna manera contribuyeron en la culminación de mi trabajo de fin de titulación.

Con respeto y admiración.

Rober Efrén Ruiz Vásquez

INDICE DE CONTENIDO

CARATULA.....	
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	vi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
Marco teórico	6
1.1 Cuencas hidrográficas como un servicio ambiental hídrico.....	6
1.2 Manejo integral de cuencas hidrográficas (MICH).	7
1.3 Calidad de agua	8
1.3.1 Parámetros de calidad de agua.....	8
1.3.2 Índice de calidad de agua (ICA).....	9
1.3.3 Macro invertebrados bénticos: índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera).....	9
1.4 Cantidad de agua.....	10
1.5 Sistemas agroforestales (SAFs).....	10
1.5.1 Características de los SAFs.....	10
1.5.2 Importancia y beneficios de los SAFs.....	11
1.5.3 Clasificación de SAFs.....	12
1.5.4 El café en los SAFs.....	12
1.6 Relación entre sistemas agroforestales y manejo de cuencas hidrográficas.....	14
1.7 Recursos hídricos en Ecuador.....	15
Materiales y métodos	18
2.1 Área de estudio	18

2.2 Diseño de estudio.....	19
2.2.1 Caracterización de la minicuenca de la quebrada San Francisco.....	19
2.2.2 Diagnóstico de la cantidad, calidad y usos del agua de la minicuenca de la quebrada San Francisco.....	20
2.2.3 Influencia del uso de suelo sobre la cantidad y calidad del agua de la minicuenca de la quebrada San Francisco.....	23
Resultados y discusión.....	26
3.1 Caracterización de la minicuenca de la quebrada San Francisco.....	26
3.2 Diagnóstico de la cantidad, calidad y usos del agua de la minicuenca de la quebrada San Francisco	29
3.2.1 Cantidad de agua de la minicuenca.....	29
3.2.2 Calidad de agua de la minicuenca.....	31
3.2.3 Usos de agua en la minicuenca.....	45
3.3 Influencia del uso de suelo sobre la cantidad y calidad del agua de la minicuenca de la quebrada San Francisco.....	46
CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
ANEXOS.....	57

RESUMEN

Las cuencas abastecedoras de agua, están sometidas a impactos antropogénicos, lo que contribuye a problemas ambientales como el deterioro de la calidad de agua. A raíz de ello, varios autores sugieren que para solucionar estos problemas se debe implementar sistemas agroforestales (SAFs). El trabajo se basa en la caracterización morfométrica para comprender el funcionamiento hidrológico de la minicuenca, análisis del caudal, índices de calidad de agua y usos de suelo de la minicuenca, y los efectos que sobre ellos pueden tener los SAFs. Los resultados muestran que la calidad de agua varía de buena a mala. Los puntos que registran mala calidad de agua poseen parámetros físico-químicos por encima de los límites permitidos, menor abundancia de organismos bentónicos y suelos con pastizales. Los puntos con buena calidad de agua se caracterizan porque los parámetros indicados cumplen los límites establecidos, poseen abundancia de organismos bentónicos, suelos de bosque natural y cultivos temporales (café-SAFs). Con lo que se concluye que el uso de suelo y de los SAFs aportan a mantener una buena calidad y cantidad del agua.

Palabras clave: bentónico, ICA, calidad, agua, suelo, Malacatos

ABSTRACT

The watersheds are subject to anthropogenic impacts, which contributes to environmental problems such as the deterioration of water quality. As a result, several authors suggest that agroforestry systems (SAFs) must be implemented to solve these problems. The work is based on the morphometric characterization to understand the hydrological functioning of the mini-basin, flow analysis, water quality indexes and land uses of the minicube, and the effects that SAFs may have on them. The results show that water quality varies from good to bad. The points that register poor quality of water have physical-chemical parameters above the permitted limits, less abundance of benthic organisms and soils with pastures. The points with good water quality are characterized because the indicated parameters meet the established limits, they have abundance of benthic organisms, natural forest soils and temporary crops (coffee-SAFs). With which it is concluded that the use of land and SAFs contribute to maintain a good quality and quantity of water.

INTRODUCCIÓN

En el mundo existen 1400 millones de km³ de agua, de los cuales 2,5% es agua dulce y de estos el 1,76% se encuentra en glaciares y capas polares; 0,76 % en aguas subterráneas; 0,1% en lagos, ríos y en la atmósfera; y el 97,47% es agua salina (Vivas, 2002). Sin embargo, de las cifras anteriores, 748 millones de personas no disfrutaban de una buena fuente de agua potable y las aguas subterráneas son las que abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego (FAO, 2012). A nivel mundial, 2.500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua. La disponibilidad de agua se enfrenta a las presiones de la contaminación. Se espera que la eutrofización de las aguas superficiales y las zonas costeras aumente en casi todas partes hasta 2030 (WWAP, 2016).

En base a las cifras anteriores, se puede indicar que el agua constituye uno de los sistemas más importantes que sostiene el planeta. Sin embargo, las presiones antropogénicas que existen sobre este recurso, provoca una crisis en su manejo, es así que actividades como: el uso excesivo de fertilizantes, la descarga de aguas residuales, la descarga de desechos industriales, agrícolas y ganaderos, y las prácticas no sostenibles del uso del suelo, causan la degradación del recurso, trayendo consigo efectos como la eutrofización y la contaminación de cuerpos de agua superficial y subterránea (WWAP, 2016). Esta situación no es diferente en Ecuador, ya que de los 5000 m³ per cápita/año de recursos hídricos renovables que el país posee, la gran mayoría se destina a actividades productivas, domésticas y agrícolas que alteran la calidad de agua (CNRH, 2006; FLACSO *et al.*, 2008; CEPAL, 2012; FAO, 2012).

Los problemas relacionados con el agua, tanto a nivel mundial como en Ecuador, descritos en el párrafo anterior, han sido motivo de preocupación de las sociedades humanas en las últimas décadas. Por esta razón, existe un creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas, que brindan el recurso hídrico, y estudiar sus cambios en el tiempo, desarrollando criterios físicos, químicos y biológicos que permitan estimar el efecto y magnitud de las intervenciones humanas (Cisneros & Espinoza, 2001).

Una forma de desarrollar los criterios anteriormente descritos, es a través del manejo integral de cuencas hidrográficas, que se basa en el entendimiento de la dinámica de la cuenca y cada uno de sus componentes, así como en el conocimiento, voluntad, capacidad de gestión y participación de los actores que intervienen en la cuenca (López *et al.*, 2013). Considerando que la cuenca es el espacio de territorio donde se asientan poblaciones, urbanas y rurales, que necesitan de agua para el desarrollo de sus actividades (Aguirre, 2011). Si el manejo de las cuencas no es el apropiado, se conducirá a la disminución del recurso, afectando no solo

a la biodiversidad de la zona, sino también a la población, que no podrá abastecerse de agua (López *et al.*, 2013)

La minicuenca de la quebrada San Francisco es parte de la microcuenca del río Malacatos (49,89 km²), provincia de Loja, perteneciente a la demarcación hidrográfica Puyango-Catamayo, y que constituye una de las 740 unidades hidrográficas que posee Ecuador, ésta requiere un manejo integral, ya que su calidad de agua se ha visto afectada por actividades agropecuarias (sobrepastoreo, uso de agroquímicos y residuos sólidos) y actividades industriales (fábricas de panela, centros comerciales, camales, gasolineras), trayendo como consecuencia la contaminación del agua, por la descarga de desechos y agua residuales (Medina & Andrade, 2009; CEPAL, 2012).

Una forma de manejar integralmente esta minicuenca, y las cuencas hidrográficas en general, es a través de la incorporación de sistemas agroforestales (SAF), ya que relacionan el recurso agua con el recurso suelo (Mendieta & Rocha, 2007; GWP & INBO, 2009), y además implican muchos beneficios y servicios ambientales tales como: la mejora en la calidad y cantidad del agua, la reducción de la frecuencia y magnitud de las inundaciones, la regulación del flujo hídrico superficial, la recarga y mantenimiento del manto freático y aguas subterráneas, el aumento de la infiltración y disminución de escorrentía superficial, el aporte de material orgánico, la fijación de nitrógeno y reciclaje de nutrientes, la estabilidad, formación y fertilidad de los suelos, la mejora en la calidad de la atmósfera, entre otros (Beer *et al.*, 2003; Mendieta & Rocha, 2007). Según Muschler (2001), si el SAF incluye especies de café en su estructura, brindará mayores beneficios, como mejoras en la calidad de los suelos, y al mismo tiempo proporcionará sombra y propiciará condiciones favorables para la diversidad biológica de la zona.

Considerando lo mencionado, la importancia de las cuencas hidrográficas y el manejo de los sistemas agroforestales, se propone el siguiente estudio con el objetivo de analizar la repercusión que cultivos agroforestales (uso del suelo), tienen en la calidad, cantidad y usos del agua de una sección de la microcuenca del río Malacatos, ubicada en la minicuenca de la quebrada San Francisco.

CAPITULO I

Marco teórico

1.1 Cuencas hidrográficas como un servicio ambiental hídrico.

Según Aguirre (2011), una cuenca hidrográfica constituye el espacio del territorio, independiente de las fronteras político-administrativas, en el cual naturalmente discurren todas las aguas (aguas provenientes de precipitaciones, de deshielos, de acuíferos, etc. que discurren por cursos superficiales o ríos) hacia un único lugar o punto de descarga (que usualmente es un cuerpo de agua importante tal como un río, un lago o un océano).

Las cuencas hidrográficas brindan innumerables servicios ambientales (tabla 1) que son desconocidos por las poblaciones que se asientan en ella, en tal sentido, estos servicios enfrentan importantes amenazas como, la sobreexplotación de los recursos (agua y tierras), la construcción de infraestructura de grandes dimensiones que alteran el funcionamiento natural, la contaminación, etc. (UICN, 2000). Es por tal motivo que se debe realizar un manejo integral de cuencas hidrográficas, con la finalidad de mantener saludables los servicios ambientales, que las cuencas brindan (Aguirre, 2011).

Tabla 1. Principales servicios ambientales brindados por una cuenca hidrográfica.

SERVICIO	DESCRIPCIÓN
Servicios de regulación <i>Servicios relacionados con la regulación de caudales o con la reducción de riesgos que tienen que ver con caudales hídricos</i>	<ul style="list-style-type: none">• Regulación de caudales hídricos (derrames de amortiguación, infiltración de agua en los suelos, recarga de agua subterránea, mantenimiento de caudales base)• Mitigación de riesgos naturales (prevención de inundaciones, reducción de caudales pico, reducción de deslizamientos de tierra)• Protección de suelos y control de la erosión y de la sedimentación
Servicios de apoyo <i>Servicios que se proveen para apoyar a hábitats y al funcionamiento de ecosistemas</i>	<ul style="list-style-type: none">• Hábitat de vida silvestre• Régimen de caudales necesarios para mantener el hábitat y los usos río abajo
{SERVICIO	DESCRIPCIÓN
Servicios culturales y de recreo <i>Servicios relacionados con recreo e</i>	<ul style="list-style-type: none">• Recreo acuático• Estética del paisaje

<i>inspiración humana</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Patrimonio cultural e identidad Inspiración artística y espiritual
<p>Servicios de abastecimiento</p> <p><i>Servicios centrados en proveer directamente productos alimenticios y no alimenticios provenientes de caudales hídricos</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimiento de agua dulce • Producción de cosechas y frutas • Producción ganadera • Producción de peces • Suministro de madera y de materiales de construcción • Medicinas • Energía hidroeléctrica

Fuente: UICN (2000). *Visión del Agua y la Naturaleza. Estrategia Mundial para la Conservación y Manejo Sostenible de Recursos Hídricos en el Siglo XXI*; Aguirre (2011). *La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos*.

Elaborado por: UICN (2000).

1.2 Manejo integral de cuencas hidrográficas (MICH).

Se entiende por MICH como “la gestión que el hombre realiza en un determinado sistema hidrográfico para aprovechar y proteger los recursos naturales que le ofrece con el fin de obtener una producción óptima y sostenida” (Gaspari *et al.*, 2009).

Este manejo otorga al desarrollo sustentable un ámbito geográfico de aplicación que incluye un proceso antrópico consistente en planear, organizar, dirigir, evaluar y controlar la ejecución de sus acciones preservando los recursos con el fin de garantizar el crecimiento económico y el bienestar social de las generaciones presentes y futuras (Bahamondes & Gaete, 2015).

Según López *et al.*, (2013) el MICH se basa en el entendimiento de la dinámica de la cuenca y de cada uno de sus componentes, así como en el conocimiento, voluntad, capacidad de gestión y participación de los actores que intervienen en la cuenca. Son las diferentes acciones que se realizan para hacer un uso racional y sostenible de los recursos que se encuentran en una cuenca, tomando en consideración su potencial-vocación y las actividades e intereses de las comunidades y sectores que en ella habitan e interactúan (López *et al.*, 2013).

El manejo integral de cuencas se puede concebir como la formulación y aplicación en toda la cuenca hidrográfica, tanto aguas abajo como aguas arriba, de un conjunto integrado de acciones en la búsqueda del desarrollo sostenible, minimizando los efectos ambientales

negativos sobre el recurso hídrico que la población utiliza aguas abajo y aplicando el concepto de ecosistema, los principios de la ciencia ecológica y los lineamientos del desarrollo sostenible (Gaspari *et al.*, 2013). Además, facilita el monitoreo y evaluación del efecto de las inversiones en conservación de vertientes para protección del agua y privilegia la protección del valor estratégico del recurso (Bahamondes & Gaete, 2015). Para llevar a cabo el MICH, según varios autores (Muñoz, 2011; Aguirre, 2011; Gaspari *et al.*, 2013); es necesario seguir un procedimiento, basado en el inventario, caracterización, evaluación y diagnóstico de una cuenca hidrográfica.

1.3 Calidad de agua.

La calidad de agua se define como el conjunto de características físico-químicas y microbiológicas del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico (Mejía, 2005). Ésta se halla determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores físico-químicos tales como pH y conductividad, cantidad de sales y de la presencia de fertilizantes. Los seres humanos tienen una gran influencia en todos estos factores, pues ellos depositan residuos en el agua y añaden toda clase de sustancias y de contaminantes que no están presentes de forma natural (Arco, 2005). Los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano, para uso agrícola o industrial, para la recreación o para mantener la calidad ambiental (Gómez, 2009).

1.3.1 Parámetros de calidad de agua.

La calidad del agua según Pérez (1981) está definida en base a los siguientes parámetros:

Tabla 2. Parámetros que se miden para determinar la calidad de agua.

PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA	
Físicos	Turbiedad, color, olor y sabor, temperatura
Químicos	Potencial de hidrógeno (pH), acidez, alcalinidad, dureza, hierro y manganeso, cloro, cloruros, nitrógeno, flúor, sulfatos, sustancias tóxicas.
Microbiológicos	Coliformes fecales y las coliformes totales.

Fuente: Pérez (1981). Manejo de Sistemas Agroforestales.

Elaborado por: Pérez (1981).

1.3.2 Índice de calidad de agua (ICA).

Para medir la calidad de agua se puede utilizar el ICA (índice de calidad de agua), que determina el grado de contaminación del agua, está expresado como porcentaje del agua pura y analiza parámetros como los señalados en el apartado anterior, además de incluir otros como: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto, coliformes fecales, coliformes totales, sustancias activas, conductividad eléctrica, fosfatos totales, etc. (Novillo, 2009).

El ICA puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es saludable o no (SNET, 2012). Así también, el índice ICA, se aplica a los usos admitidos para el agua de ríos, lagos y lagunas, que incluyen: recreación, agua para abastecimiento, para actividades agrícolas, entre otros. El uso más habitual para el que es utilizado el ICA es para establecer la calidad de agua para consumo humano (Valcarcel *et al.*, 2009; Torres *et al.*, 2010).

1.3.3 Macro invertebrados bénticos: índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera).

Otra de las formas de medir la calidad de agua es a través de microorganismos y de hecho Oscoz *et al.*, (2006) establecen que los indicadores biológicos han de ser los que determinen en última instancia el estado de una masa de agua, resaltando así la importancia del estudio de las comunidades acuáticas y su relación con la calidad de las aguas.

Dentro de los distintos organismos que se usan como indicadores biológicos, están los macro invertebrados bénticos, uno de los grupos de organismos más empleados con tal finalidad por las ventajas que tienen como su abundancia y composición, además poseen características, requerimientos especiales y adaptaciones evolutivas a determinadas condiciones ambientales que los convierten en organismos con límites de tolerancia específicos a las diferentes alteraciones de su hábitat (Arroyo y Encalada, 2009; Oscoz *et al.*, 2006).

Según Forero y Reinoso (2013) para hacer uso de los macro invertebrados bénticos se pueden aplicar algunos índices, el más conocido es el Índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), que se establece a través de la recolección de microorganismos en el agua,

que posteriormente se identifican y contabilizan, con el propósito de establecer la cantidad de microorganismos, de las familias anteriores, presentes en el agua. Este índice se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$EPT = \frac{EPT \text{ Total } \times 100}{Abundancia \text{ total}}$$

1.4 Cantidad de agua.

Para establecer la cantidad de agua que existe en un cuerpo hídrico se debe utilizar los diferentes métodos para medir el caudal de cuerpos hídricos. Según Bello & Pino (2000) el caudal corresponde a una cantidad de agua que pasa por un lugar en una cierta cantidad de tiempo, o sea, corresponde a un volumen de agua, por unidad de tiempo (m^3/s).

Rojas (2006), establece que para medir el caudal de un cuerpo hídrico se pueden aplicar métodos como el de flotador y molinete. En el primero se utiliza objetos de fácil recuperación, llamados flotadores (ej. esferas de plástico), y en el segundo se hace uso de una herramienta llamada molinete, que brinda el resultado del caudal de forma automática.

1.5 Sistemas agroforestales (SAFs).

Ramírez (2013) define a los sistemas agroforestales como el conjunto de arreglos, normas y técnicas que están orientados a obtener una mejor producción mediante la asociación de especies vegetales (árboles) con cultivos agrícolas, tratando que la productividad sea permanente y sostenible a través del tiempo de todos los recursos que conforman un sistema. Los SAFs constituyen una técnica muy diferente a la agricultura y la forestería moderna, ya que dicha técnica combina árboles, cultivos y animales (Farell, 2012).

1.5.1 Características de los SAFs.

Según Farell (2012), los SAFs deben cumplir tres características fundamentales, mismas que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Características de los sistemas agroforestales.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Sustentabilidad	Los SAFs optimizan los beneficios de las interacciones entre las especies arbóreas, cultivos y animales, ya que se utilizan ecosistemas naturales con el fin de aplicar sus características ecológicas a un sistema agrícola, con esta actividad se espera que la productividad se mantenga a largo plazo sin degradar el suelo.
Aumento en la productividad	El incremento de productividad en estos sistemas se da cuando se optimizan las relaciones existentes entre elementos del terreno y las condiciones ecológicas ambientales, de esta manera se generan un uso racional de recursos naturales, y aumenta la producción de SAF en comparación a los sistemas convencionales de uso de la tierra.
Adaptabilidad cultural y socioeconómica	A pesar de que los SAFs son aplicables en diversas zonas y en distintas condiciones socioeconómicas, su gran potencial ha sido reconocido por los pequeños agricultores de áreas marginales y pobres de zonas tropicales y subtropicales, ya que los campesinos de dichas áreas generalmente no son capaces de adquirir tecnologías muy costosas y modernas. Y esta por esta causa se adapta particularmente a las realidades de los pequeños agricultores.

Fuente: Farell (2012). Bases científicas para una agricultura sustentable.

Elaborado por: Farell (2012).

1.5.2 Importancia y beneficios de los SAFs.

De acuerdo a Restrepo (2003), los SAFs regresan mayor biomasa al ecosistema (materia orgánica), esta biomasa es de buena calidad, permitiendo una mejor recirculación de nutrientes y por ende mejora la estructura del suelo generando agregados estables y minimizando la escorrentía del agua y pérdida de suelo, finalmente la diversidad de especies evita la proliferación de insectos que pueden causar daño a los cultivos y al mismo tiempo favorece el desarrollo de la fauna silvestre.

A nivel social los SAFs fortalecen la conexión e integración de familias, comunidades, parroquias y vecinos y es evidente que estas prácticas van más allá de un terreno o finca, ya que se pueden utilizar como fuente de protección de cuencas hidrográficas, zonas de laderas o en suelos erosionados, ya que la eficiencia de estas actividades son muy notorias cuando se realiza a nivel de comunidad (Reibán, 2012).

A nivel económico los SAFs presentan una producción de calidad, que implica bajos costos,

pues al implementar pastos, plantaciones forestales, frutales, en estos sistemas se reduce el uso de fertilizantes y el ganado disminuye la necesidad de desyerbar, abaratando los costos (Navia, 2012).

1.5.3 Clasificación de SAFs.

De acuerdo a Mendieta & Rocha (2007) es necesaria la clasificación de SAFs para su caracterización, evaluación y mejoramiento, en la tabla 4 se presenta la clasificación.

Tabla 4. Clasificación de sistemas agroforestales

TIPO DE SAFS	DESCRIPCIÓN
Agrosilviculturales	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura migratoria con manejo del barbecho • Cultivo en plantaciones forestales • Árboles para sombra de cultivos • Árboles en parcelas de cultivo (cercas vivas, cortinas rompe vientos, árboles en linderos, o árboles dispersos) • Leñosas como soportes vivos • Huertos caseros mixtos • Cultivo en callejones
Silvopastoriles	<ul style="list-style-type: none"> • Árboles o arbustos dispersos en potreros • Pastoreo en plantaciones forestales o frutales • Bancos forrajeros o bancos de proteína • Pastura en callejones
Especiales	<ul style="list-style-type: none"> • Silvoentomología (ej. árboles para apicultura) • Silvoacuicultura (ej. árboles para piscicultura)

Fuente: Mendieta y Rocha (2007). Sistemas agroforestales.

Elaborado por: Mendieta y Rocha (2007).

1.5.4 El café en los SAFs.

El uso de café en sistemas agroforestales tiene una característica particular que lo diferencia de otras formas de agroforestería, esta característica es la sombra, la cual mejora la producción del sistema, generando beneficios a otras especies, al suelo (minimiza efectos erosivos), a la generación de un mejor microclima, y a las fuentes de agua (Muschler, 2001). En la figura 1, se presentan algunos ejemplos sobre modelos agroforestales donde el

componente arbóreo (café) cumple una función de sombreado al cultivo (Farfán, 2014).

La asociación de SAFs (árbol con cultivos agrícolas) proporciona beneficios como los que se han señalado en los apartados anteriores. Sin embargo, hay que considerar que, para el establecimiento de árboles en asocio con el café, es preciso tener conocimiento de la densidad de siembra del café, su edad, su distribución espacial, programa de fertilización, el comportamiento y desarrollo del componente arbóreo a diferentes condiciones, comportamiento productivo del café con el asocio de árboles en diferentes regiones cafeteras, especies de árboles adecuadas para cada región específica, etc. (Farfán, 2014).

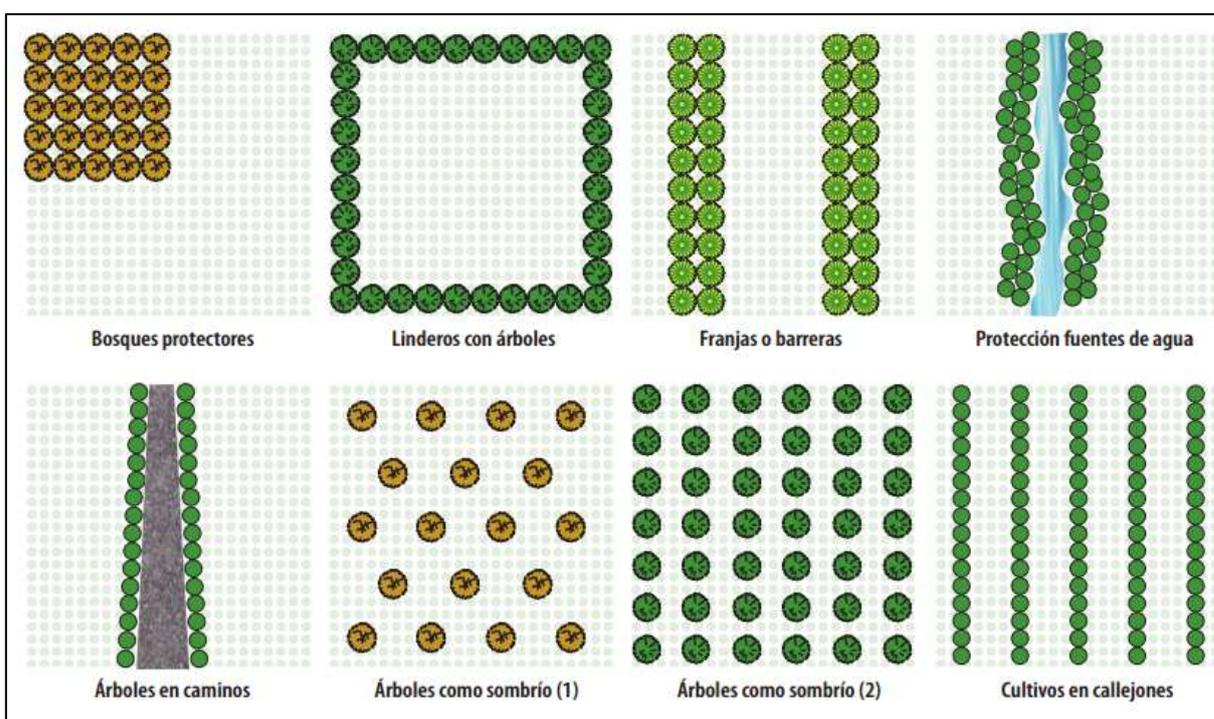


Figura 1. Diversas formas de estructurar SAF con plantas de café.

Fuente: Farfán (2014).

Elaborado por: Farfán (2014).

La asociación de café con árboles puede traer varios beneficios y desventajas (tabla 5) a un SAF, que es importante considerar al momento de implementarlo.

Tablas 5. Ventajas y desventajas de un SAF con café.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Microclima más moderado	Puede bajar la producción de café
Cafetos más vigorosos y más resistentes a plagas y enfermedades	Puede requerir fondos y mano de obra adicionales para establecer y manejar los árboles
Vida útil más larga de café	Puede favorecer enfermedades y plagas adaptadas a humedad alta y/o sombra
Mejor producción y calidad de café en ambientes marginales para su cultivo	Puede dañar los cafetos por la caída de las ramas y durante la extracción de la madera
Contribución a mantener la fertilidad del suelo	Puede dificultar labores de manejo
Reducción potencial de los requerimiento de insumos y aumento de la eficiencia de aprovechar fertilizantes	
La madera producida reduce la necesidad de extraer madera de bosques	Los árboles pueden ser hospederos potenciales para nuevas plagas
Aumento de la biodiversidad	

Fuente: Mendieta y Rocha (2007). Sistemas agroforestales.

Elaborado por: Mendieta y Rocha (2007).

1.6 Relación entre sistemas agroforestales y manejo de cuencas hidrográficas.

Según Jiménez *et al.*, (2001); Beer *et al.*, (2003); Mendieta y Rocha, (2007), las contribuciones de la agroforestería en el manejo de cuencas son múltiples e incluye tanto aspectos biofísicos como socioeconómicos, como los que se presentan a continuación:

- Captación, almacenamiento y regulación de las corrientes o flujos de agua, reduciendo la incidencia y la magnitud de las inundaciones y los estiajes.
- Efecto esponja de la vegetación (cultivos y leñosas).
- Regulación del flujo hídrico superficial.
- Recarga y mantenimiento del manto freático y las aguas subterráneas.
- Mejoramiento de la calidad de las aguas.

- Estabilización del flujo hídrico base y control de torrentes.
- Contribución a la estabilidad, formación y fertilidad de los suelos.
- Control de erosión, deslizamiento y arrastre en masas.
- Protección de infraestructuras civiles.
- Mejoramiento de la estabilidad de la cuenca y mantenimiento de su potencial productivo
- Reducción de los factores de tensión o desestabilizadores asociados a la agricultura migratoria, ganadería intensiva, incendios forestales, deforestación.
- Mantenimiento de la calidad de la atmósfera, evitando la alteración en la composición o proporción de sus gases.

En muchas zonas tropicales con agricultura en zonas de ladera, las cuencas se encuentran seriamente degradadas y se ciernen múltiples riesgos ambientales asociados a la agricultura convencional, basada en búsqueda de incrementos en la producción vegetal, con poca atención al deterioro de los recursos naturales (Jiménez, 2007). El uso intensivo e indiscriminado de fertilizantes químicos, irrigación inadecuada, lucha química contra plagas y enfermedades, monocultivo, etc., son problemas reales que generan estos riesgos ambientales en las cuencas y para algunas de los cuales, los SAFs pueden constituirse en una herramienta útil para su solución o, al menos su reducción (Jiménez *et al.*, 2001).

En la protección y rehabilitación de cuencas se utilizan diferentes opciones agroforestales: el cultivo mixto de especies arbóreas y agrícolas, SAFs con cultivos perennes para protección de cuencas, barreras vivas para conservación de suelos y formación lenta de terrazas en parcelas agrícolas, estabilización de taludes para la protección de las parcelas agrícolas, estabilización de riberas de ríos y quebradas para la protección de parcelas agrícolas, estabilización de canales, acequias y muros de contención, cultivo en callejones para conservación del suelo, cercas vivas para protección de cultivos y animales, cortinas rompevientos con propósitos múltiples, cortinas de vegetación contra heladas, pasturas asociadas con especies leñosas y follaje de especies leñosas como fuente de forraje (Jiménez, 2007).

1.7 Recursos hídricos en Ecuador.

El Ecuador como país mega diverso posee una gran red de recursos hídricos distribuida de manera irregular en sus tres regiones naturales (continente), lo que determina que existen zonas secas y otras muy húmedas. Los recursos hídricos proceden principalmente de lluvias, escurrimiento superficial de ríos y reservas subterráneas. Dentro de esta red de recursos hídricos, el territorio ecuatoriano se divide en 9 demarcaciones hidrográficas, que a su vez se dividen en 79 cuencas hidrográficas, de las cuales 137 son subcuencas y aproximadamente

890 microcuencas (Jurado, 2009). La microcuenca de río Malacatos con una extensión de 49,89 km² pertenece a una de estas, y al mismo tiempo se halla constituida por varias minicuencas, como la objeto de este estudio: minicuenca de la quebrada San Francisco (Medina & Andrade, 2009; CEPAL, 2012).

Ahora bien, actividades productivas y domésticas del país, tales como el uso agrícola, doméstico e industrial ocupan alrededor de 22 500 hm³/año, ponen en riesgo a las cuencas hidrográficas y los recursos hídricos que las componen (CEPAL, 2012). Es por ello que se han implementado normas que regulan el uso del agua en el país, como la Norma de calidad ambiental, la ley de recursos hídricos, las normas INEN: 2 176:1998 y 2 169:98, que especifican el proceso de toma de muestras de agua, transporte y almacenaje, entre otras.

Específicamente para este estudio, se ha utilizado el Acuerdo Ministerial 061 y 028 de la República del Ecuador. El primero establece en el art. 211 la definición de calidad del agua y los procesos que se requieren para evaluarla, además de indicar prohibiciones y el tratamiento para aguas residuales urbanas y rurales. El segundo establece los criterios admisibles de calidad de agua, tanto para consumo humano como para la preservación de la vida acuática y silvestre.

CAPITULO II

Materiales y métodos

2.1 Área de estudio.

La microcuenca del río Malacatos, está ubicada al sureste del cantón Loja. Parte de su territorio está en el Parque Nacional Podocarpus y constituye una de las unidades de la demarcación hidrográfica Puyango-Catamayo. La microcuenca tiene un sistema de drenaje dendrítico que da lugar a la formación del río Malacatos (Medina y Andrade, 2009). Su temperatura promedio oscila entre 18.4 °C en un piso bajo, y 7.3 °C para su piso alto (INAMHI, 2007).

Como ya se había mencionado, ésta microcuenca se halla constituida por pequeñas minicuecas, una de ellas pertenece a la quebrada San Francisco. Esta minicuenca se localiza en los puntos (E: 070077, S: 9543956; E: 699807, S: 9543679), entre las parroquias Loja y Malacatos, como punto de referencia, la minicuenca se halla cerca de la finca El Cristal además de estar rodeada por las quebradas El Cristal y San Francisco y el río Malacatos (Figura 2). Adicionalmente, la zona se caracteriza por la presencia de cultivos de café, que constituye un sistema agroforestal. Para efectos de este estudio, se diagnosticaron cantidad, calidad y usos del agua, en el cauce principal de la minicuenca, que lo constituye la quebrada San Francisco y el río Malacatos.

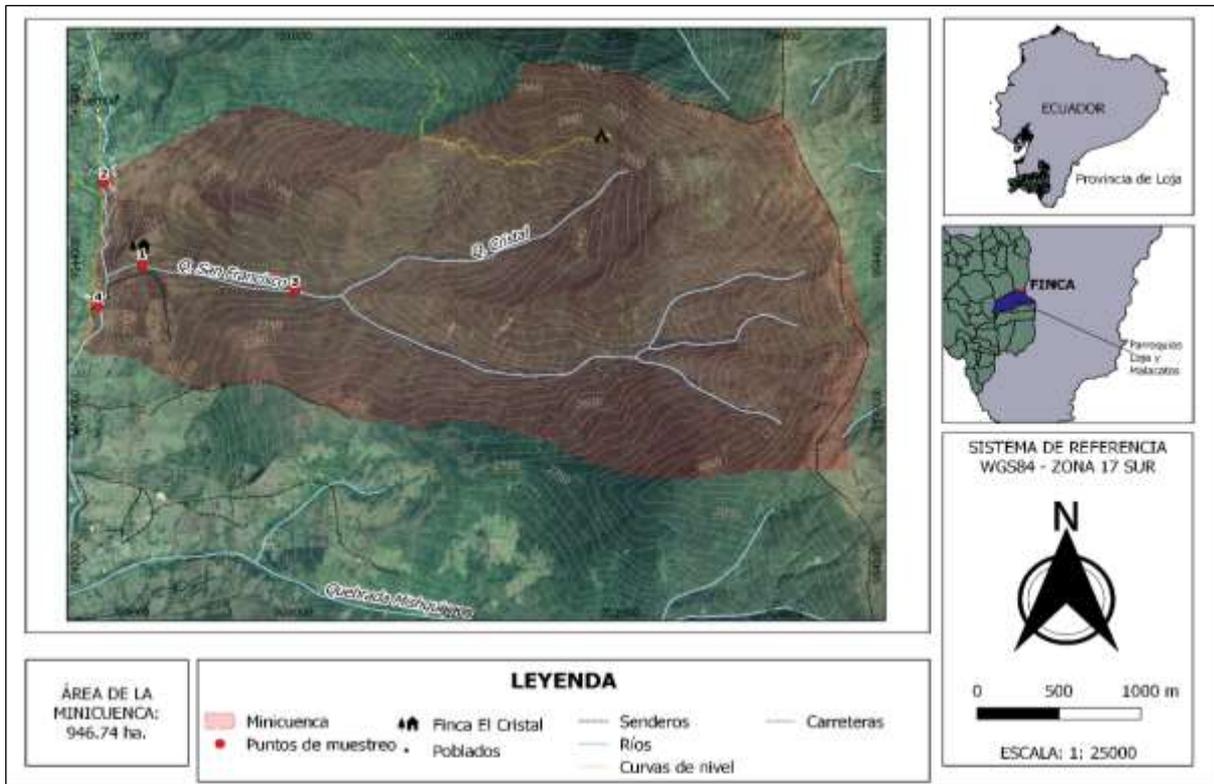


Figura 2. Mapa de la minicuenca de la quebrada San Francisco.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

2.2 Diseño de estudio.

2.2.1 Caracterización de la minicuenca de la quebrada San Francisco.

Se realizó el análisis morfométrico de la minicuenca, con la finalidad de tener una aproximación de la naturaleza y comportamiento de la misma, ya que según Gaspari *et al.*, (212) la caracterización morfométrica es importante porque permite determinar el movimiento y captación del agua de lluvia en una zona. Para desarrollar este punto, en el análisis morfométrico se consideraron los siguientes parámetros:

Tabla 6. Parámetros a determinar para obtener la cantidad de agua de la minicuenca que rodea la finca “El Cristal”.

Caracterización morfométrica	Parámetros a determinar
Área de la minicuenca	
Forma de la minicuenca	<ul style="list-style-type: none"> - Factor de forma (Ff) - Coeficiente de compacidad (Kc) - Índice de alargamiento (Ia) - Índice de homogeneidad (Ih) - Índice asimétrico (Ad)
Elevaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Altura de la cuenca (ΔH) - Mediana de altitud - Altura media (Hm) - Altitud media (E)
Relieve	<ul style="list-style-type: none"> - Pendiente media (Pm)
Pendientes	<ul style="list-style-type: none"> - Coeficiente de masividad ($\text{tg } \alpha$) - Coeficiente orográfico (Co)
Morfometría del sistema de drenaje	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificación de sistemas de drenaje (Shumn)

Fuente: Muñoz (2011). Manejo de cuencas hidrográficas tropicales.

Elaborado por: Muñoz (2011).

2.2.2 Diagnóstico de la cantidad, calidad y usos del agua de la minicuenca de la quebrada San Francisco.

Se establecieron 4 puntos de muestreo (Tabla 7), dos en la quebrada San Francisco y dos en el río Malacatos con la finalidad de tener datos comparativos de ambos cuerpos de agua. Los muestreos se realizaron durante la época lluviosa (Mayo-Julio) y la época seca (Agosto). No obstante, en el punto de muestreo N° 4 de la época seca, no fue posible tomar las muestras, por la presencia de maquinaria del GAD del cantón Loja en la zona, la cual se encontraba arreglando el sendero Caxarumi, lo cual puede tener repercusiones negativas como el aumento de sólidos en suspensión, que alteran la calidad de agua (Leandro *et al.*, 2010).

Tabla 7. Coordenadas de ubicación de los puntos de muestreo, tanto para la época lluviosa, como para la época seca.

PUNTO	X	Y
1: Q. San Francisco	700077	9543956
2: Río Malacatos	699842	9544486
3: Q. San Francisco	701006	9543777
4: Río Malacatos	699807	9543679

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

2.2.2.1 Análisis de la cantidad de agua de la minicuenca.

Se calculó el caudal de los puntos de muestreo a través del método de flotador, que según Iris (2011) constituye un método sencillo y rápido para estimar el caudal de agua que pasa en una sección transversal del río y que además permite calcular las velocidades superficiales de la corriente de un canal o río, utilizando materiales sencillos que se puedan visualizar y cuya recuperación no es necesaria.

En el método de flotador se utilizan dos esferas, corchos o trozos de maderas, unidos por un tornillo o tubo PVC, uno de los extremos debe llevar un peso para hundirse y el otro libre para que flote, de esta manera el dispositivo flotará de manera casi vertical respecto al cauce del río, lo cual permitirá obtener una velocidad igual a la real (Rojas, 2006).

El cálculo consiste en toma un tramo recto del curso de la siguiente forma: 1) el sitio debe ser un espacio del cauce adecuado que presente características más o menos uniformes o paralelas en sus orillas, en una longitud alrededor de 5 a 10 m; 2) Colocación de referenciales para reconocimiento del espacio de 5 m o más ubicados en las orillas del río, se pueden utilizar estacas de madera; 3) Para calcular el tiempo se deja caer el flotador antes del inicio del tramo que está debidamente señalado, tomar el tiempo que demoró el flotador en recorrer desde el punto A, hasta el punto B; 4) Realizar esta actividad al menos 3 veces, para finalmente estimar el tiempo promedio; y 5) Calcular el caudal (Rojas, 2006).

Iris (2011) establece que para calcular el caudal se aplica la siguiente ecuación:

$$Q=A*v$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

A = área de la sección transversal en m²

v = velocidad media del agua en el punto en m/s.

2.2.2.2 Análisis de la calidad de agua de la minicuenca.

Para la calidad de agua, se obtuvieron 4 muestras en los puntos de la minicuenca durante las dos épocas de muestreo. Para obtener las muestras se siguió el protocolo que se establece en las normas ecuatorianas NTE INEN 2 176:1998 y NTE INEN 2 169:98. De acuerdo a estas normas, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La muestra debió ser recogida en sentido contrario a la corriente del río, con la finalidad de evitar la contaminación por residuos aguas arriba.
2. Se obtuvo una muestra representativa, ya que la muestra recogida debió ser suficiente para los análisis requeridos y para cualquier repetición de análisis.
3. Una vez recolectada la muestra, ésta se depositó en un recipiente que la protegió de pérdidas debidas a la volatilización, adsorción o de la contaminación por sustancias extrañas. Los recipientes se llenaron completamente, de tal forma que no existió aire sobre la muestra.
4. Con el recipiente listo, el origen de las muestras y las condiciones bajo las cuales fueron recogidas se anotaron, y esta información se adhirió en el recipiente plástico, luego de ser llenada. Las etiquetas y formatos se llenaron en el momento de la recolección de la muestra.
5. Finalmente, las muestras se trasladaron al laboratorio para los análisis respectivos (parámetros físicos, químicos, microbiológicos). Durante la transportación, las muestras se guardaron en un ambiente fresco, protegidas de la luz.

Posteriormente, para determinar la calidad de agua de la minicuenca se analizaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, obtenidos en laboratorio y, después éstos se compararon con los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y estuarios, presentes en el libro VI de calidad ambiental del TULSMA (Acuerdo Ministerial No. 028, 2015).

Hecho lo anterior, se obtuvo el Índice de Calidad de Agua (ICA), que determina la intervención

antrópica o grado de calidad de un cuerpo de agua en una escala de 0 a 100, en términos del bienestar humano, independiente de su uso (IDEAM, 2014). El cálculo del ICA se realizó a través de la plataforma *Water Research Center* que entregó los resultados del índice de manera automática acoplándose a los criterios establecidos en la tabla 8.

Tabla 8. Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0 – 25	Muy mala	Rojo
25 – 50	Mala	Naranja
50 – 70	Regular	Amarillo
70 – 90	Buena	Verde
90 – 100	Excelente	Azul

Fuente: Water Research Center (2014).

Elaborado por: Water Research Center (2014).

Para complementar los datos del ICA, también se obtuvo el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) que mide la abundancia de macro invertebrados benthicos en el agua esto se logró a través de la recolección, identificación y cuantificación de microorganismos en la minicuenca (Forero y Reinoso, 2013). Una vez conocida la cantidad de macro invertebrados presentes, para calcular el índice, se aplicó la siguiente ecuación:

$$EPT = \frac{EPT \text{ Total} \times 100}{Abundancia \text{ total}}$$

2.2.2.3 Usos del agua.

Para establecer los usos del agua se aplicó una encuesta a los moradores de las zonas aledañas. La encuesta se estructuró en cuatro secciones: 1) uso doméstico del agua, 2) uso agrícola y ganadero del agua, 3) uso artesanal/comercial y 4) percepción. El modelo de la encuesta se presenta en el anexo 1.

2.2.3 Influencia del uso de suelo sobre la cantidad y calidad del agua de la minicuenca de la quebrada San Francisco.

Para determinar los diferentes usos de suelo de la minicuenca, se trabajó con información cartográfica, disponible en el Sistema Nacional de Información. Esta información contempla, mapas de cobertura, usos y clases de suelo. De acuerdo a Botero *et al.*, (2004), la metodología

para establecer el uso de suelo en una minicuenca se contempla en los siguientes pasos:

1. Caracterización espacial de la minicuenca, basada en mapas y ortofotos que se generan usando información primaria. Estos mapas se consideran mapas de caracterización de la minicuenca.
2. Generación de mapas de usos actuales y potenciales o de vocación de uso de la minicuenca.

Una vez conocidos los usos del suelo, la cantidad y calidad de agua de la minicuenca, se estableció la relación existente entre estos apartados, con el fin de conocer si existen afectaciones al recurso hídrico.

CAPÍTULO III

Resultados y discusión

3.1 Caracterización de la minicuenca de la quebrada San Francisco.

Con la información cartográfica trabajada en el programa *Quantum Gis* 2.18, se obtuvo los distintos parámetros que constituyen la caracterización morfométrica de la minicuenca, dichos parámetros se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 9. Caracterización morfométrica de la minicuenca en la finca “El Cristal”

Datos base	Símbolo	Valor
Área minicuenca	A	9,46 km ²
Perímetro	P	13,18 km
Longitud axial	La	4,29 km
Superficie menor	Avm	2,48 km ²
Superficie mayor	AvM	6,98 km ²
Longitud máxima	L	4,54 km
Ancho máximo	L	2,37 km
Parámetros de forma	Fórmula	Valor
Ancho promedio	$Wp=A/La$	2,21 km
Factor de forma	$Ff=Wp/La$	0,51
Coeficiente de compacidad	$Kc=P/(2\sqrt{\pi*A})$	1,21
Índice de alargamiento	$la=L/l$	1,92
Índice de homogeneidad	$lh=S1/S2$	0,88
Índice asimétrico	$Ad=AvM/Avm$	2,81
Parámetros de elevaciones	Fórmula	Valor
Altura de la minicuenca	$\Delta H= H - h$	1480 m
Altura media de la minicuenca	$Hm= (H - h)/2$	740 m
Altitud media de la minicuenca	$E= (H - h)/2$	740 msnm
Coeficiente de masividad	$Tan \alpha =Hm/S$	0,78
Parámetros de morfometría de la red de drenaje	Fórmula	Valor
Razón de bifurcación	$Rb = N/Nu+1$	2,0
Densidad de drenaje	$Dd=Lx/A$	0,92
Frecuencia de drenaje	$Fx=Nx/A$	0,42 y 0,11
Coeficiente de rugosidad	$Rg= \Delta H/Dd$	0,80

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Considerando estos datos, se interpretó lo siguiente:

a. Parámetros de forma

En base a los análisis realizados, la minicuenca fue de tipo alargada y grande, esto considerando que el factor de forma de la minicuenca ($Ff= 0,51$), está por debajo de los rangos

establecidos ($Ff < 1$). De igual manera ocurrió con el coeficiente de compacidad ($Kc = 1,21$) que definió que la minicuenca fue de casi redonda a oval redonda como establecen los rangos $Kc = 1$ a $1,25$. Finalmente, la simetría de la minicuenca quedó definida con el índice asimétrico ($Ad = 2,81$) que, en este caso, mostró que la minicuenca fue asimétrica, considerando que se encontraba dentro del rango ($Ad > 1$) (Muñoz, 2011).

Si se analiza las variables por separado, el factor de forma intenta medir cuan cuadrada puede ser una cuenca y entre más bajo sea su valor, la cuenca estará menos propensa a crecientes, como el valor de la minicuenca de este estudio fue de $0,51$, se puede decir, que no la minicuenca no se halla sujeta a crecientes. En cuanto al coeficiente de compacidad, éste compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, entre más se acerque su valor a la unidad, la cuenca tendrá una mayor tendencia a acumular volúmenes fuertes de agua, con el resultado obtenido de esta variable ($1,21$), se puede decir que la minicuenca tiene esa tendencia (Lux, 2016).

Con esta interpretación de los valores de forma y coeficiente de compacidad, se indica una tendencia de minicuenca a acumular volúmenes importantes de agua (Fuentes, 2004).

b. Parámetros de la morfometría de la red de drenaje

En estos parámetros se consideró la red de drenaje de la minicuenca, tomando en cuenta que en la misma existen ríos de orden 1 y orden 2, como se muestra en la figura 3. Considerando lo anterior, se estableció la razón de bifurcación (Rb) de la minicuenca que fue de $2,0$, lo que explica que los ríos de la minicuenca se subdividen 2 veces aproximadamente. Ahora bien, la densidad de drenaje ($Dd = 0,92$) señaló que la minicuenca tiene una densidad moderada, ya que se halla dentro de los rangos establecidos ($Baja = < 1$). Finalmente, la minicuenca tuvo un drenaje mayor y relieve suave, características que se verificaron con los valores del coeficiente de rugosidad ($Rg = 0,80$) y densidad de drenaje ($Dd = 0,92$). El valor de coeficiente de rugosidad se encontró dentro de los rangos establecidos ($Rg < 120$) (Muñoz, 2011).

Analizando las variables por separado, se tiene que la razón de bifurcación define el cociente entre el número de cauces de cualquier orden y el número de cauces de orden principal, los valores que se hallen entre los rangos de 3 a 5, indican que las estructuras geológicas de la zona no distorsionan el modelo de drenaje, tal como ocurrió en este estudio, ya que la razón de bifurcación fue de $2,0$ (Lux, 2016). En cuanto a la densidad de drenaje, ésta permite tener un mejor conocimiento de la complejidad de drenaje de una cuenca, y cuando sus valores son mayores indican una buena estructuración de la red fluvial, o también que puede existir mayor potencial de erosión; en este estudio la densidad de drenaje fue baja, lo que detalla que el

potencial de erosión también es bajo y que la estructura de drenaje no es muy fuerte (Fuentes, 2004).

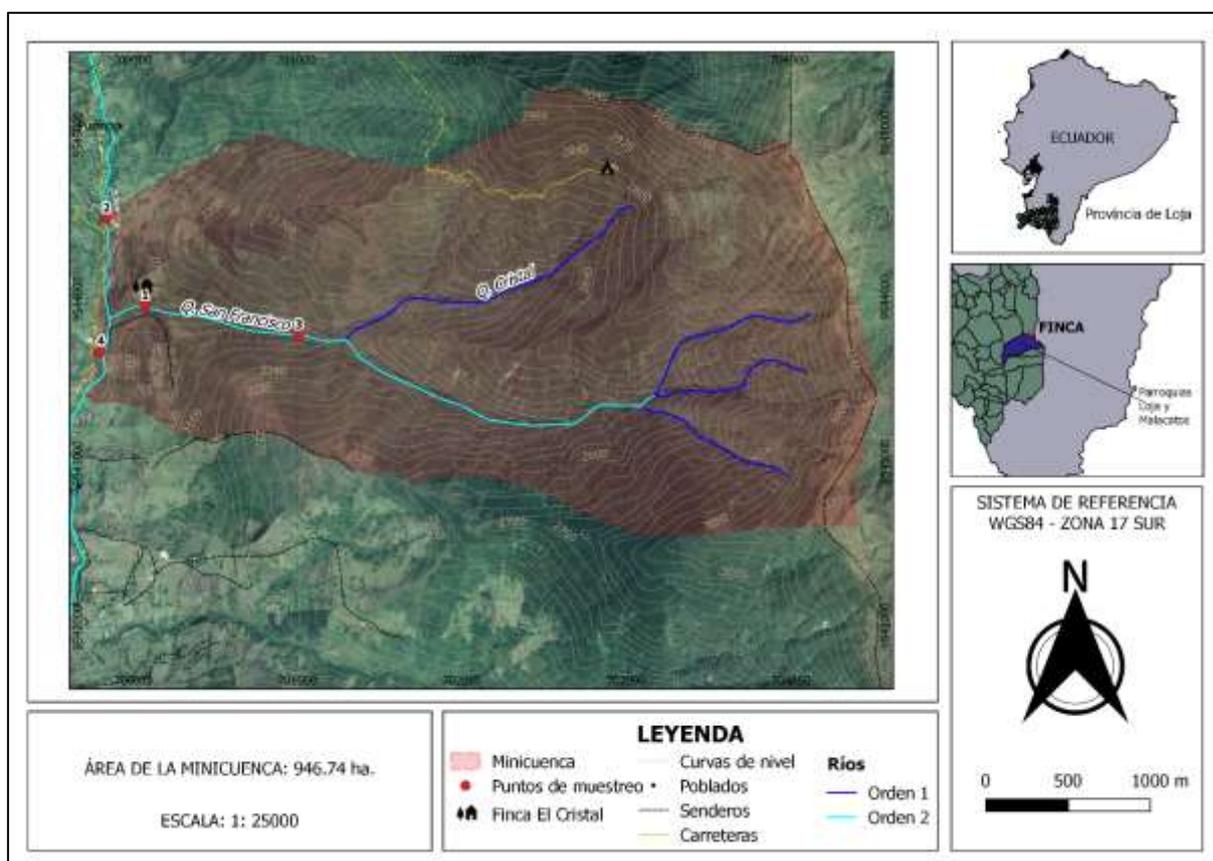


Figura 3. Morfometría de la red de drenaje de la minicuenca

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

3.2 Diagnóstico de la cantidad, calidad y usos del agua de la minicuenca de la quebrada San Francisco

3.2.1 Cantidad de agua de la minicuenca.

3.2.1.1 Caudal de la minicuenca.

Para efectos de este estudio, en cada punto de muestreo se calculó el caudal de la quebrada y del río a través del método del flotador, de esta manera los valores de caudal para cada punto, en cada época de muestreo, se presentan en la tabla 10 y 11.

Tabla 10. Cálculo de caudales de cuatro puntos durante la época lluviosa

Parámetros	Época Lluviosa			
	P1	P2	P3	P4
Ancho del segmento (m)	3	4	1,5	5
Largo del segmento (m)	8	10	9	10
Profundidad (m)	0,28	0,19	0,15	0,31
Tiempo (s)	11,13	11,43	13,75	10,61
Área (m ²)	0,84	0,76	0,23	1,54
Velocidad (m/s)	0,72	0,87	0,65	0,94
Caudal (m ³ /s)	0,60	0,66	0,15	1,45

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Tabla 11. Cálculo de caudales de cuatro puntos durante la época seca.

Parámetros	Época Seca			
	P1	P2	P3	P4
Ancho del segmento (m)	3	4	1,5	-
Largo del segmento (m)	8	10	9	-
Profundidad (m)	0,20	0,15	0,10	-
Tiempo (s)	15,73	14,48	26,45	-
Área (m ²)	0,6	0,6	0,15	-
Velocidad (m/s)	0,51	0,69	0,34	-
Caudal (m ³ /s)	0,31	0,41	0,051	-

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Comparando las dos épocas de muestreo (Gráfico 1), se pudo notar que existió una disminución de caudal de la época lluviosa a la seca, lo cual fue importante considerar, porque como menciona Abarca (2007), la disminución del caudal se relaciona con la calidad de un cuerpo de agua, ya que influye en la concentración de parámetros de calidad de agua, como, por ejemplo, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).

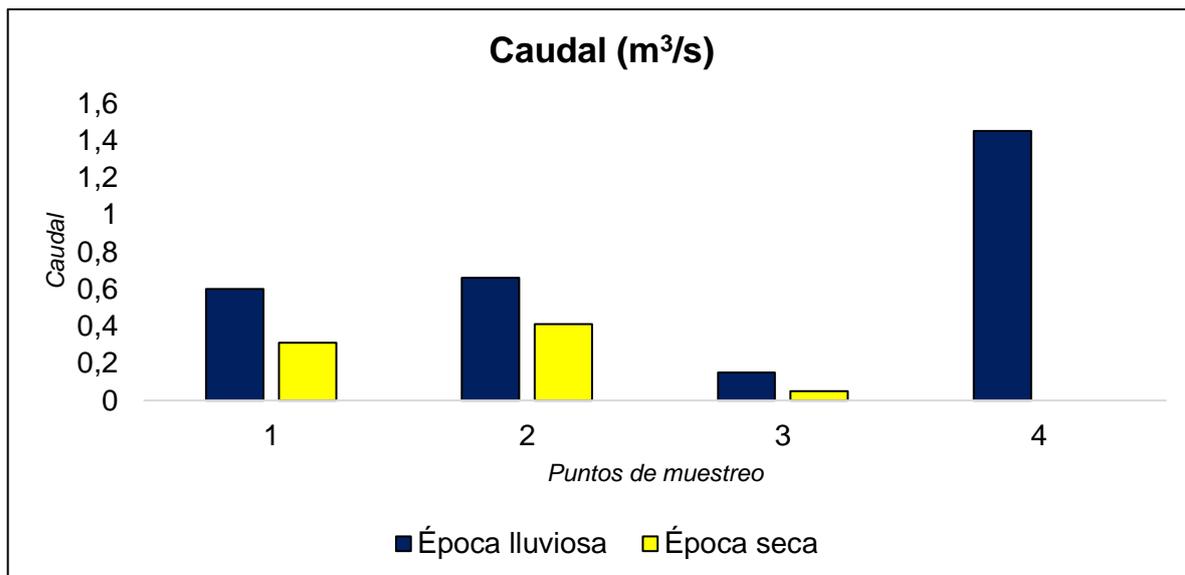


Gráfico 1. Comparación de caudal entre época lluviosa y seca.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

3.2.2 Calidad de agua de la minicuenca.

3.2.2.1 Parámetros físico-químicos de calidad de agua.

Se consideraron 9 parámetros físico-químicos de calidad del agua tomados en las dos épocas, lluviosa y seca. De esta manera, se tomaron 2 muestras en la quebrada y el río que constituyen la minicuenca. Los datos obtenidos de los parámetros físico-químicos del agua se presentan en el anexo 2.

En la tabla 12 se presentan un resumen de los valores registrados en la quebrada y el río de este estudio, en cada época de muestreo.

Tabla 12. Concentración de parámetros físico-químicos del agua en los puntos muestreados de la minicuenca

Parámetro	ÉPOCA LLUVIOSA				ÉPOCA SECA				TULSMA
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	
Oxígeno disuelto (%)	14,4	13,1	13,2	11,06	13,8	15	14,2	0	>80
Coliformes fecales (NPM/100 ml)	2	3	5	65	(-)	389	11	0	No aplica
pH	7,45	7,98	7,5	7,91	7,65	7,2	7,24	0	6,5 – 9
DBO ₅ (mg/l)	<(2)	22	<(1)	15	1	3	2	0	2 – 6
Temperatura (°C)	14,27	20	22	21	17	20,5	21,3	0	No aplica
Fosfatos (mg/l)	0,07	0,86	0,13	0,23	0,03	0,06	0,05	0	No aplica
Nitratos (mg/l)	<(0,6)	3	1,7	2	0,8	1,2	1	0	13
Turbidez (NTU)	<(2,02)	366*	<(3,47)	191	1,32	8,82	1,92	0	No aplica
Sólidos totales (mg/l)	31	998	53	499	61	130	71	0	Max. incremento de 10% de la condición natural

■ Valores que sobrepasan o se acercan a los límites permisibles de la Norma del TULSMA: Prevención de vida acuática

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

a. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Se observó que los valores de DBO₅ presentaron variaciones en las dos épocas de muestreo. Es así que, en la época lluviosa el DBO₅ superó el límite permisible para preservación de vida acuática (2 - 6 mg/l), ya que su concentración se incrementó en los puntos 2 (22 mg/l) y 4 (15 mg/l) de la minicuenca (río Malacatos). En cambio, en la época seca, las concentraciones de DBO₅ se mantuvieron debajo del nivel crítico (Gráfico 2). Según Rodríguez y Silva (2015), los sitios que registran altas concentraciones de DBO₅ (río Malacatos), representan sitios donde

existe contaminación por materia orgánica, que además implica una disminución de oxígeno disuelto, ya que al aumentar aumenta el efecto de la descomposición de materia orgánica, las bacterias y otros microorganismos consumen ese oxígeno en gran cantidad (Abarca, 2007).

Hay que recalcar, que Abarca (2007) menciona que la concentración elevada de DBO_5 se debe dar durante la época seca, y no en la época lluviosa, como en este trabajo, ya que en la época seca es donde disminuye el caudal, y por ende el efecto de la descomposición de la materia orgánica aumenta. Esto no ocurre en este estudio, porque pese a la disminución de caudal existente en la época seca (Gráfico 1), las concentraciones de DBO_5 son bajas.

En este punto, también hay que considerar que los niveles de DBO_5 en los puntos de muestreo 1 y 3 (quebrada San Francisco) se mantuvieron por debajo de los límites establecidos, en ambas épocas de muestreo.

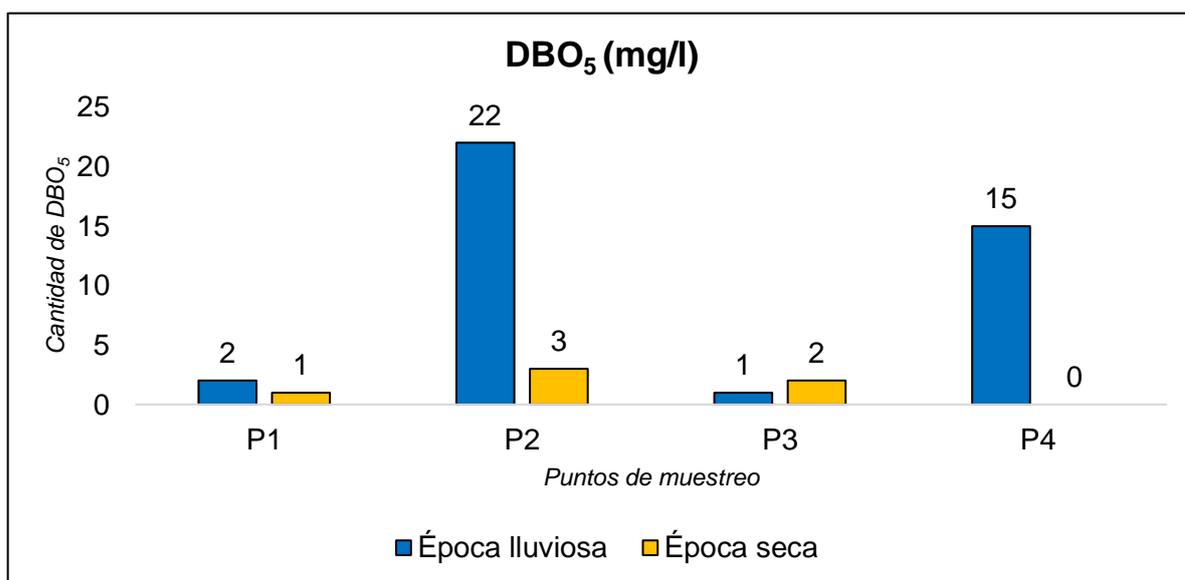


Gráfico 2. Concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno en las dos épocas de muestreo.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

b. Coliformes Fecales

Dicho lo anterior, también se observó un cambio significativo en la concentración de coliformes fecales en las dos épocas. De esta manera, en el punto de muestreo 2 de la época lluviosa (río Malacatos), la concentración de coliformes es de 3 NPM/100ml, mientras que en la época seca su concentración aumenta sustancialmente a 389 NPM/100ml. Si bien este parámetro no se toma en cuenta para los criterios de preservación de vida acuática, es un resultado que

vale la pena destacar (Gráfico 3). Calvo y Mora (2015) manifiestan que el incremento de coliformes fecales, se relaciona con el incremento de periodos de lluvia, pero esta situación no ocurre en este estudio ya que la mayor concentración de coliformes fecales se registró en la época seca y no en la época lluviosa. Según Martínez *et al.*, (2013) esto puede deberse a la presencia de actividades antropogénicas temporales en la zona, como la cría de ganado, un aspecto que se logró observar en este estudio al momento de aplicar las encuestas de usos de agua.

Dicho lo anterior, también se establece que la concentración de coliformes fecales en los puntos de muestreo 1, 3 (quebrada San Francisco) y 4 (río Malacatos), se mantuvieron en concentraciones bajas.

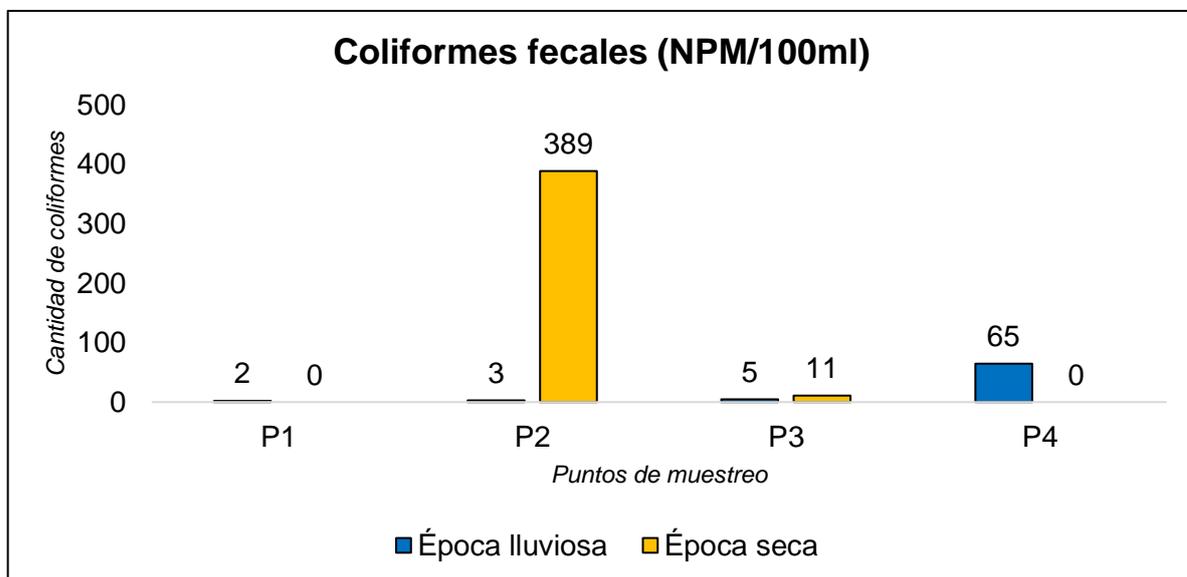


Gráfico 3. Concentraciones de coliformes fecales en las dos épocas de muestreo.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

c. Sólidos totales y turbidez

Adicionalmente, se observó una variación en las concentraciones de sólidos totales y turbidez en las dos épocas de muestreo. Es así que, en la época lluviosa, las concentraciones de sólidos totales, en los puntos 2 y 4 (río Malacatos), fueron de 998 mg/l y 499 mg/l, respectivamente. En cambio, en la época seca, estas concentraciones disminuyeron a 130 mg/l (Gráfico 4).

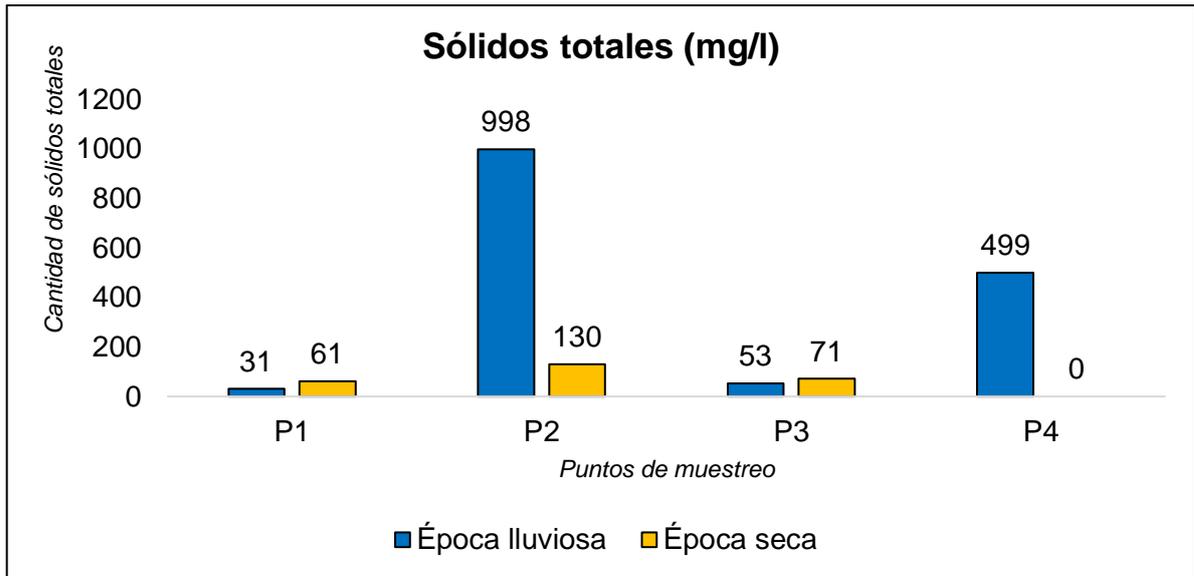


Gráfico 4. Concentraciones de sólidos totales en las dos épocas de muestreo.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Lo mismo ocurrió con la turbidez. En la época lluviosa, los puntos de muestreo 2 y 4 (río Malacatos) registraron valores de 366 NTU y 191 NTU, respectivamente. En cambio, en la época seca, dichos valores disminuyeron considerablemente a 8.82 NTU (Gráfico 5).

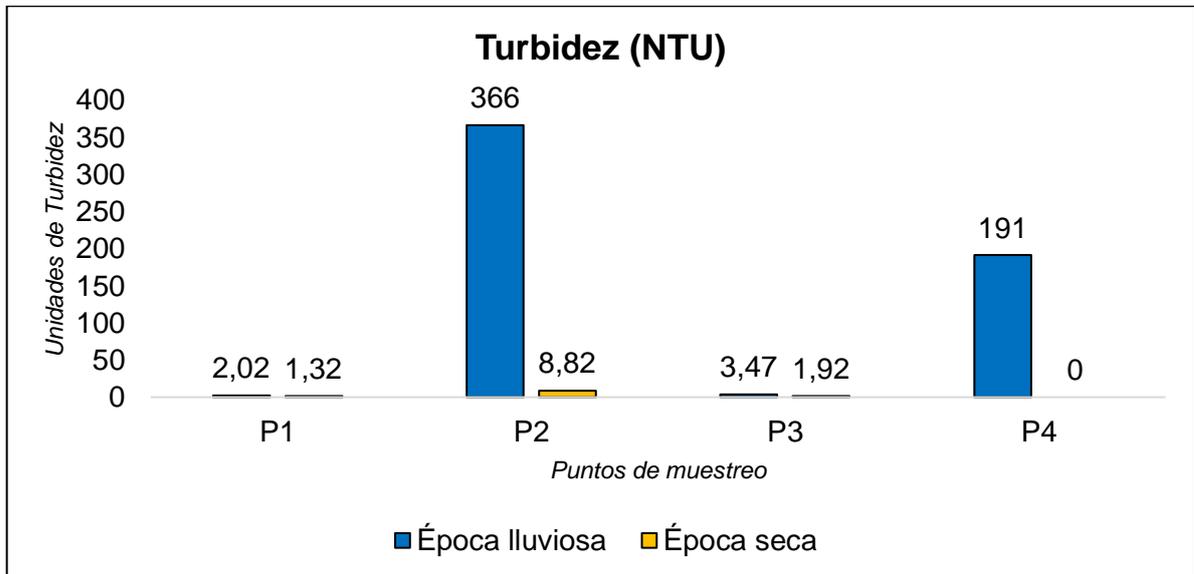


Gráfico 5. Concentraciones de turbidez en las dos épocas de muestreo.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Los resultados anteriores coinciden con otros estudios, que mencionan que los valores altos de sólidos totales y turbidez aumentan al acercarse el cauce a asentamientos humanos por los efectos de la actividad antropogénica, como el punto de 2 y 4 que se hallan en el río Malacatos de este estudio (Leandro *et al.*, 2010). Adicionalmente, Sánchez (2007); Rodríguez y Silva (2015) mencionan que un aumento en la turbidez y sólidos totales en la época lluviosa se da por el arrastre de materiales provocado por la erosión pluvial. Finalmente, hay que considerar que, en ambas épocas de muestreo, los valores de sólidos totales y turbidez de los puntos de muestreo 1 y 3 (quebrada San Francisco) se mantuvieron en concentraciones bajas.

Ahora bien, comparando los resultados de las dos épocas de muestreo, de forma general, la época lluviosa es la que registró mayor variación de parámetros físico-químicos (Gráfico 6), por las razones descritas anteriormente: contaminación por materia orgánica, actividades antropogénicas temporales y erosión (Sánchez, 2007; Martínez *et al.*, 2013; Rodríguez y Silva, 2015). Mientras que la época seca presentó poca variabilidad en sus parámetros y todos cumplieron los límites establecidos en la norma ecuatoriana de preservación de vida acuática.

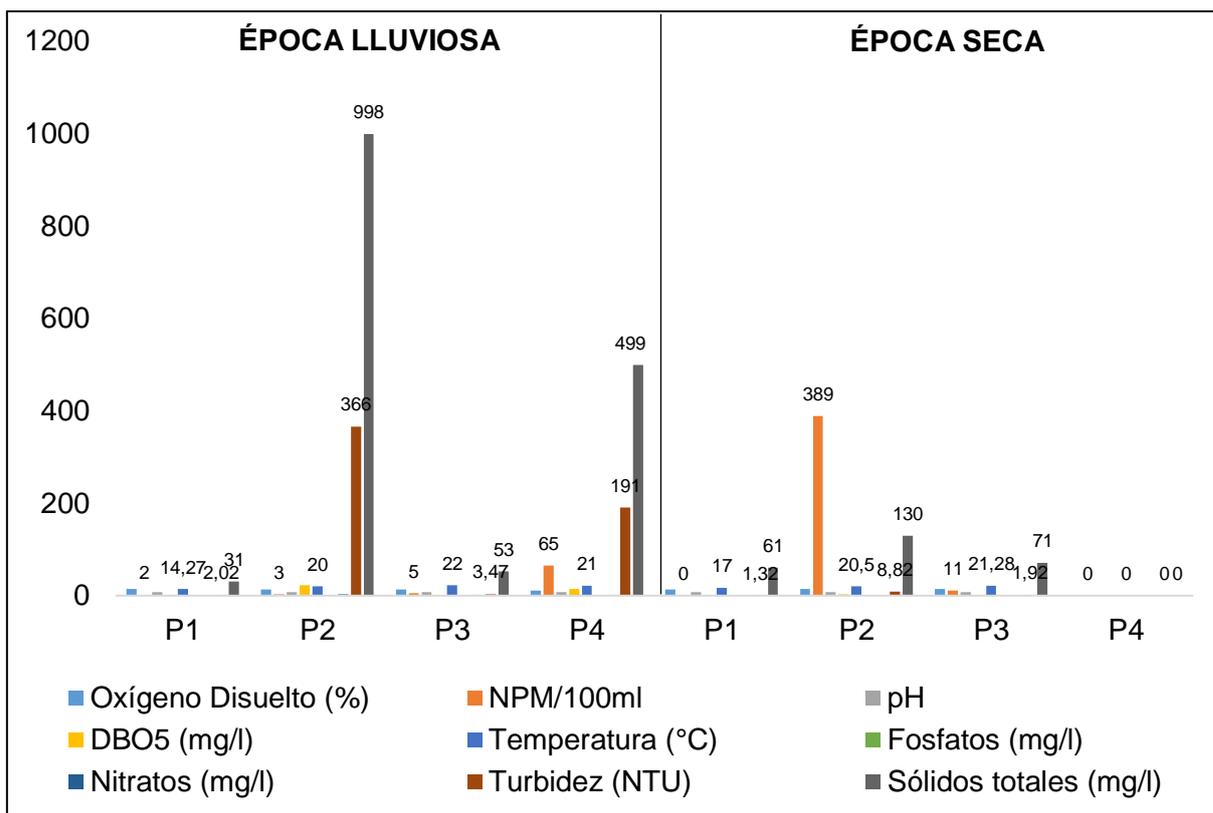


Gráfico 6. Parámetros físico-químicos época lluviosa vs época seca.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

3.2.2.2 Índice de calidad ambiental (ICA) de la minicuenca.

Para aplicar este índice se tomaron en cuenta los parámetros descritos en la tabla 12 y los rangos de calidad de agua de la tabla 8, en las dos épocas de muestreo. Este índice se calculó de manera automática con ayuda de la plataforma *Water Research Center*.

En el gráfico 7 se muestra el ICA durante la época lluviosa. En esta época, la calidad del agua varió de buena a mala. Es así que en los puntos 1 y 3 (quebrada San Francisco) la calidad de agua fue buena y regular. Sin embargo, en los puntos 2 y 4 (río Malacatos) la calidad de agua fue mala, esto se explica por los valores elevados de DBO₅, sólidos totales y turbidez, que se registraron en la tabla 12 de esos puntos. Según Nagels *et al.*, (2001); Álvarez *et al.*, (2006); Arriola (2012) cuando se registran mayores concentraciones de DBO₅, turbidez y sólidos totales, se evidencia una mala calidad de agua en una minicuenca, como ocurrió en este estudio, en los puntos de muestreo 2 y 4 (ríos Macalatos), durante la época lluviosa.

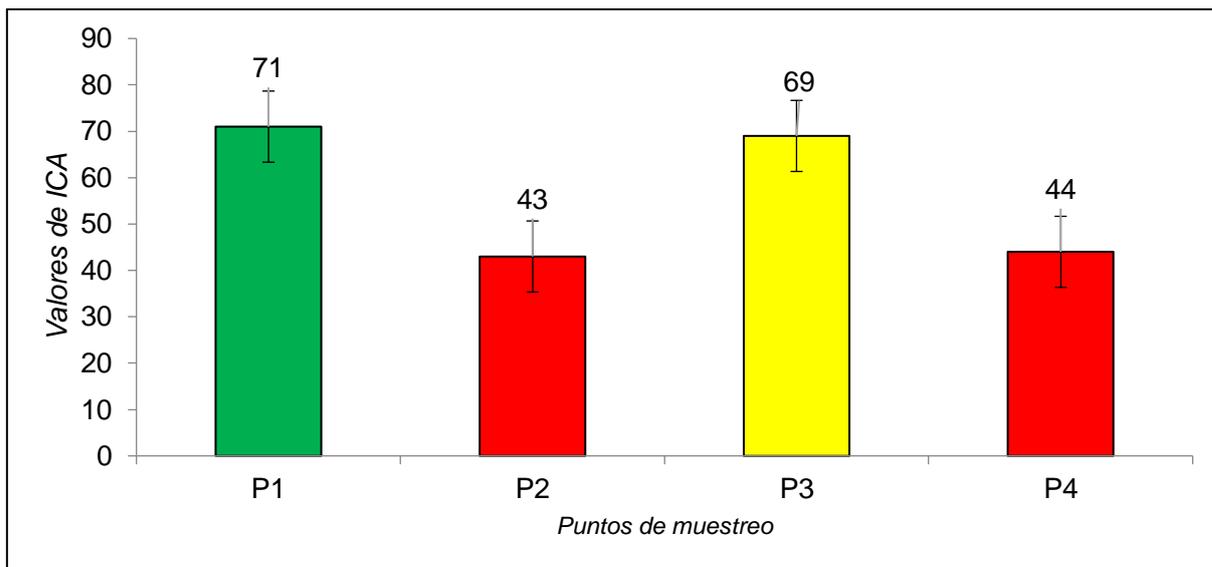


Gráfico 7. Índice de calidad ambiental (ICA) para cada punto muestreado en la minicuenca durante la época lluviosa.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Ahora bien, en la época seca, existieron cambios y la calidad de agua varió de buena a regular. Es así que en el punto 1 (quebrada San Francisco) la calidad de agua fue buena, mientras que en los puntos 2 y 3 (río Malacatos y quebrada San Francisco), la calidad de agua fue regular (Gráfico 8). Estos resultados se explican por la baja concentración de sólidos totales, DBO5 y turbidez que se registraron en la tabla 12 de esos puntos. La clasificación de regular en el punto de muestreo 2 (río Malacatos), también se explica por la concentración elevada de coliformes fecales (389 NPM/100ml) que se registró en ese punto, ya que como explica Leandro *et al.*, (2010) al aumentar la concentración de coliformes fecales la calidad de agua tiende a disminuir.

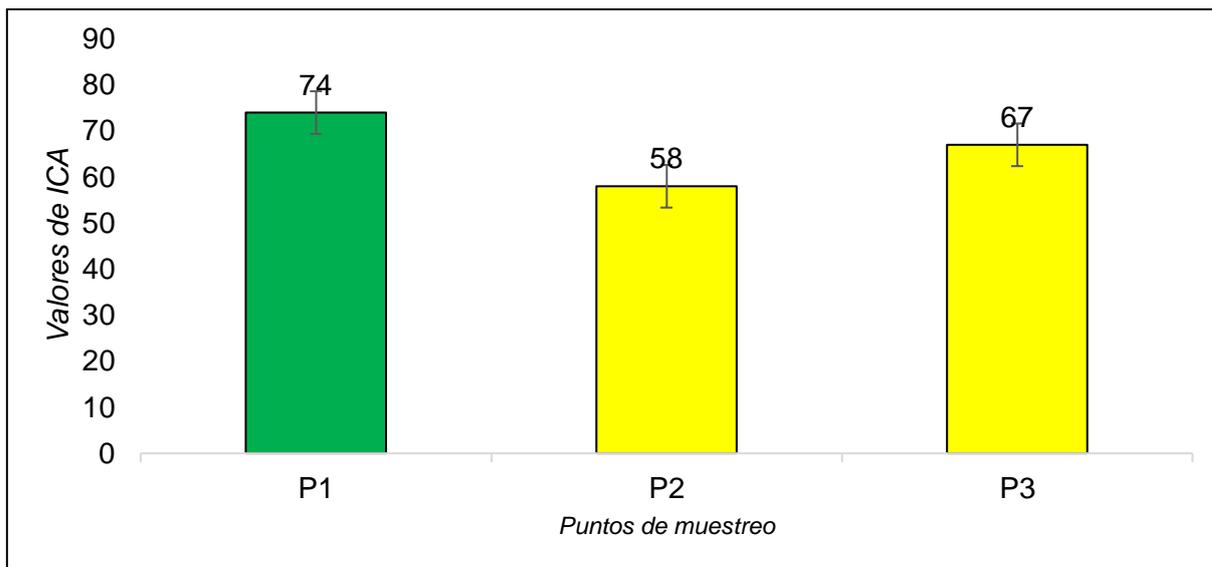


Gráfico 8. Índice de calidad ambiental (ICA) para cada punto muestreado en la minicuenca durante la época seca.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Comparando las dos épocas, la que presentó menor calidad de agua fue la lluviosa (Gráfico 9), resultado que coincide con el estudio realizado por Zhen (2010), que explica que el deterioro de la calidad de agua en esta época compromete a la vida acuática, y como se observó anteriormente, es en esta época donde los parámetros de calidad de agua tuvieron mayores variaciones (tabla 12).

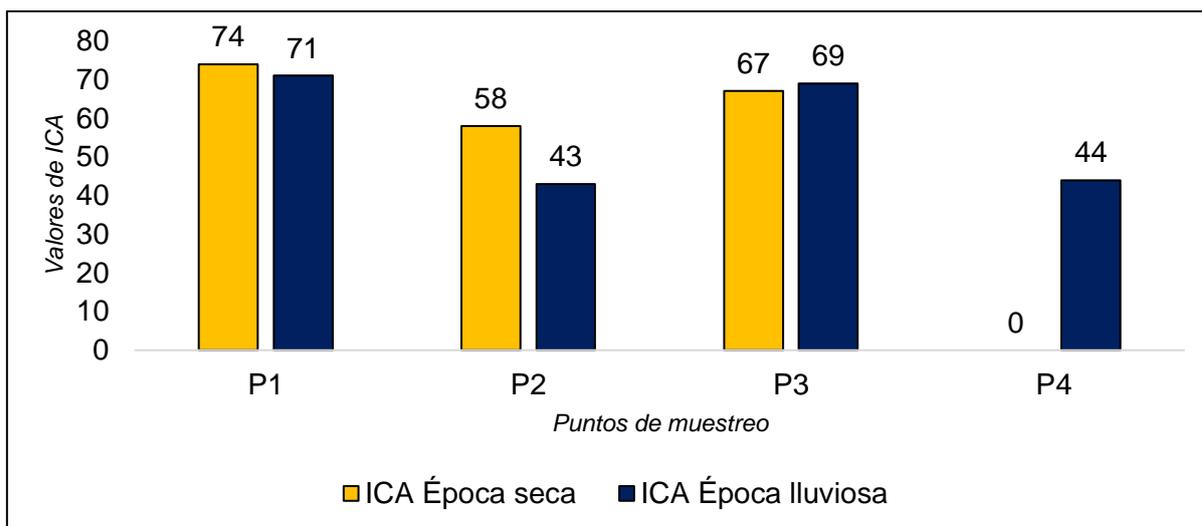


Gráfico 9. Calidad de agua época lluviosa vs época seca.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

3.2.2.3 Índice EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*) de la minicuenca.

Durante la época lluviosa, se encontraron 169 macro invertebrados distribuidos en 6 órdenes, 12 familias y 14 géneros (tabla 13).

Tabla 13. Macro invertebrados bénticos en cada punto de muestreo de la minicuenca durante la época lluviosa.

Puntos de muestreo	Orden	Familia	Género	N° de individuos
1	Ephemeroptera	Leptophebiidae	Thraulodes	5
1	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	10
1	Ephemeroptera	Tricorythidae	Leptohyphes	1
1	Trichoptera	Odontoceridae	Marilia	6
1	Trichoptera	Leptoceridae	Grumichella	1
1	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella	1
1	Coleoptera	Elmidae	Notelmis	1
2	Diptera	Psychodidae	Clogmia	1
2	Diptera	Chironomidae	Orthoclaadiinae (subfamilia)	1
2	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	1

2	Ephemeroptera	Leptophebiidae		1
3	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	129
3	Ephemeroptera	Leptophebiidae	Thraulodes	1
3	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	3
3	Diptera	Chironomidae	Tanypodinae (subfamilia)	1
3	Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema	1
3	Trichoptera	Odontoceridae	Marilia	1
4	Coleoptera	Elmidae	Macrelmis	1
4	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	2

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

En base a lo anterior, los resultados del índice EPT variaron mucho en cada punto de muestreo en esta época. El punto 3 (quebrada San Francisco) tuvo la mayor abundancia de macro invertebrados con un 82,82% seguido del punto 1 (quebrada San Francisco) que presento una abundancia del 14.72%. Los puntos 2 y 4 (río Malacatos) presentaron abundancia baja de individuos con un total de 1.23% (tabla 14). Esto se explica, por la carga de sólidos en suspensión que existieron en esos puntos de muestreo, que además constituyeron un indicador de erosión en la zona.

Tabla 14. Índice EPT de la minicuenca durante la época lluviosa.

	Ephemeroptera	Trichoptera	Plecoptera	Total	Índice EPT
Punto 1	16	8	0	24	14,72
Punto 2	2	0	0	2	1,23
Punto 3	130	2	3	135	82,82
Punto 4	2	0	0	2	1,23
				163	100%

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

En cambio, durante la época seca se encontraron 252 macro invertebrados distribuidos en 6 órdenes, 18 familias y 23 géneros (tabla 15).

Tabla 15. Macro invertebrados bénticos en cada punto de muestreo de la minicuenca durante la época seca.

Puntos de muestreo	Orden	Familia	Género	No. De individuos
1	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraulodes	15
1	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	16
1	Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica	1
1	Trichoptera	Odontoceridae	Marilia	1
1	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	3
2	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	58
2	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Terpides	9
2	Diptera	Simuliidae	Simulium	1
2	Diptera	Chironomidae	Orthocladinae (subfamilia)	2
2	Trichoptera	Philopotamidae	Chimarra	1
2	Trichoptera	Hydroptilidae	Ochrotrichia	1
2	Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	1
2	Coleoptera	Elmidae	Macrelmis	1
2	Coleoptera	Elmidae	Heterelmis	1
3	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	72
3	Ephemeroptera	Baetidae	Baetis	14
3	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraulodes	13
3	Ephemeroptera	Baetidae	Dactylobaetis	1
3	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Terpides	10
3	Ephemeroptera	Tricorythidae	Leptohyphes	1
3	Ephemeroptera	Tricorythidae	Tricorythodes	1
3	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	8
3	Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema	9
3	Trichoptera	Glossosomatidae	Mortoniella	2
3	Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus	3
3	Coleoptera	Elmidae	Heterelmis	1
3	Diptera	Simuliidae	Simulium	1
3	Diptera	Limoniidae	Hexatoma	1
3	Diptera	Chironomidae	Orthocladinae (subfamilia)	2

3	Diptera	Blepharoceridae	Limonicola	1
3	Tricladida	Dugesiidae	Dugesia	1

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

En la época seca los resultados variaron mucho, de esta manera el punto 3 (quebrada San Francisco) tuvo la mayor abundancia de macro invertebrados con un 55.27% seguido del punto 2 (río Malacatos) que presentó una abundancia del 29.54%. El punto 1 (quebrada San Francisco), presentó una abundancia baja de individuos con un total de 15.19% (tabla 16).

Tabla 16. Índice EPT de la minicuenca durante la época seca.

	Ephemeroptera	Trichoptera	Plecoptera	Total	Índice EPT
Punto 1	31	2	3	36	15.19
Punto 2	67	3	0	70	29.54
Punto 3	112	11	8	131	55.27
				237	100%

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Ahora bien, comparando las dos épocas de muestreo, la abundancia de la época lluviosa representa el 96% de los macro invertebrados bénticos muestreados. Mientras que en la época seca se registra una abundancia del 94%. Estos resultados tienen que ver con la cantidad de individuos registrados en cada época de muestreo. De esta manera para la época lluviosa fueron de 163, mientras que para la época seca fueron de 237. Notablemente, en la época lluviosa existió mayor abundancia de macro invertebrados, y de hecho ésta se dio en un solo punto de muestreo (P3; río Malacatos= 82.82%), mientras, que la época seca presentó un menor índice de abundancia, en el mismo punto (Gráfico 10).

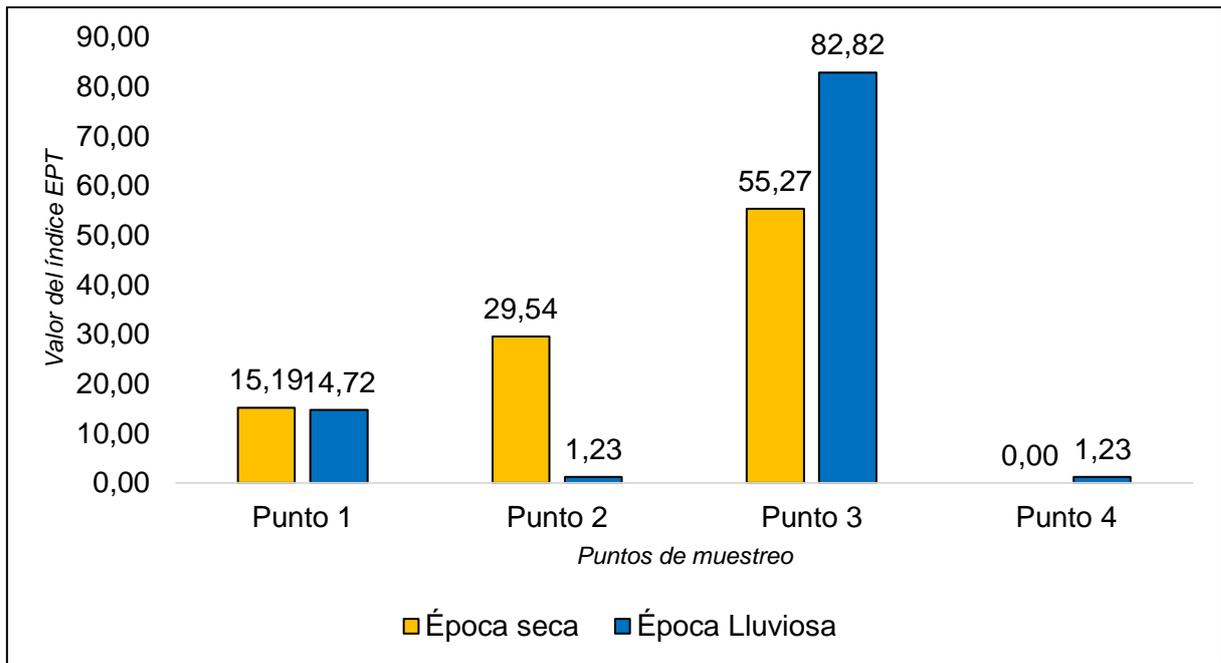


Gráfico 10. Comparación de índice EPT entre la época lluviosa y época seca.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Según Arco (2005) la mayor abundancia de individuos en la época de muestreo lluviosa, indica que la calidad de agua es buena y que permite la sobrevivencia de microorganismos. Además la presencia de géneros como Leptophebiidae en los puntos de muestreo de ésta época, que por lo general se sitúa debajo de troncos, piedras y orillas con vegetación, indica que existen aguas de buena y mediana calidad (Auquilla, 2005). En algunos estudios, también se reporta al género Baetodes como indicador de aguas de nivel aceptable a óptimo (Figuroa *et al.*, 2003; Guerrero *et al.*, 2003), en la época lluviosa de este estudio, este género representó una abundancia del 84%, mientras que en la época seca disminuyó al 57%. Por lo que se puede establecer que existió una mejor calidad de agua en la época lluviosa que en la seca.

La presencia de familias como Chironomidae e Hydropsychidae en las dos épocas de muestreo, se debe a que estas familias se distribuyen ampliamente en todo tipo de corrientes de agua (Toro *et al.*, 2009). También la presencia del género Baetodes, en todos los puntos de muestreo, se explica porque este género es común en ecosistemas con predominio de corrientes lóxicas, y que por lo general sus individuos se hallan adheridos en rocas y sitios con vegetación en descomposición, características presentes en la zona de estudio de esta investigación (Auquilla, 2005).

3.2.3 Usos de agua en la minicuenca.

Para analizar estas encuestas se ha considerado que, de las 20 encuestas aplicadas, únicamente 13 fueron completadas. Con esta aclaración, se obtuvo que los usos del agua en la finca se dan para fines domésticos, agrícolas y ganaderos (100%), considerando que un promedio de 4 personas utilizan agua para fines domésticos.

Los usos del agua, para fines agrícolas y ganaderos, se basan en el establecimiento de cultivos, ganado y cultivos y ganado (Gráfico 11). Los principales cultivos de la zona son maíz, fréjol y café, y en cuanto al ganado, el más representativo es el vacuno y bovino.

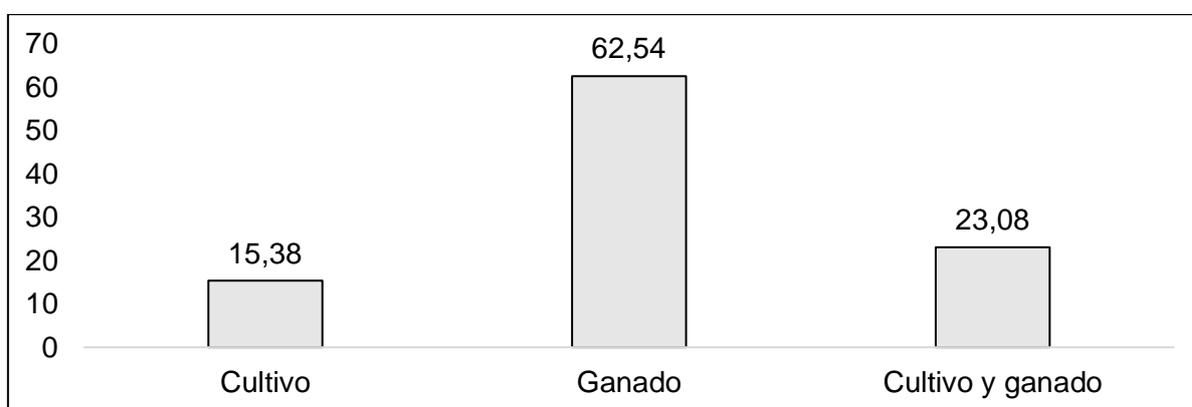


Gráfico 11. Uso agrícolas y ganaderos del agua en la finca "El Cristal".

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Las fuentes de agua que los moradores, aledaños a la finca, utilizan para realizar actividades agrícolas y ganaderas fueron pozos propios y el río (Gráfico 12).

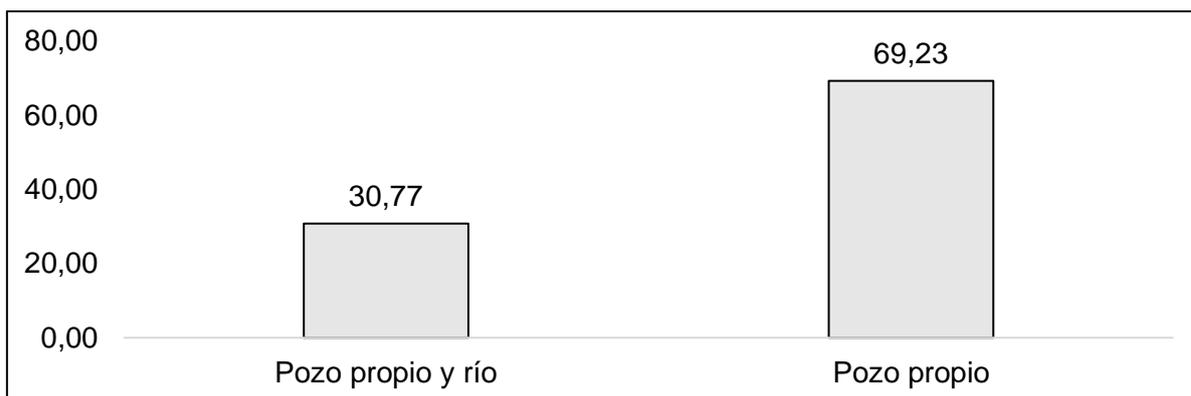


Gráfico 12. Fuentes de agua a las que los moradores acceden para sus actividades.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

En los últimos 10 años los moradores mencionaron que han percibido un cambio en la cantidad y calidad de agua, especificando que la calidad del agua ha variado de mala a regular (Gráfico 13).

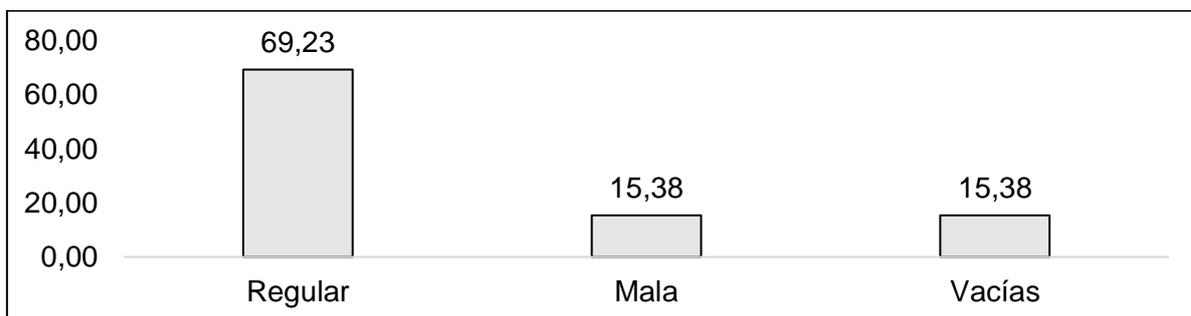


Gráfico 13. Calidad de agua de la finca "El Cristal", en base a la percepción de los encuestados.

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

3.3 Influencia del uso de suelo sobre la cantidad y calidad del agua de la minicuenca de la quebrada San Francisco.

El área de la minicuenca "El Cristal" es de 694.04 has., de ese total el 38,65% corresponde a áreas de bosque natural, 24,06% páramo arbustivo, 16,72% zonas de regeneración natural, 8,46% páramo, y 7,06% áreas de pastizal, 3,48% sistemas agroforestales (SAFs), 1,54% áreas de cultivo y 0,02% zonas sin cobertura (Figura 4).

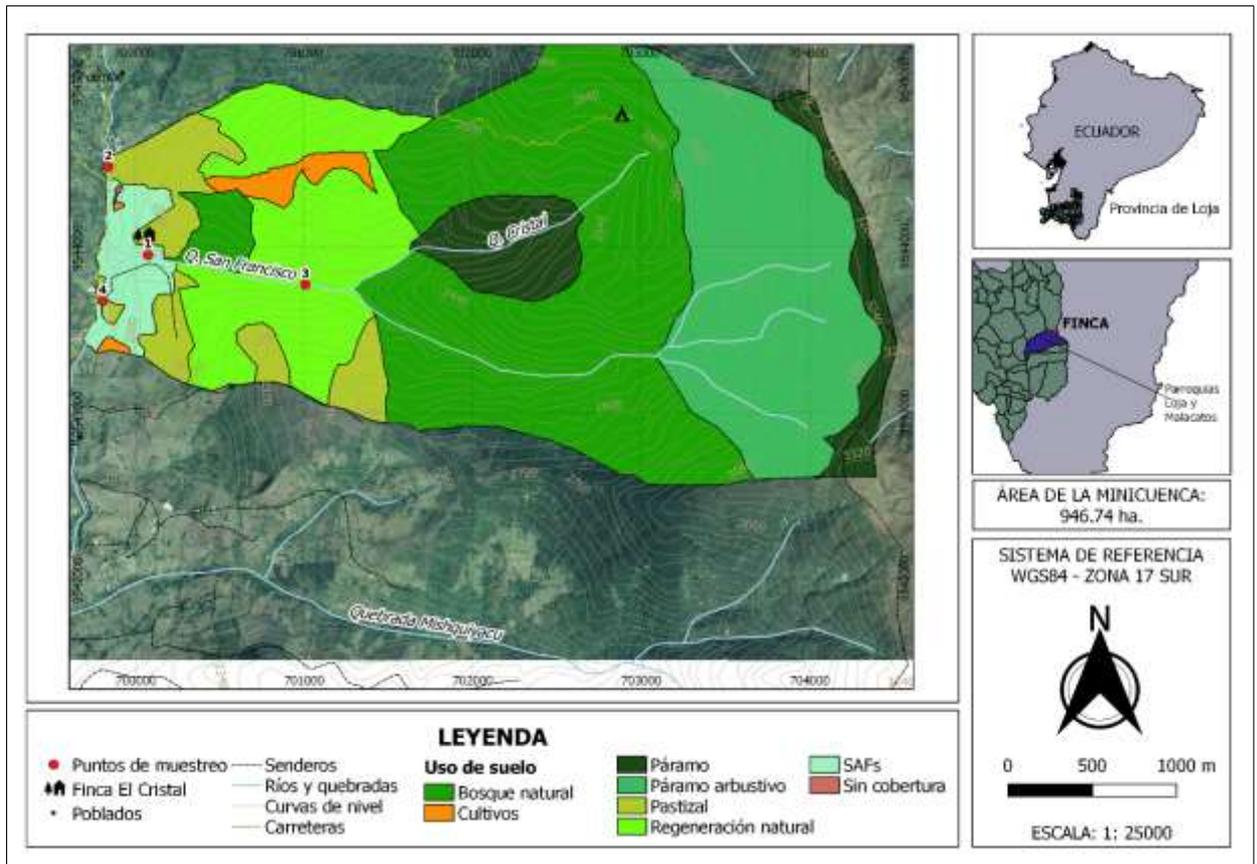


Figura 4. Usos del suelo en la minicuenca

Fuente: Autor

Elaborado por: Autor

Las características de cada uso de suelo (Arévalo, 2012; Norden, 2014; MAE, 2016) y su área en hectáreas se pueden apreciar en la tabla 17.

Tabla 17. Descripción de cada uso de suelo en la finca “El Cristal”.

Uso de suelo	Descripción	Área (has)
Bosque Natural	Ecosistema arbóreo, primario o secundario, regenerado por sucesión natural; se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas, edades y portes variados, con uno o más estratos	365,79
Cultivos	Comprende aquellas tierras dedicadas a cultivos agrícolas, cuyo ciclo vegetativo es estacional, pudiendo ser cosechados una o más veces al año.	14,62
Páramo	Vegetación tropical alto andino caracterizada por especies no arbóreas que incluyen fragmentos de bosque nativo propios de la zona	80,11
Páramo arbustivo		227,76

Pastizal	Vegetaciones herbáceas dominadas por especies de gramíneas y leguminosas introducidas, utilizadas con fines pecuarios, que para su establecimiento y conservación, requieren de labores de cultivo y manejo.	66,78
Regeneración natural	Áreas de renovación y continuidad de especies forestales. Interacción con cafetales.	158,29
SAFs	Asociación formada por múltiples especies forestales, arbustivas y frutales, distribuidas en diferentes estratos y que están combinadas en conjunto con cultivos ya sean estos transitorios y perennes, con la finalidad de aportar una mayor sustentabilidad de los predios familiares	32,90
Sin cobertura	Zonas sin cobertura vegetal	0,22

Fuente: Arévalo, 2012; Norden, 2014; MAE, 2016. Usos de suelo.

Elaborado por: Arévalo, 2012; Norden, 2014; MAE, 2016.

Ahora bien, conociendo el uso de suelo de minicuenca, se establece que el estado de la calidad de agua, en este estudio, depende del uso del suelo, ya que en los puntos de muestreo 1 y 3 (quebrada San Francisco) en la época lluviosa y seca, el uso de suelo, resultó influyente. Esta influencia se da porque, en ambas épocas de muestreo, estos puntos presentaron niveles de calidad de agua buenos (Gráfico 9) por la presencia de zonas de bosque natural y sistemas agroforestales (SAFs-cafetales).

Jiménez *et al.*, (2001); Beer *et al.*, 2003; Mendieta y Rocha, (2007) y Farfán, (2014) indican que la presencia de sistemas agroforestales influye positivamente en la calidad de agua de una minicuenca porque mejoran la captación, almacenamiento y regulan el flujo hídrico superficial. Otros autores también aseguran que la presencia de vegetación natural y áreas sin intervención mejoran la calidad de agua de una minicuenca (Arco, 2005; Auquilla 2005; Meza y Rubio, 2012). Adicionalmente, estos puntos de muestreo cumplieron con los criterios admisibles de las normas propuestas para este estudio (tabla 12) y presentaron una buena abundancia de individuos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (Gráfico 10), lo que también ha influido en la calidad del agua de estos puntos, ya que como dicen Auquilla (2005) y Meza y Rubio (2012) la buena calidad de agua aumenta la concentración de macro invertebrados en una zona.

Los valores de mala calidad de agua registrados en los puntos de muestreo 2 y 4 de la época lluviosa, fueron de tal manera porque dichos puntos fueron muestreados en el cauce principal (río Malacatos) que recoge aguas contaminadas por la actividad ganadera y agrícola que hay

en la zona y, como mencionan Auquilla *et al.*, (2005); Meza y Rubio (2012) a medida que disminuye la franja riveriega de las minicuevas y se incrementa el área de pasturas y ganadería, con el acceso de animales al cauce principal, se aumenta el aporte de materia orgánica contaminante en el agua, deteriorando su calidad. Además, según Muñoz (2001) la presencia de familias de macro invertebrados como Chironomidae, en el punto de muestreo número 2 de este estudio, explica la mala calidad de agua, ya que esta familia tolera altos niveles de contaminación.

Pese a que los SAFs mejoran la calidad del suelo y del agua, evitando su contaminación por la reducción del empleo de agroquímicos (Farfán, 2014; Noscue, 2014), en el punto de muestreo número 4, que recoge aguas provenientes de estos sistemas, se observa que no hay mejoría de calidad de agua. Esto se debe a que este punto acumula las aguas contaminadas por arrastre que llegan de los demás puntos de muestreo, ya que como explica (Arco, 2005) si la parte alta de un cauce está contaminada (punto 2, río Malacatos), la parte baja del cauce (punto 4, río Malacatos) correrá la misma suerte, debido al arrastre de material contaminante.

CONCLUSIONES

A raíz de lo investigado y, en respuesta a los objetivos planteados, se concluye que la cantidad de agua de la minicuenca presentó una ligera disminución de caudal de la época lluviosa a la época seca, que pudo haber influido en las concentraciones de parámetros físico-químicos del agua, como la DBO_5 .

En cuanto a la calidad de agua, la época seca fue la que presentó mejor calidad, de acuerdo al índice ICA, porque tuvo menor variación en sus parámetros físico-químicos, que además cumplieron los límites establecidos en la normativa ambiental. Sin embargo, de acuerdo al índice EPT, la época lluviosa fue la que presentó mejor calidad, porque presentó mayor abundancia de macro invertebrados, por las condiciones ambientales dadas para su crecimiento.

En lo referente a usos del agua, los principales usos de la minicuenca quedaron establecidos para fines domésticos, agrícolas y ganaderos, los cuales podría tener implicaciones en la calidad de agua de la minicuenca, ya que por ejemplo las zonas de pastoreo del ganado afectaron la calidad de agua de los puntos de muestro 2 y 4.

Para finalizar, se ultima que el uso de suelo tiende a una repercusión positiva en la cantidad, calidad y usos de agua de la minicuenca de la quebrada San Francisco, puesto que en este estudio la presencia de vegetación natural y sistemas agroforestales (uso de suelo) ha contribuido a una mejor calidad de agua en los puntos de muestreo localizados en esas zonas, en cambio los puntos de muestreo localizados en el río Malacatos, que tiene otro grado de intervención (pastizal), presentaron una menor calidad de agua. Respecto a este punto, se destaca el papel de los sistemas agroforestales, que no solo han influido en la calidad de la minicuenca, sino también en la cantidad de agua, ya que hay una diferencia notable entre el caudal del río que atraviesa zonas de pastizal, y la quebrada que atraviesa zonas de SAFs.

RECOMENDACIONES

Es importante considerar la toma de más puntos de muestreo, que permitan hacer un análisis de correlación de variables, para establecer puntualmente el grado de influencia que el uso de suelo tiene en la calidad de agua.

Además, se recomienda el uso de índices EPT e ICA, que ahorran costos de muestreo y resultan mucho más accesibles para estudios de calidad de agua.

Generación de información anual de la minicuenca, por lo menos de dos años, para obtener información comparable de los datos de uso de suelo, caudal y calidad de agua.

Es recomendable contar con varias fechas de muestreo, ya que las condiciones naturales, como el clima, influyen mucho en los resultados de un estudio. Además, averiguar la existencia temporal o permanente de otras actividades (ej. construcción), que puedan causar repercusiones negativas al momento de levantar la información.

Finalmente, se recomienda el establecimiento de sistemas agroforestales en zonas ribereñas, ya que por sus propiedades mejoran la calidad de agua de un cauce, además de influir positivamente en las propiedades del suelo, contribuyendo, de esta manera a mejorar las relaciones agua-suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abarca, F. (2007). *Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos*. México: Instituto Nacional de Ecología.
2. Acuerdo Ministerial No. 028. (2015). Libro VI de Calidad Ambiental. Recuperado de: <http://ecuadorforestal.org>.
3. Aguirre, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *REDESMA*, No. 1, Vol. 5, pp.10-19.
4. Álvarez, A., Rubiños, J., Alarcón, J., Hernández, E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *Revista internacional de botánica experimental Pyton*, No. 1, Vol. 75, pp. 71-83.
5. Arévalo, C. (2012). *Técnicas y prácticas agroforestales validados para el Ecuador*. Cuenca: Universidad de Cuenca
6. Arco, I. (2005). *Efecto del ancho los ecosistemas riparios en la conservación del calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sesesmiles, Copán, Honduras*. Costa Rica: Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
7. Arroyo, C. y Encalada, A. (2009). *Evaluación de la calidad de agua a través de macro invertebrados bentónicos e índice biológicos en ríos tropicales e bosque de neblina montano*. Quito: Universidad de San Francisco de Quito.
8. Arriola, A. (2012). *Índices de calidad de agua en el río Pinula, Lago de Amatitlán* (Tesis de grado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
9. Auquilla, R. (2005). *Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas Silvopastoriles en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica*. Costa Rica: CATIE.
10. Auquilla, R., Astorga, Y. y Jiménez, F. (2005). Influencia del uso del suelo en la calidad del agua en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica. *Recursos naturales y ambiente*, No. 48, Vol. 1, pp. 81-92.
11. Bahamondes, R. y Gaete, N. (2015). *Manejo de cuencas hidrográficas*. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
12. Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., y Harmand, J. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, No 1, Vol. 10, pp. 80-87.
13. Bello, M. y Pino, A. (2000). *Medición de presión y caudal*. Chile: Centro Regional de Investigación Kampenaike.
14. Botero, V., Smith, E. y Patiño, J. (2004). Zonificación el uso de microcuencas urbanas como base para el ordenamiento territorial. XXI Congreso Latinoamérica de Hidráulica. Congreso llevado a cabo en Saõ Pedro, Brasil.

15. Calvo, G. y Mora, J. (2015). Evaluación de la calidad del agua en los ríos Tigre y Rincón de la península de Osa en dos períodos de tiempo distintos. *Tecnología en Marcha*, No. 2, Vol. 28, pp. 55-63.
16. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2012). *Diagnóstico de la información estadística del agua*. Ecuador: CEPAL
17. Cisneros, R. y Espinosa, C. (2001). *Evaluación de la calidad del agua en los ríos Zamora Huayco, Malacatos y Zamora*. Ecuador: Universidad del Azuay.
18. CNRH (Consejo Nacional de Recursos Hídricos). (2006). *Gestión integral de los recursos hídricos del Ecuador: información básica*. Ecuador: CNRH.
19. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2012). *Global forest land-use change 1990–2005*. Italia: FAO.
20. Farrell, J. (2012). *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Sistemas agroforestales*. Costa Rica: SOCLA
21. Farfán, F. (2014). *Agroforestería y sistemas agroforestales con café*. Colombia: Cenicafé.
22. Faustino, J. (2014). *Manual de manejo de cuencas*. Canadá: World Vision.
23. Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E. y Parra, O. Calidad de la vegetación ribereña del río Maullín utilizando el índice QBR. *Gayana Botánica*, Vol. 66, pp. 269-278.
24. FLACSO (Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales; MAE-Ministerio del Ambiente de Ecuador); PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2008). *Geo Ecuador 2008: Informe sobre el estado del medio ambiente*. Recuperado de www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/41444.pdf
25. Forero, A. y Reinoso, G. (2013). Evaluación de la calidad del río Opia, mediante macro invertebrados acuáticos y parámetros físico-químicos. *Caldasía*, No. 2, Vol. 35, pp.371-387.
26. Fuentes, J. (2004). *Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancíta*. México: Instituto Nacional de Ecología.
27. Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Delgado, M. y Besteiro, S. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
28. Gaspari, F., Senisterra, G., Delgado, M., Rodríguez, A. y Besteiro, S. (2009). *Manual de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas*. Argentina: La Plata.
29. Gómez, C. (2009). *Norma de calidad ambiental: recurso agua*. Ecuador: ESPOL
30. Guerrero, F., Manjarres, A. y Nuñez, N. (2003). Los macro invertebrados bentónicos de Pozo Azul y su relación con la calidad del agua. *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 8, pp. 43-55.

31. GWP (Global Water Partnership), INBO (International Network of Basin Organizations) (2009). *Manual para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas*. Recuperado de http://www.rioc.org/IMG/pdf/RIOC_GWP_Manual_para_la_gestion_integrada.pdf
32. IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2014). *Indicadores Hídricos*. Recuperado de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1>
33. INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2007). *Evapotranspiración potencial del cantón Loja*. Recuperado de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
34. Iris, G. (2011). *Guía de Hidrometría estimación del caudal por el método de Flotadores*. Perú: Dirección Regional del Lima. Ministerio del Ambiente.
35. Jiménez, F. (2007). *Introducción al Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas*. Costa Rica: CATIE.
36. Jiménez, F., Muschler, R. y Kopsell, E. (2001). *Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales*. Costa Rica: CATIE.
37. Jurado, J. (2009). *Delimitación de unidades hidrográficas del Ecuador*. Ecuador: SENAGUA.
38. Leandro, H., Coto, J. y Salgado, V. (2010). Calidad del agua de los ríos de la microcuenca IV del río Virilla. *Uniciencia*, Vol. 24, pp. 69-74.
39. López, W., Castro, I., Villar, B. y López, J. (2013). *El manejo de cuencas como herramienta para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
40. Luz, B. (2016). Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
41. Martínez, G. Fermín, I., Brito, F., Márquez, A., Pinto, E. (2013). Calidad del agua del Caño Mánamo, Delta del Río Orinoco, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, No. 1, Vol. 52, pp. 17-27.
42. Medina, M., y Andrade, M. (2009). *Determinación de la calidad del agua del río Malacatos mediante fauna bentónica como bioindicadora y alternativas de mitigación de la contaminación*. Ecuador. Universidad Nacional de Loja.
43. Mejía, M. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. Costa Rica: CATIE.
44. Mendieta, M. y Rocha, L. (2007). *Sistemas agroforestales*. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
45. Meza, A. y Rubio, J. (2012). Calidad de agua y composición de macro invertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasia*, No. 2, Vol. 34, pp. 443-456.

46. Muñoz, E. (2001). Evaluación rápida de la biodiversidad en cinco sistemas lénticos de Chile central: macro invertebrados bentónicos. *Gayana*, No. 2, Vol. 65, pp. 173-180.
47. Muñoz, F. (2011). *Manejo de cuencas hidrográficas tropicales*. Ecuador: UTPL.
48. Muschler, R. (2001). *Introducción a la agroforestería. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales*. Costa Rica: CATIE.
49. Nagels, R., Davies, D. and Smith, A. (2001). A water quality index for contact recreation in New Zealand. *Water Science and Technology*, No. 43, Vol. 1, pp. 72-83.
50. Navia, J. (2012). *Agroforestería*. República Dominicana: CEDAF.
51. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 169:98. Agua. Calidad de agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras. Quito, Ecuador.
52. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 176: 1998. Agua. Calidad de agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Quito, Ecuador.
53. Norden, N. (2014). Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia forestal*, No. 2, Vol. 17, pp. 247-261.
54. Noscue, E. (2014). *Adopción de los sistemas agroforestales con el cultivo de café*. La Plata: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
55. Novillo, M. (2009). *Índice de calidad de agua*. Ecuador: Escuela Politécnica del Litoral.
56. Ocoz, J., Campos, F. y Escala, M. (2006). Variación de la comunidad de macro invertebrados bentónicos en relación con la calidad de las aguas. *Limnetica*, No. 3, Vol. 25, pp. 683-692.
57. Pérez, J. (1981). *Manual de tratamiento de aguas*. Colombia: Universidad Nacional de Medellín.
58. Ramírez, W. (2013). *Manejo de Sistemas Agroforestales*. Perú: Centro Internacional para la investigación en agroforestería.
59. Reibán, M. (2012). *Programa de Desarrollo Sig-Sig y Gualaceo*. Cuenca: Sendas.
60. Restrepo, J., Navia, J., Villada, D. y Ojeda, P. (2003). *Agroforestería. Opción Tecnológica para el Manejo de Suelos en Zonas de Laderas*. Colombia: FIDAR.
61. Rodríguez, C. y Silva, M. (2015). Calidad del agua en la microcuenca alta de la quebrada Estero en San Ramón de Alajuela, Costa Rica. *Rev. Pensamiento Actual*, No.25, Vol. 15, pp. 85-97.
62. Rojas, O. (2006). *Manual Básico para medir caudales*. Ecuador: FONAG
63. Sánchez, O. (2007). Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. En: O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez y L. Zambrano (Eds). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

64. SNET- Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2012). *Índice de calidad de agua general (ICA)*. El Salvador: SNET.
65. Toro, D., Grajales, A., Serna, L. y Duque, G. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y físico-químicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, Colombia. *Boletín científico, centro de musgos*, No. 2, Vol. 13, pp.89-105.
66. Torres, P., Cruz, C., Patiño, P., Escobar, J. y Pérez, A. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua, orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación*, No. 3, Vol. 3, pp. 86-95.
67. UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). (2000). *Visión del Agua y la Naturaleza. Estrategia Mundial para la Conservación y Manejo Sostenible de Recursos Hídricos en el Siglo XXI*. Suiza: UICN.
68. Valcárcel, L. Alberro, N. Frías, D. (2009). El índice de calidad de agua como herramienta para la gestión de recursos hídricos. *Rev. Medio Ambiente y Desarrollo*, No. 16, Vol. 9, pp. 1-5.
69. Vivas, S. (2002). *Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad el uso del índice QBR*. España: Asociación Española de Limnología.
70. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). (2016). *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo*. París: UNESCO.
71. Zhen, W. (2010). Índices de calidad del agua en la microcuenca de la quebrada Victoria, Guanacaste, Costa Rica. *Research Journal of the Costa Rican Distance Education University*, No. 1, Vol. 2, pp. 45-61.

ANEXOS

Anexo 1. Modelo de encuesta para obtener información sobre el uso del agua en la minicuenca de la quebrada San Francisco.

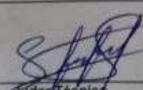
USOS DEL AGUA DE LA MINICUENCA DE LA QUEBRADA SAN FRANCISCO	
La presente encuesta busca generar información sobre usos que se le dan al agua de la minicuenca del río Malacatos. Los datos obtenidos servirán para la elaboración de tesis de grado en Gestión Ambiental en la UTPL.	
Lugar:	Fecha:
QUÉ USOS LE DA AL AGUA EN ESTE LUGAR	
Domestico	()
Agrícola y ganadero	()
Recreativo	()
Comercial artesanal	()
1. USO DOMÉSTICO DEL AGUA	
Casa	
Número de habitantes	
Consumo de agua mensual (m ³ /mes)	
2. USO AGRÍCOLA Y GANADERO DEL AGUA	
Finca	
Cultivo	<input type="checkbox"/> Ciclo corto
	<input type="checkbox"/> Perenne
Tipo de cultivo	
Área cultivada	
Ganado	
Número de animales	

Fuentes de agua	<input type="checkbox"/> Albarrada	<input type="checkbox"/> Pozo compartido
	<input type="checkbox"/> Pozo propio	<input type="checkbox"/> Río
Tipo de riego		
Frecuencia de riego		
Consumo aproximado		
Vende el agua de su pozo	<input type="checkbox"/> Si	
	<input type="checkbox"/> No	
3. USO ARTESANAL/COMERCIAL		
Local		
Actividad	Artisanal Alfarería () Cerámica ()	
	Comercial Granja Avícola () Granja Porcina () Piscicultura ()	
Volumen usado		
4. PERCEPCION		
Qué calidad de agua cree que tiene		
En los últimos 10 años ha percibido cambios en la calidad del agua		
En los últimos 10 años ha percibido un cambio en la cantidad de agua de las fuentes de donde la obtiene		

Reutiliza el agua	<input type="checkbox"/> Si
	<input type="checkbox"/> No

“Muchas gracias por su colaboración”

Anexo 2: Análisis de calidad de agua de los puntos muestreados

CÓDIGO: R.4.1.1 VERSION: 4 FECHA: 01-06-2016 ELABORADO POR: Diego Maza Estrada REVISADO Y APROBADO POR: Mercedes Villa Achupallas	UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA REGISTRO DE RESULTADOS R.4.1.4 LABORATORIOS UTPL	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° GAE LE C 12-006 LABORATORIO DE ENSAYOS					
FECHA DEL INFORME: 2017-05-24 INFORME No. 170165702 SOLICITUD DE ANALISIS: 702							
INFORMACIÓN DEL CLIENTE:							
NOMBRE: Robert Efrén Ruiz Vásquez DIRECCIÓN: Los Operadores TELEFONO: 0986201987	email: robert.ru.1990@gmail.com						
DATOS DE MUESTREO:							
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: n/d FECHA DE MUESTREO: n/d IDENTIFICACIÓN DEL OBJETO DE MUESTREO: Agua de Río LUGAR DE MUESTREO: n/d							
DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS:							
DESCRIPCIÓN: Punto 2 CONDICIÓN: Las muestras son transportadas por el cliente y llega a una temperatura de 3 a 7 °C FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-05-15							
RESULTADOS:							
DETERMINACIÓN	FECHA DE ENSAYO		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	U	TULSMA 2015
	INICIO	FIN					Preservación Vida Acuática
pH	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-pH-ELECT-001	Adimensional	7,98	2,7%	5,5 - 9
Turbidez	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-T-HACH-003	NTU	366	6,1%	n/d
Nitratos	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-NO ₃ -HACH-011	mg/l	3	12,9%	13
Fosfatos*	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-PO ₄ -HACH-038	mg/l	0,86	n/d	n/d
DBO ₅	2017-05-16	2017-05-21	LUTPL-DBO-RESP-014	mg/l	22	29,8%	2 - 6
Sólidos Totales	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-ST-GRAV-004	mg/l	998	2,4%	n/d
Colidiformes Fecales*	2017-05-16	2017-05-17	LUTPL-CF-MEMBR-017	NPM/100 ml	3	n/d	n/d
OBSERVACIONES: El informe de ensayo no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados representan exclusivamente la muestra (s) analizada (s). Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.							
Glosario n/d: No disponible. U: Incertidumbre expandida con valor de k=2 y con un 95% de confianza. <: Menor al límite de detección.							
TULSMA 2015 TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS							
 Lider Técnico Ing. Silvio David Aguilar Ramirez		 FIN DEL INFORME		 Técnico Analista Ing. Diego Ernesto Maza Estrada			
Página 1 de 1 PBX:593-073701444 Ext. 3042 - 3041 E-mail: labutpl@gmail.com CP:11-01-608 San Cayetano Alto s/n Loja - Ecuador							

CODIGO: R.4.1.1
 VERSION: 4
 FECHA: 01-06-2018
 ELABORADO POR: Diego Maza Estrada
 REVISADO Y APROBADO POR: Mercedes
 Villa Achupallas

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 REGISTRO DE RESULTADOS R.4.1.4
 LABORATORIOS UTPL

Servicio de
 Acreditación
 Ecuatoriano
 Acreditación N° OAE LE C-12-006
 LABORATORIO DE ENSAYOS

FECHA DEL INFORME: 2017-05-24
 INFORME No.: 170165703
 SOLICITUD DE ANALISIS: 703

INFORMACIÓN DEL CLIENTE:

NOMBRE: Robert Efrén Ruiz Vásquez
 DIRECCIÓN: Los Operadores
 TELEFONO: 0986201987 email: robert.ru.1990@gmail.com

DATOS DE MUESTREO:

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: n/d
 FECHA DE MUESTREO: n/d
 IDENTIFICACIÓN DEL OBJETO DE MUESTREO: Agua de Río
 LUGAR DE MUESTREO: n/d

DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS:

DESCRIPCIÓN: Punto 3
 CONDICIÓN: Las muestras son transportadas por el cliente y llega a una temperatura de 3 a 7 °C
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-05-15

RESULTADOS:

DETERMINACIÓN	FECHA DE ENSAYO		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	U	TULSMA 2015
	INICIO	FIN					Preservación Vida Acuática
pH	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-pH-ELECT-001	Adimensional	7,5	2,7%	6,5 - 9
Turbidez	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-T-HACH-003	NTU	< (3,47)	6,1%	n/d
Nitratos	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-NO ₃ -HACH-011	mg/l	1,7	12,9%	13
Fosfatos*	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-PO ₄ -HACH-038	mg/l	0,13	n/d	n/d
DBO ₅	2017-05-16	2017-05-21	LUTPL-DBO-RESP-014	mg/l	<(1)	29,8%	2 - 6
Sólidos Totales	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-ST-GRAV-004	mg/l	53	2,4%	n/d
Coliformes Fecales*	2017-05-16	2017-05-17	LUTPL-CF-MEMBR-017	NPM/100 ml	5	n/d	n/d

OBSERVACIONES:

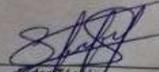
El informe de ensayo no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados representan exclusivamente la muestra (s) analizada (s).
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Glosario

n/d: No disponible.
 J: Incertidumbre expandida con valor de k=2 y con un 95% de confianza.
 c: Menor al límite de detección

TULSMA 2015

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS


 Eider Técnico
 Ing. Silvio David Aguilar Ramírez




 Técnico Analista
 Ing. Diego Ernesto Maza Estrada

CODIGO: R.4.1.1

VERSION: 4

FECHA: 01-05-2019

ELABORADO POR: Diego Maza Estrada

REVISADO Y APROBADO POR: Mercedes
Villa Achupallas

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
REGISTRO DE RESULTADOS R.4.1.4
LABORATORIOS UTPL



Servicio de
Acreditación
Ecuatoriano

Acreditación N° OAE LE C 12-005
LABORATORIO DE ENSAYOS

FECHA DEL INFORME: 2017-05-24
INFORME No. 170165704
SOLICITUD DE ANALISIS: 704

INFORMACIÓN DEL CLIENTE:

NOMBRE: Robert Efraim Ruiz Vázquez
DIRECCIÓN: Los Operadores
TELÉFONO: 0986201987 email: robert.ruiz1990@gmail.com

DATOS DE MUESTREO:

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: n/d
FECHA DE MUESTREO: n/d
LUGAR DE MUESTREO: Agua de río
LUGAR DE MUESTREO: n/d

DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS:

DESCRIPCIÓN: Panta 4
CONDICIÓN: Las muestras son transportadas por el cliente y llega a una temperatura de 3 a 7 °C
FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-05-15

RESULTADO:

DETERMINACIÓN	FECHA DE ENSAYO		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	U	TULSMA 2015
	INICIO	FIN					Preservación Vida Acuática
pH	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-pH-ELECT-001	Adimensional	7,91	2,7%	6,5 - 9
Turbidez	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-T-HACH-003	NTU	191	6,1%	n/d
Nitrato	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-NO ₃ -HACH-011	mg/l	2	12,9%	13
Nitrito*	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-NO ₂ -HACH-038	mg/l	0,23	n/d	n/d
ODC	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-ODO-RESP-014	mg/l	15	29,8%	2 - 6
Sólidos Totales	2017-05-16	2017-05-16	LUTPL-ST-GRAV-004	mg/l	499	2,4%	n/d
Coliformes Fecales*	2017-05-16	2017-05-17	LUTPL-CF-MEMBR-017	NPM/100 ml	65	n/d	n/d

OBSERVACIONES:

El informe de ensayo no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados representan exclusivamente la muestra (s) analizada (s).
Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Notas:

* No disponible.
Resolución expandida con valor de k=2 y con un 95% de confianza.
Menor al límite de detección.

TULSMA 2015

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ADUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS

Lider Técnico
Ing. Silvia David Aguilar Ramirez



Técnico Analista
Ing. Diego Ernesto Maza Estrada

FIN DEL INFORME

CODIGO: R.4.1.1
 VERSION: 5
 FECHA: 30-06-2017
 ELABORADO POR: Diego Maza Estrada
 REVISADO Y APROBADO POR: José Miguel Guaman

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 REGISTRO DE RESULTADOS R.4.1.4
 LABORATORIOS UTPL



FECHA DEL INFORME: 2017-08-08
 INFORME No. 170198005
 SOLICITUD DE ANALISIS: 805

INFORMACIÓN DEL CLIENTE:

NOMBRE: Robert Efrén Ruiz Vásquez
 DIRECCIÓN: Los Operadores
 TELÉFONO: 0986201987 email: robert.ru.1998@gmail.com

DATOS DE MUESTREO:

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: n/d
 FECHA DE MUESTREO: n/d
 IDENTIFICACIÓN DEL OBJETO DE MUESTREO: Agua de Río
 LUGAR DE MUESTREO: n/d

DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS:

DESCRIPCIÓN: Punto 1
 CONDICIÓN: Las muestras son transportadas por el cliente y llega a una temperatura de 3 a 7 °C
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-08-01

RESULTADOS:

DETERMINACIÓN	FECHA DE ENSAYO		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	U	TULSMA 2015
	INICIO	FIN					Preservación Vida Acuática
pH	2017-08-02	2017-08-02	LUTPL-pH-ELECT-001	Adimensional	7,55	2,7%	6,5 - 9
Conductividad Eléctrica	2017-08-02	2017-08-02	LUTPL-CE-ELECT-009	µS/cm	28,97	19,7%	n/d
Turbidez	2017-08-02	2017-08-02	LUTPL-T-HACH-003	NTU	<[10] 1,32	6,13%	n/d
Nitritos	2017-08-02	2017-08-02	LUTPL-NO ₂ -HACH-011	mg/l	<[1] 0,8	12,9%	n/d
Fosfatos*	2017-08-02	2017-08-02	LUTPL-PO ₄ -HACH-038	mg/l	0,03	n/d	13
DBO ₅	2017-08-02	2017-08-07	LUTPL-DBO-RESP-014	mg/l	<[7] 1	45,0%	n/d
Sólidos Totales	2017-08-03	2017-08-03	LUTPL-ST-GRAV-004	mg/l	61	7,7%	2 - 6
Coliformes Fecales*	2017-08-03	2017-08-03	LUTPL-CF-MEMBR-017	NPM/100 ml	Ausencia	n/d	n/d

OBSERVACIONES:

El informe de ensayo no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados representan exclusivamente la muestra (s) analizada (s).
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE

Glosario

n/d: No disponible.
 U: Incertidumbre expandida con valor de k=2 y con un 95% de confianza.
 c: Menor al límite de detección.

TULSMA 2015

TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS

Lider Técnico
 Ing. Silvio David Aguilar Ramirez



Técnico Analista
 Ing. Diego Ernesto Maza Estrada

CODIGO: R.4.1.1
 VERSION: 5
 FECHA: 30-08-2017
 ELABORADO POR: Diego Maza Estrada
 REVISADO Y APROBADO POR: José Miguel Guzmán

UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA
 REGISTRO DE RESULTADOS R.4.1.4
 LABORATORIOS UTPL

Servicio de
 Acreditación
 Ecuatoriano
 Acreditación N° OAE LE C 12-006
 LABORATORIO DE ENSAYOS

FECHA DEL INFORME: 2017-08-08
 INFORME No.: 170190806
 SOLICITUD DE ANALISIS: 806

INFORMACIÓN DEL CLIENTE:

NOMBRE: Robert Efrén Ruiz Vásquez
 DIRECCIÓN: Los Operadores
 TELEFONO: 0986201987 email: robert.ru.1990@gmail.com

DATOS DE MUESTREO:

PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: n/d
 FECHA DE MUESTREO: n/d
 IDENTIFICACIÓN DEL OBJETO DE MUESTREO: Agua de Río
 LUGAR DE MUESTREO: n/d

DATOS GENERALES DE LAS MUESTRAS:

DESCRIPCIÓN: Punto 2
 CONDICIÓN: Las muestras son transportadas por el cliente y llega a una temperatura de 3 a 7 °C
 FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-08-01

RESULTADOS:

DETERMINACIÓN	FECHA DE ENSAYO		MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	U	TULSMA 2015
	INICIO	FIN					Preservación Vida Acuática
pH	2017-08-02	2017-08-02	LUTPL-pH-ELECT-001	Adimensional	7,2	2,7%	5,5 - 9
Conductividad Eléctrica	2017-08-02	2017-08-02	LUTPL-CE-ELECT-009	µS/cm	126,25	3,0%	n/d
Turbidez	2017-08-02	2017-08-02	LUTPL-T-HACH-003	NTU	<(10) 8,82	6,1%	n/d
Nitritos	2017-08-02	2017-08-02	LUTPL-NO ₂ -HACH-011	mg/l	1,2	12,9%	13
Fosfatos*	2017-08-02	2017-08-02	LUTPL-PO ₄ -HACH-038	mg/l	0,06	n/d	n/d
DBO ₅	2017-08-02	2017-08-02	LUTPL-DBO-RESP-014	mg/l	<(7) 3	45,0%	2 - 6
Sólidos Totales	2017-08-03	2017-08-03	LUTPL-ST-GRAV-004	mg/l	130	7,7%	n/d
Coliformes Fecales*	2017-08-03	2017-08-03	LUTPL-CF-MEMBR-017	NPM/100 ml	389	n/d	n/d

OBSERVACIONES:

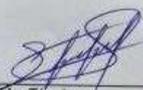
El informe de ensayo no se puede reproducir parcialmente, excepto en su totalidad con la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados representan exclusivamente la muestra (s) analizada (s).
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Glosario

n/d: No disponible.
 U: Incertidumbre expandida con valor de k=2 y con un 95% de confianza.
 <: Menor al límite de detección.

TULSMA 2015

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVÉSTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS


 Líder Técnico
 Ing. Silvio David Aguilar Ramirez




 Técnico Analista
 Ing. Diego Ernesto Maza Estrada

FIN DEL INFORME

Anexo 3. Plataforma Water Research Center, para el cálculo del índice de calidad de agua (ICA) (Cálculo punto de muestreo 2, época lluviosa)

Water Quality Report

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved Oxygen	0.17	9
Fecal Coliform	0.16	86
pH	0.11	85
Biochemical oxygen demand	0.11	10
Temperature Change	0.10	22
Total Phosphate	0.10	45
Nitrates	0.10	90
Turbidity	0.08	5
Total Solids	0.07	20

[Calculate overall WQI](#)

Factors entered

9

Overall Water Quality Index

43