



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA Y PECUARIA EN LA CALIDAD DEL AGUA
DE DOS MICROCUENCAS DEL RÍO EL ÁNGEL, PROVINCIA DEL CARCHI.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniera Ambiental en Prevención y Remedación

Profesora Guía
Dra. Ruth Magdalena López Ulloa

Autora
Lorena Mishel Erazo Moreano

Año
2015

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con la estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Ruth Magdalena López Ulloa

Doctor PHD.

CI: 1705006391

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución, se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Lorena Mishel Erazo Moreano

CI: 1721930350

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mis padres, mi mayor bendición. Agradezco a mi tutora, por su guía y tiempo.

A la Universidad de las Américas por darme la oportunidad de aprender de los grandes.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a mis padres, y a la lucecita que ahora brilla en el cielo para mí. Todo esfuerzo suyo y mío valió la pena. Les amo mucho.

RESUMEN

El estudio determina la influencia de la actividad agrícola y pecuaria en la calidad de agua de dos microcuencas Curiyacuy Huarmiyacu de la subcuenca del río El Ángel en la provincia del Carchi. En cada microcuenca se identificó los usos del suelo más importantes (pasto, papa y referencia). Se seleccionaron 5 sitios de muestreo de agua por cada uso, de los cuales 3 correspondieron al Curiyacuy y dos al Huarmiyacu. La calidad del agua se evaluó comparando los resultados de los análisis del agua con normas nacionales e internacionales; también se determinó la influencia de la calidad del bosque de ribera (Índice de cobertura vegetal QBR) en las propiedades del agua estudiadas y se analizó como la alteración de las propiedades físico-químicas del suelo por el cambio del uso explican la calidad del agua en la zona. Los resultados indican que la conductividad eléctrica es el único parámetro que incumple con la normativa en la microcuenca del Huarmiyacu. Mientras que en el Curiyacuy, el cobre incumple en pasto y papa con el 50% sobre el Límite Máximo Permisible (LMP); el Oxígeno Disuelto (OD) con valores inferiores del 4 al 56%, coliformes fecales excedieron en un 75 y 100% en zonas pobladas en esta microcuenca. En cambio en los sitios de referencia, todos los parámetros de calidad del agua a excepción del Cu cumplieron con las normas nacionales e internacionales. El QBR en los sitios de referencia indica que estos son altamente conservados al obtener la más alta calificación. Del análisis estadístico por componentes principales se determinó que los parámetros de calidad del agua cerca de los sitios de referencia fueron similares entre ellos a diferencia de los sitios de papa y pasto. Esto fue corroborado por el análisis de bloques completamente al azar que estableció diferencias altamente significativas en los valores promedios de OD de los sitios de referencia en relación con papa y pasto. En el agua también fue explicado en un 80% por los contenidos de arcilla, materia orgánica, densidad aparente y limo del suelo. Por lo tanto se puede concluir que la microcuenca del Curiyacuy presenta mayor contaminación que la del Huarmiyacu y que el OD fue el parámetro del agua más afectado por el cambio de uso de la tierra de referencia a pasto o papa en la microcuenca del Curiyacuy.

ABSTRACT

This study determines the influence of the agriculture and livestock rearing on the quality of the water in two watersheds: Curiyacu and Huarmiyacu, of the basin of the river El Ángel in the province of Carchi. In each watershed was identified the uses of the most important land (pasture, potato and reference). We selected 5 sampling sites of water for each use, of which 3 corresponded to the Curiyacu and two the Huarmiyacu. The water quality was assessed by comparing the results of the analysis of the water with national and international standards; we also determined the influence of the quality of riverside woodland (index of vegetative cover QBR) in the properties of water studied and analyzed as the alteration of the physical-chemical properties of the soil by the change of use explain the quality of the water in the area. The results indicate that the electrical conductivity is the only parameter that does not comply with the regulations in the watershed of the Huarmiyacu. While in the Curiyacu, copper fails in grass and potato with the 50% limit on the Maximum Allowable (PML); the dissolved oxygen (DO) with lower values from 4 to 56 %, fecal coliforms exceeded 75 and 100% in populated areas in the watershed. On the other hand, in the reference sites, all water quality parameters with the exception of cooper complied with national and international standards. The QBR in reference sites indicates that these are highly conserved to obtain the highest rating. The statistical analyses for main components are determined that the parameters of water quality near the reference sites were similar between them unlike sites for potato and grass. This was corroborated by the analysis of a randomized complete block that established highly significant differences in the mean values of OD of the reference sites in relation to potato and grass. The OD in the water also was explained in an 80% for the contents of clay, organic matter, silt and apparent density of the soil. Therefore we can conclude that the watershed of the Curiyacu presents greater pollution than Huarmiyacu and the OD was the parameter of the water most affected by the land-use change of reference to grass or potato in the watershed of the Curiyacu.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Alcance	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Hipótesis.....	5
2 MARCO TEÓRICO	6
2.1 Importancia del agua	6
2.2 Contaminación del agua por factores agrícolas.....	7
2.3 Factores determinantes en la calidad de agua	8
2.3.1 Conductividad eléctrica (CE)	8
2.3.2 Turbidez.....	9
2.3.3 Temperatura (T).....	9
2.3.4 pH	10
2.3.5 Cobre (Cu)	10
2.3.6 Fosforo total.....	11
2.3.7 Nitrógeno total	12
2.3.8 Nitritos (NO_2^+)	13
2.3.9 Nitratos (NO_3^+)	13
2.3.10 Amonio (NH_4^+)	14
2.3.11 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	15
2.3.12 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	15
2.3.13 Análisis microbiológico.....	16
2.4 Factores determinantes en la Cobertura Vegetal en el Bosque de Rivera.....	16

2.4.1 Calidad del bosque de ribera	16
2.4.2 Calidad del hábitat fluvial	17
2.4.3 Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR).....	17
2.4.4 Índice de Heterogeneidad del Hábitat Fluvial (IHF)	19
3. METODOLOGÍA	21
3.1 Área de estudio	21
3.2 Materiales y Métodos	22
3.2.1 Método Científico	22
3.3 Metodología para la toma de muestras y evaluación de la calidad del agua.....	23
3.3.1 Muestreo de agua	23
3.3.2 Análisis de agua en campo	24
3.3.3 Análisis de agua en laboratorio.....	27
3.4 Metodología para la determinación de Cobertura Vegetal	39
3.5 Metodología para la toma de muestras de suelo y determinación del efecto de la actividad agrícola y pecuaria en la calidad del agua.	41
3.5.1 Muestreo de Suelo.....	41
3.5.2 Análisis del suelo en laboratorio	43
3.5.3 Diseño Experimental.....	46
FACTORES EN ESTUDIO	48
3.5.3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
4 RESULTADOS.....	50
4.1 Presentación de resultados en tablas y gráficos	50
4.1.1 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua.....	50
4.1.2 Parámetros físicos y químicos del suelo.....	56
4.1.3 Cobertura vegetal	60
4.2 Análisis y discusión de resultados.....	63
4.2.1 Evaluación de la calidad del agua de dos microcuencas	63

4.2.2 Evaluación del efecto de la cobertura vegetal y manejo del bosque de ribera en la calidad del agua.	68
4.2.3 Evaluación del impacto del uso del suelo (agrícola y pecuario) en la calidad del agua.	71
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1 Conclusiones	86
5.2 Recomendaciones	87
REFERENCIAS	88
ANEXOS	96

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El agua es uno de los factores esenciales para el desarrollo y el bienestar social de una región, como es el caso de la región andina, donde se origina un ciclo hidrológico altamente dinámico a causa de la interacción entre la atmósfera, océano, Amazonía y los Andes. Pero el cambio del uso de la tierra, de sistemas naturales a uso agrícola está modificando los patrones hidrológicos en la región y los esquemas de conservación y disminución de la disponibilidad del recurso agua (Secretaría General de la Comunidad Andina, s.f., párr. 3).

La mayor parte de la población en especial del área urbana, no tiene idea de dónde viene el agua, de los procesos que ésta debe pasar para ser potabilizada, de los costos de producción y mantenimiento de la misma; por lo que no es suficiente con hacer conciencia en la optimización de su consumo, por parte del sector urbano (domicilios, industrias y servicios) sino con entender que el agua es un recurso limitado, y que hay que cuidarlo especialmente por parte del sector agrícola y pecuario que tiene altos consumos de agua (Astorga, 2013, p. 126; Secretaría General de la Comunidad Andina, s.f., párr. 2; Sotomayor, López y Jiménez, 2008, p. 210).

Aunque el 70% de la superficie del mundo está cubierta de agua, tan solo el 2.5% del agua es dulce y menos del 1% de esta es disponible para el consumo, mientras que el 97.5% corresponde al agua salada (Badii, Landeros y Cerna, 2008, p. 5; Graff, 2010, párr. 1).

En el Ecuador se ha identificado dos tipos de agricultura, el primero es la agricultura de subsistencia, que se realiza a pequeña escala, sin interés comercial, y solamente para el consumo diario de la familia; el segundo tipo es la agricultura de producción, en donde el interés es netamente comercial, lo que conlleva áreas más extensas para cultivos y alto uso de agroquímicos para

incrementar la productividad (Coordinadora Latinoamérica de Organizaciones del Campo, 2013, párr. 7; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2014, párr. 4).

Este segundo tipo de agricultura es el resultado del crecimiento poblacional que está demandando mayor cantidad de alimentos, ocasionando que muchas de las tierras usadas para la conservación de ecosistemas naturales han sido convertidas en zonas agrícolas o ganaderas (FAO, 1996, párr. 3), como ocurre en el área de estudio donde 645 hectáreas de vegetación natural se han convertido en pastizales (Gobierno Municipal Espejo, 2011, párr. 2).

Estos cambios en el uso del suelo a nivel mundial, han deteriorado los recursos naturales, en especial el recurso hídrico, el cual en los últimos años presenta problemas de contaminación y degradación de su calidad (Guerrero, 2011, p. 1303; Huang, Zhan, Yan, Wu, y Deng, 2013, p.675).

En la subcuenca del río El Ángel, que comprende una ecorregión de 100.000 ha y forma parte de la cuenca del Río Mira, el cambio de uso de suelo, ampliación de la frontera agrícola con ganadería, cultivo de papa, arveja, frejol y otros cultivos ha incrementado el riesgo del deterioro del recurso hídrico, debido al alto consumo de fertilizantes y plaguicidas, particularmente el incremento del uso de estos últimos, por la alta resistencia de plagas que afectan a los cultivos en la zona (Poats, Valencia y Vallejo, 1998, p. 572; Yanggen, Crissman y Espinoza, 2002, p. 643).

Estudios sobre la influencia de la actividad agrícola y pecuaria en la calidad del agua del río El Ángel, han sido pocos y muy superficiales, por lo cual este proyecto de investigación aporta con conocimientos específicos, que explican cuál es el efecto que tiene la cobertura vegetal y el manejo de los bosques de ribera, pastos y cultivos, sobre la calidad del agua de dos microcuencas que alimentan los caudales del río El Ángel y determinar los efectos que tiene el uso del suelo en la calidad del agua de las microcuencas, información que puede ser usada por los tomadores de decisión como sustento para la

promulgación de ordenanzas municipales que procuren garantizar la calidad del agua y guiar la actualización de los planes de Ordenamiento Territorial.

1.2 Alcance

El alcance del proyecto de titulación es evaluar la influencia de la actividad agrícola y pecuaria en la calidad del agua de dos microcuencas del río El Ángel. Para lo cual se ha seleccionado las microcuencas Huarmiyacu y Curiyacu (2.200 ha), en estas se estudió los siguientes tres usos a) bosques o vegetación natural, b) pasturas y c) cultivos, que se escogieron de acuerdo al área de cobertura de uso. Frente a cada uso se tomó muestras de agua para determinar la calidad física, química y biológica que permitieron evaluar la influencia de la actividad agrícola y pecuaria.

1.3 Justificación

En la actualidad uno de los más grandes problemas ambientales es la contaminación del agua por el hombre y con mayor incidencia en aguas superficiales. Hay dos tipos de contaminación antrópica; la puntual y no puntual (difusa), la puntual corresponde a descargas de aguas residuales de alcantarillas en áreas urbanas e industriales, disposición de basuras en ríos y quebradas, en tanto que la no puntual se refiere al escurrimiento de sustancias de áreas agrícolas y urbanas (Aguilar y Pérez, 2008, p. 48; Baccaro, 2006, p. 124y Slivia y Williams, 2001, p. 46).

La contaminación agrícola es más preocupante en el área de estudio porque el mayor uso alrededor de las fuentes de agua es agropecuario. La contaminación agrícola es originada por el uso desmedido de fertilizantes y plaguicidas, los cuales tienen la característica de llegar a contaminar no solo las aguas superficiales con las cuales tienen contacto, sino también las aguas subterráneas, atravesando zonas no saturadas y llegando a los acuíferos,

contaminando grandes masas de agua (FAO, 1997, párr. 5; Oosterheld, 2008, p. 32 y Tolón y Lastra, 2010, p. 72).

Investigaciones anteriores, realizadas en la subcuenca del río El Ángel, han identificado un uso elevado de plaguicidas, como el Carbofurán, para el control del gusano blanco, una de las plagas más importantes que afecta a la papa (Yanggen et al., 2002, p. 13) y el efecto de este plaguicida en la salud humana, pero solo hay un estudio preliminar de la afectación al recurso agua por actividad agrícola (Stoorvogel, Jaramillo, Merino y Kosten, 2002, p. 49-69). El uso de agroquímicos y plaguicidas tiene una tendencia creciente por la necesidad de una mayor productividad y la resistencia de las plagas a estos productos (Bisset, 2002, p.12 y Poats et al., 1998, p. 52).

Estudios realizados en otros países, como el de la cuenca hidrográfica del Lago Chaohu en China (Huan et al., 2013, p. 62), y el de la cuenca del río Sarapiquí en Costa Rica (Guerrero, 2011, p. 29), demostraron que el aumento de la superficie para agricultura degrada la calidad del agua. Los parámetros fisicoquímicos y biológicos que se consideran en este estudio se fundamentan en los resultados de estas investigaciones sobre el efecto de actividad agrícola y ganadera en el agua y corresponden a: cobre, fósforo total, fósforo orgánico disponible, nitratos, nitritos, nitrógeno total, amonio, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos totales, suspendidos y disueltos, conductividad eléctrica, coliformes fecales, coliformes totales, turbiedad, temperatura y pH.

La concentración de estos elementos químicos y biológicos en el agua dependen fundamentalmente de los tipos de suelos y de las prácticas de manejo agrícola o pecuario como: la quema, tipo de labranza, utilización y niveles de consumo de fertilizantes, plaguicidas, rotación de cultivo, manejo de la ganadería; por consiguiente es necesario levantar esta información, que permita establecer las relaciones de la alteración de la calidad del agua con las diferentes prácticas de manejo y tipos de suelo del área de estudio.

Esta propuesta de investigación es parte del proyecto denominado “*Impacto del cambio de uso del suelo sobre las características físico-químicas y biológicas del agua y suelo en dos microcuencas del río El Ángel*” presentado por el CIEDI a fondos UDLA, estudio multidisciplinario que alimentará a la propuesta del Programa de Investigación “Modelo integral de manejo del recurso hídrico en la cuenca del río el Ángel: Predicción del balance hídrico futuro por cambios de uso del suelo y clima”. Programa que entregará información a diferentes actores, entre ellos a consultores y tomadores de decisión para la actualización periódica de los planes de Ordenamiento Territorial y zonificación de uso de la tierra, que los gobiernos seccionales de la subcuenca del río El Ángel deben efectuar periódicamente para preservar los recursos naturales en este caso “El Agua”.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar la influencia de la actividad agrícola y pecuaria en la calidad de agua de dos microcuencas de la subcuenca del río El Ángel.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar la calidad de agua de dos microcuencas, mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos.
- Determinar el efecto de la cobertura vegetal y manejo del bosque de ribera o vegetación natural en la calidad del agua.
- Relacionar el efecto de la actividad agrícola y pecuaria en los parámetros de calidad de agua.

1.5 Hipótesis

“La actividad agrícola y pecuaria no influye en la calidad del agua del río El Ángel, provincia del Carchi”

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Importancia del agua

En la actualidad el recurso agua es indispensable para el ser humano, no solamente para la supervivencia, sino también usándolo como base para el desarrollo económico y energético de todo el país (ONU-DAES, 2014, párr. 3).

El Ecuador es un país que posee una importante cantidad de recursos hídricos, que se originan en su mayoría en la cordillera de los Andes y cuyo caudal se modifica por condiciones climáticas y geográficas a lo largo de su recorrido. El país cuenta con 29 sistemas hídricos compuestos por 79 cuencas (Roldan, 2013, párr. 2-3).



El Ecuador tiene una alta disponibilidad hídrica que bordea los 20.700 m³/habitante/año, que supera por mucho la media mundial de alrededor de 1.700m³/habitante/año. El 88% de los habitantes viven en la vertiente Pacífico y se estima una dotación de 5.200 m³/hab/año, que contrasta con la vertiente amazónica en donde viven el 12% de los ecuatorianos con una dotación de 82.900m³/hab/año (SENAGUA, 2012, párr. 2)

Como se puede apreciar en la Figura 1, la distribución inequitativa de la población podría traer a futuro escases del agua en aproximadamente la mitad del país. Actualmente en la vertiente del país y al sur de la región interandina existe en algunas zonas deficiencia del recurso hídrico en épocas secas, lo que ocasiona pérdidas a los agricultores y retrasos en el desarrollo del país.

2.2 Contaminación del agua por factores agrícolas

En el país una de las principales fuentes de ingreso económico es el que proviene del sector agrícola, lo que ha llevado a la mayoría de los productores a cuidar sus cultivos, el principal problema en este sector es el uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes, en especial de plaguicidas, los cuales contaminan grandes cantidades de agua, no solo la utilizada para el riego sino la que usan para lavar los recipientes y material utilizado para su aplicación (Da Ros, 1995, párr. 4).

El agua es un recurso renovable, lo que significa es que a través de su ciclo, el agua se mueve alrededor del planeta en cualquiera de sus tres estados, sólido, líquido o gaseoso. Sin embargo, la calidad del agua es en las últimas décadas es uno de los mayores limitantes para el uso del mismo (Agua Ecuador, 2013, párr. 1).

En Ecuador el 85% del agua utilizada se destina al riego. Las empresas transnacionales que producen productos destinados a la exportación reciben la mayoría de esta agua. De las 8.000.000 millones de hectáreas cultivadas en Ecuador, únicamente el 12% cuenta con sistemas de riego construidos por el

estado (823mil hectáreas). Estos sistemas de riego están destinados a producciones de exportación (Vara, 2010, párr. 3).

En el Ecuador, existe un alto uso de químicos, los cuales en su mayoría son tóxicos, no solo para el medio ambiente, sino también para quienes manipulan estas sustancias. Las plantaciones extensivas han generado una serie de problemas ambientales a través de los años, ya que los insumos a utilizarse en su mayoría son químicos, el problema radica, en que no se da un adecuado tratamiento a los residuos generados, lo que nos da como resultado la contaminación a nivel de aire, suelo y agua (Da Ros, 1995, párr. 6).

2.3 Factores determinantes en la calidad de agua

2.3.1 Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica es la capacidad que tiene una solución para conducir la corriente eléctrica. Esta determinación indica la concentración total de componentes ionizados en distintas soluciones.

El valor de la conductividad se usa mucho en análisis de aguas, en donde se obtiene un valor aproximado del contenido de sólidos disueltos, teniendo en cuenta la alta conductividad de los ácidos, bases y especialmente sales inorgánicas- minerales (Romero, 2005, p. 185, 2009, p. 232). Sin embargo, cuando la concentración de las sales llega a un cierto nivel, la conductividad eléctrica ya no está directamente relacionada con la concentración de las sales en el agua. Esto es porque se forman pares de iones. Los pares de iones debilitan la carga de uno al otro, de modo que por encima de un cierto nivel, un Total de Sólidos Disueltos (TSD) más alto no resultará en una conductividad eléctrica más alta (SMART, 2014, párr. 2).

La conductividad eléctrica del agua también depende de la temperatura del agua: mientras más alta la temperatura, más alta sería la conductividad eléctrica. La CE del agua aumenta en un 2-3% para un aumento de 1 grado Celsius de la temperatura del agua (SMART, 2014, párr. 3).

El contenido muy alto de sales nutritivas como los fosfatos y nitratos en las aguas ayuda al crecimiento de las algas, agotando el oxígeno del agua e iniciando una desintegración anaeróbica de la biomasa, lo que origina biogases como el metano, amoníaco, hidrógeno sulfurado y amonio los cuales son tóxicos para la vida acuática, especialmente en macroinvertebrados acuáticos y huevos de peces y alevines (Algenfrei, s.f., p.38 y Water Research Center, 2014, párr. 4).

2.3.2 Turbidez

Llamada también turbiedad se expresa como la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba en lugar de transmitirse en línea recta a través de la muestra (Corponarino, 2002, p. 43). Es causada por partículas pequeñas (arcilla, limo, plancton, microorganismos) suspendidas en el agua, de origen orgánico o inorgánico. La dosis máxima en el agua es de 100 NTU (Romero, 2005, p. 162).

NTU: (Unidad de turbidez nefelométricas), en donde la nefelometría es una técnica analítica basada en la dispersión de la luz por partículas suspendidas en el agua, mide el haz de luz en la dirección que forma un ángulo de 90°. La turbidez es uno de los parámetros más importantes en la determinación de la calidad del agua, ya que se lo utiliza como indicador de contaminación (La Guía Metas, 2010, p. 15).

2.3.3 Temperatura (T)

La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia. Como lo que medimos en su movimiento medio, la temperatura no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño (CALTECH, 2001, párr. 5).

La temperatura es un factor abiótico, encargada de regular procesos vitales para los organismos vivos, e influye en las propiedades químicas y físicas de otros factores abióticos que forman parte de un ecosistema (University of Puerto Rico, s.f., párr. 2).

El aumento de temperatura en el agua de ríos y lagos, afecta la habilidad del agua para retener oxígeno y la de los organismos para resistir ciertos tipos de contaminantes (USGS, 2014, párr. 4).

Un incremento muy alto de temperatura influye también en la interacción del mundo animal y vegetal del agua, llevando a una competencia entre especies reduciendo la diversidad de las mismas (Algenfrei, s.f., p. 83).

2.3.4 pH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O]^+$ presentes en determinadas disoluciones. Una disolución puede variar de ácida a básica porque tiene un rango de medición que va de 0 a 14, en donde un pH 7 es neutro, menor a 7 es ácido y mayor a 7 básico (Romero, 2009, p.602 y Scragg, 2001, p. 49). Condiciones muy acidas o muy alcalinas serán corrosivas y limitaran la actividad biológica. El pH es ampliamente utilizado para determinar la aptitud del agua para diferentes usos y tratamientos.

El valor del pH influye tanto a las plantas como al metabolismo de los peces, si el pH del agua sube a más de 7 el amoníaco se vuelve tóxico para los peces, cuando el pH disminuye a menos de 5.5 o se eleva a más de 9 son pocas las posibilidades de vida en el agua. Un rango de pH entre 6,5 a 8,5 es apropiado para el desarrollo normal de la vida acuática (Algenfrei, s.f., p. 17).

2.3.5 Cobre (Cu)

Al cobre se lo encuentra naturalmente en agua como sal soluble o como partículas en suspensión. En el agua superficial el cobre puede viajar largas distancias, tanto suspendido sobre las partículas de lodos como iones libres (Universidad de la Habana, s.f.). En pequeñas cantidades es esencial para animales y plantas y a concentraciones de 0,1 mg/l es útil para controlar el desarrollo de las algas y del plancton, los cuales en grandes cantidades originan la eutrofización del agua, lo cual es tóxico para la vida acuática (Dirección general Salud Ambiental (DIGESA), s.f., párr. 3).

Al cobre se lo encuentra generalmente en agroquímicos, como fungicidas, bactericidas, alguicida y molusquicida, la proporción aproximada en la que se lo encuentra es 25% de ingrediente activo en estos productos, en donde a más de evitar plagas, corrige la deficiencia de cobre en el suelo y en la ganadería mejora la producción de alimentos básicos (Copper Alliance, 2015, párr. 3 y Terralia, 2015, párr. 6).

Se presentan efectos fisiológicos cuando el consumo excede de 1 mg/L de Cu, tenemos consecuencias como: irritación del tracto intestinal, efectos astringentes, vómito y náusea. La ingesta de grandes cantidades de Cobre, puede causar daño al hígado y a los riñones e incluso la muerte. Cuando sobre pasa los 5mg Cu/L el sabor metálico es desagradable, por lo que su ingestión es menos probable. Es esencial para los seres humanos en pequeñas cantidades (2mg Cu/L) (Romero, 2009, p.132).

2.3.6 Fosforo total

El Fósforo total es aquel fósforo que se encuentra en suspensión en materia particulada. La separación del fósforo total en partes inorgánica y orgánica en ríos y lagos, indica que la mayoría del fósforo total está en la fase orgánica (UPR, s.f., párr. 5).

El fósforo en los ríos, en la mayoría de los casos evidencia la influencia antrópica proveniente de actividades agrícolas (fertilizantes, herbicidas, pesticidas organofosforados) y ganaderas (estiércol) (SIAC, 2011, párr. 3).

Los compuestos de fósforo (en particular orto-fosfato), son considerados nutrientes importantes de las plantas y conducen al crecimiento desmedido de algas en aguas superficiales, promoviendo la eutrofización de las aguas, un solo gramo de fosfato-fósforo (PO₄-P) origina el crecimiento de hasta 100 gramos de algas (Navarra, s.f., párr. 6).

Las concentraciones que favorecen la eutrofización se encuentran entre 0,1-0,2 mg/l PO₄-P en el agua corriente y entre 0,005-0,01 mg/l PO₄-P en aguas tranquilas. El fósforo en el agua se lo puede encontrar como ion fosfato,

aunque existen ocasiones en que se lo encuentra como compuestos fosforados en estado coloidal o en forma de fósforo elemental (Navarra, s.f., p. 238).

El fósforo en el agua por actividades antrópicas en áreas rurales proviene principalmente por el uso de detergentes, pesticidas y fertilizantes, donde el incremento de la concentración en el agua puede provocar afectaciones a la salud como desórdenes digestivos, daño en riñones, descalcificaciones en los niños y osteoporosis (Lentech, 2015, párr. 4).

2.3.7 Nitrógeno total

El nitrógeno gaseoso N_2 es más liviano que el aire, incoloro, inodoro e insaboro (Romero, 2009, p. 172). Es un macronutriente esencial para todo tipo de seres vivos, La quema de combustibles fósiles, la cría de animales, la utilización de fertilizantes de nitrógeno, son un ejemplo de actividades antrópicas que añaden anualmente grandes cantidades de nitrógeno al ambiente (NADP, 2000, párr. 7).

Tabla 1. Tipos de Nitrógeno.

NITRÓGENO		
N ₂ gas		
Nitrógeno inorgánico disuelto (NID)	Nitrógeno Disuelto Total (NDT)	Nitrógeno Total
Nitrato		
Nitrito		
Amonio		
Nitrógeno orgánico disuelto (NOD)		
Nitrógeno orgánico particulado (NOP)		

Adaptado de Harrison, 2003, p. 1.

El nitrógeno se encuentra inmovilizado en forma de nitrógeno orgánico y cuantificar el nitrógeno en este estado es de gran importancia, ya que generalmente la acción microbiológica es capaz de liberarlo, lo que genera incremento en las concentraciones de amonio que puede eutrofizar el agua

permitiendo el crecimiento de algas con posible toxicidad para el medio (Lenntech, 2015, párr. 2).

2.3.8 Nitritos (NO_2^+)

Son formados por acción de bacterias sobre el nitrógeno orgánico y el amoniacal tanto en el agua, suelo y en los alimentos. El Nivel Máximo de Contaminante (NMC) en el agua, en este caso nitrito es de 1mg/L, y la importancia de su determinación es debido a que en dosis altas como se expuso anteriormente es perjudicial para la salud. Si se toma agua con una concentración de nitritos mayor al NMC las personas podrían morir. (Romero, 2009, p. 14).

Para los animales acuáticos el nitrito es un veneno que causa la muerte por problemas respiratorios, a más de presentar afectaciones al sistema intestinal. Los nitritos en grandes cantidades reaccionan con las aminas formando nitrosaminas cancerígenas (Algenfrei, s.f., p. 22).

2.3.9 Nitratos (NO_3^+)

Los nitratos son componentes importantes para la biosíntesis proteica, la cual es necesaria para todos los seres vivos, en grandes cantidades estimula la sobrepoblación de algas, generando eutrofización, lo que lleva a la falta de oxígeno formando nitritos tóxicos. La concentración de nitrato iones en aguas superficiales es de 0,4 a 8 mg/l. Cuando la concentración sobrepasa este valor y no proviene del desprendimiento de yacimientos de sales naturales, existirá siempre contaminación del agua (Algenfrei, s.f., p.16).

Usualmente introducido al agua por contaminación antrópica, debido al uso en exceso de fertilizantes nitrogenados, lo que en esencia sucede es la acumulación de nitratos en el subsuelo, que por lixiviación llegan a las aguas subterráneas, en donde los nitratos también actúan como fertilizantes de la vegetación acuática, y que al concentrarse origina eutrofización del medio (Gonzales, 2011, p.34).

Agua con altas concentraciones de nitratos y la acción de ciertos microorganismos en el estómago puede transformar los nitratos en nitritos, que al ser absorbido en la sangre convierte a la hemoglobina en metahemoglobina (síndrome de bebe azul que causa la muerte), también los nitratos pueden formar nitrosaminas y nitrosamidas compuestos que pueden ser cancerígenos, por lo que la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA) limita su concentración en agua a 10 mg/L.

2.3.10 Amonio (NH_4^+)

El ion amonio (NH_4^+), es resultante de la reducción de nitratos u oxidación de materia orgánica sin embargo dependiendo del pH del medio, sus concentraciones pueden variar transformándose en amoníaco (NH_3) cuando existe un pH mayor de 9.2, mientras que a pH menores, el amonio aumenta y el amoníaco disminuye (WHO, 2003, párr. 3). El valor máximo permisible en el agua es de 0.05 mg/l (TULAS, 2003, p. 295).

El amonio, junto con nitritos y nitratos es un indicador de contaminación del agua. El amoníaco es de muy fácil biodegradación, las plantas lo absorben con gran facilidad eliminándolo del medio, ya que para ellas es un nutriente muy importante para su desarrollo, el amonio es comúnmente un indicador de contaminación con fertilizantes y heces (Navarra, s.f., párr. 7).

Niveles altos de amoníaco se puede dar cuando se aplican abonos, que contienen como principio activo compuestos de amonio, a terrenos agrícolas. Los afectados directamente son ganaderos y agricultores que están expuestos al amoníaco proveniente de abono en descomposición. Ingerir niveles bajos de amoníaco puede producir quemaduras en la boca y la garganta y si cae sobre la piel o en los ojos producirán quemaduras y llagas si no se enjuaga el área rápidamente (ATSDR, 2014, párr. 3). En el medio ambiente la presencia de concentraciones elevadas de amoníaco en las aguas superficiales como todo nutriente, interfiere en el transporte de oxígeno por la hemoglobina, causando graves daños en los seres vivos (PRTR, s.f., párr. 2).

2.3.11 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno es definida como la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias para degradar la materia orgánica biodegradable (materia orgánica que sirve como alimento de microorganismos y que proporciona energía como resultado de su oxidación), bajo condiciones aerobias (DIGESA, s.f., párr. 4). Los procesos aerobios se basan en microorganismos que en presencia de oxígeno transforman la materia orgánica en gases y en nueva materia celular que usan para su propio crecimiento y reproducción.

La determinación de DBO además de indicarnos la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presentes en las aguas. Se puede decir que la DBO representa la cantidad de materia orgánica biodegradable. El límite máximo permisible en aguas es de 2mg/L (TULAS, 2003, p. 295).

Es un parámetro necesario en la evaluación de calidad de aguas. El aumento de DBO en el agua ocasiona disminución del oxígeno disuelto originando eutrofización, afectando la vida acuática (DIGESA, s.f., párr. 2).

2.3.12 Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno se define como la cantidad de oxígeno consumido para la oxidación total de los constituyentes orgánicos a productos inorgánicos, es decir es la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica a dióxido de carbono y agua (Museo Nacional de Ciencias Naturales, 2010, párr. 6). Por consiguiente el DQO representa tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable.

El análisis de este parámetro es fundamental en la determinación de la calidad del agua, El aumento de DQO ocasiona disminución del oxígeno disuelto lo que causa graves daños a la flora y fauna acuática (DIGESA, s.f., párr. 8).

Se acepta como adecuada la relación DBO/DQO que tiene un valor aproximado de 0.5 o más del agua, por ser biodegradable, mientras que si es menor de 0.5 se considerará difícilmente biodegradable.

2.3.13 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de las aguas comprende básicamente la determinación de coliformes totales con un valor máximo permisible de 3000 nmp/100ml (nmp = número más probable de colonias) y coliformes fecales con un máximo permisible de 600 nmp/100ml (TULAS, 2003, p. 303).

La presencia de Coliformes aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos animales o erosión del suelo (DIGESA, s.f., párr. 8). Los coliformes fecales en el agua también contribuyen al crecimiento de algas y malezas acuáticas, que también son capaces de reducir los niveles de oxígeno y de bloquear el flujo continuo de agua.

Las bacterias coliformes fecales también pueden tener efectos graves en la salud pública. Los volúmenes de agua con altos niveles de esta bacteria pueden contener una amplia gama de parásitos, bacterias y virus causantes de enfermedades, las cuales pueden variar desde condiciones leves como las infecciones agudas del oído, hasta otras más graves que amenazan la vida tales como la fiebre tifoidea y la hepatitis (Robartaigh, s.f., p. 58).

2.4 Factores determinantes en la Cobertura Vegetal en el Bosque de Rivera

2.4.1 Calidad del bosque de ribera

Valora el estado del canal fluvial y la vegetación de ribera adyacente, muchas de las veces la calidad del agua es buena pero la alteración del canal y de las riberas afectan en la calidad de la cuenca. Una buena calidad del bosque de ribera se da cuando el río está rodeado por cualquier vegetación natural o cuando está compuesto por árboles o bosques mixtos de especies nativas, sin

olvidar que estos deben encontrarse de manera continua y conectado con otros paisajes naturales (Encalada, Rieradevall, Ríos, García y Prad, 2011, p. 162).

2.4.2 Calidad del hábitat fluvial

Es una medida integral que refleja su funcionamiento como ecosistema y en donde se evalúa los alrededores del río y su ambiente acuático. La buena calidad del hábitat fluvial existe cuando se tiene una buena salud de los ecosistemas acuáticos y una buena calidad del agua, y esto dependerá directamente del cómo se maneje la cuenca y sus recursos hídricos (Encalada et al, 2011, p. 21).

2.4.3 Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR)

El QBR integra aspectos morfológicos y biológicos del lecho del río, mediante los cuales evalúa la calidad ambiental de las riberas. Su estructura se basa en los siguientes cuatro bloques, valorados, cada uno independientemente:

- Bloque 1: Grado de cubierta vegetal de las riberas.
- Bloque 2: Estructura vertical de la vegetación.
- Bloque 3: Calidad y la diversidad de la cubierta vegetal.
- Bloque 4: Grado de naturalidad del canal fluvial.

A cada bloque se lo evalúa entre 0 y 25, puntuación que se asigna de acuerdo a lo indicado en zona sombreada de cada uno de los bloques de la tabla 2 y la suma de los cuatro bloques nos da la puntuación final sobre 100, el cual determinara el nivel de calidad de la zona de estudio, no obstante cada uno de los bloques de ribera tiene un apartado de penalización en función de las características particulares de cada localidad, cabe señalar que la puntuación no debe exceder de 25 ni valores negativos en cada bloque. La puntuación del QBR suma todos los elementos que de cierta forma expresan la calidad del ecosistema de ribera, y resta aquello que supone un distanciamiento con respecto a las condiciones naturales (Valores de la zona no sombreada en cada bloque de la tabla 2). El nivel de calidad es máximo sólo cuando las

riberas evaluadas no presentan alteraciones antrópicas (Acosta, Rios, Rieradevall y Prat, 2008, p. 57).

Tabla 2. Hoja de campo. Índice de Calidad de la Vegetación de Rivera Andina (QBR-And)

<i>Grado de cubierta de la zona de ribera</i>		Puntuación bloque 1
Puntuación		
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)	
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total	
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%	
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%	
-10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%	
<i>Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)</i>		Puntuación bloque 2
Puntuación		
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %	
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %	
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %	
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %	
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %	
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %	
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.	
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %	
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad	
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %	
<i>Calidad de la cubierta</i>		Puntuación bloque 3
Puntuación		
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos	
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas	
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas	
0	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas	
+ 10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.	
+ 5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas	
- 5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas	
- 10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas	
<i>Grado de naturalidad del canal fluvial</i>		Puntuación bloque 4
Puntuación		
25	el canal del río no ha estado modificado	
10	modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	
5	signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	
0	río canalizado en la totalidad del tramo	
- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río	
- 10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río	
-5	si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes	
-10	si hay un basurero permanente en el tramo estudiado	
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)		

Tomado de Acosta, Rios, Rieradevall y Prat, 2008, p. 57.

2.4.4 Índice de Heterogeneidad del Hábitat Fluvial (IHF)

El IHF evalúa la diversidad de hábitats fluviales o la heterogeneidad ambiental, lo que nos ayuda a determinar el estado ecológico, y por ende la calidad biológica. Así, cuando de forma natural los ríos presentan una baja diversidad de substratos y por consiguiente también de hábitats disponibles para la flora o la fauna acuáticas, las comunidades biológicas pueden estar empobrecidas sin que haya ninguna causa antrópica.

El IHF evalúa 7 bloques de acuerdo a lo establecido en Acosta et al, 2008 y especificado en la Tabla 3:

- Bloque 1: Composición del substrato y medida de las partículas.
- Bloque 2: Regímenes de velocidad/profundidad.
- Bloque 3: Inclusión rápida.
- Bloque 4: Frecuencia de rápidos.
- Bloque 5: Porcentaje de sombra en el cauce.
- Bloque 6: Elementos de heterogeneidad.
- Bloque 7: Cobertura y diversidad de la vegetación acuática.

La suma de cada bloque será individual y la suma de todos los bloques nos dará el valor del índice IHF, con un valor máximo de 100 puntos. A mayor puntuación mayor será la diversidad de hábitats (HIDRI, 2006, p. 53).

Tabla 3. Hoja de campo Índice de hábitat fluvial (IHF).

Bloques		Puntuación	
1. Inclusión rápidos			
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5	
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0	
		TOTAL (una categoría)	
2. Frecuencia de rápidos			
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10	
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8	
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6	
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4	
	Sólo pozas	2	
		TOTAL (una categoría)	
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)			
% Bloques y piedras	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Cantos y gravas	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Arena	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Limo y arcilla	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
		TOTAL (sumar categorías)	
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
	somero: < 0.5 m 4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10	
	lento: < 0.3 m/s Sólo 3 de las 4 categorías	8	
	Sólo 2 de las 4	6	
	Sólo 1 de las cuatro	4	
		TOTAL (una categoría)	
5. Porcentaje de sombra en el cauce			
	Sombreado con ventanas	10	
	Totalmente en sombra	7	
	Grandes claros	5	
	Expuesto	3	
		TOTAL (una categoría)	
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)			
Hojarasca	> 10% ó < 75%	4	
	< 10% ó > 75%	2	
Presencia de troncos y ramas		2	
Raíces expuestas		2	
Diques naturales		2	
		TOTAL (una categoría)	
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)			
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
	Ausencia absoluta	0	
% Pecton	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
	Ausencia absoluta	0	
% Fanerógamas	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
	Ausencia absoluta	0	
		TOTAL (sumar categorías)	
		PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)	

Tomado de Acosta, Rios, Rieradevall y Prat, 2008, p. 56.

3. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

El estudio se ubica en el Cantón Espejo, Provincia de Carchi, Ecuador, en dos microcuencas de la subcuenca del río El Ángel, que pertenece a la cuenca del Río Mira (Poats et al., 1998, p. 32). El Cantón Espejo cuenta con una población de 13.364 habitantes, temperatura promedio de 11°C y una superficie de 553.5 Km². Con suelos orgánicos, cangahuas, alofánicos y negros limosos (Asociación de Municipalidades Ecuatorianas (AME), 2015, párr. 4). Las dos microcuencas se establecerán en la subcuenca del río El Ángel, ubicada geográficamente entre los paralelos 0° 30' y 0' 45' de latitud Norte y entre 78° 05' y 77° 53' 10" de longitud Oeste (Fundagro, 1998, p.26).

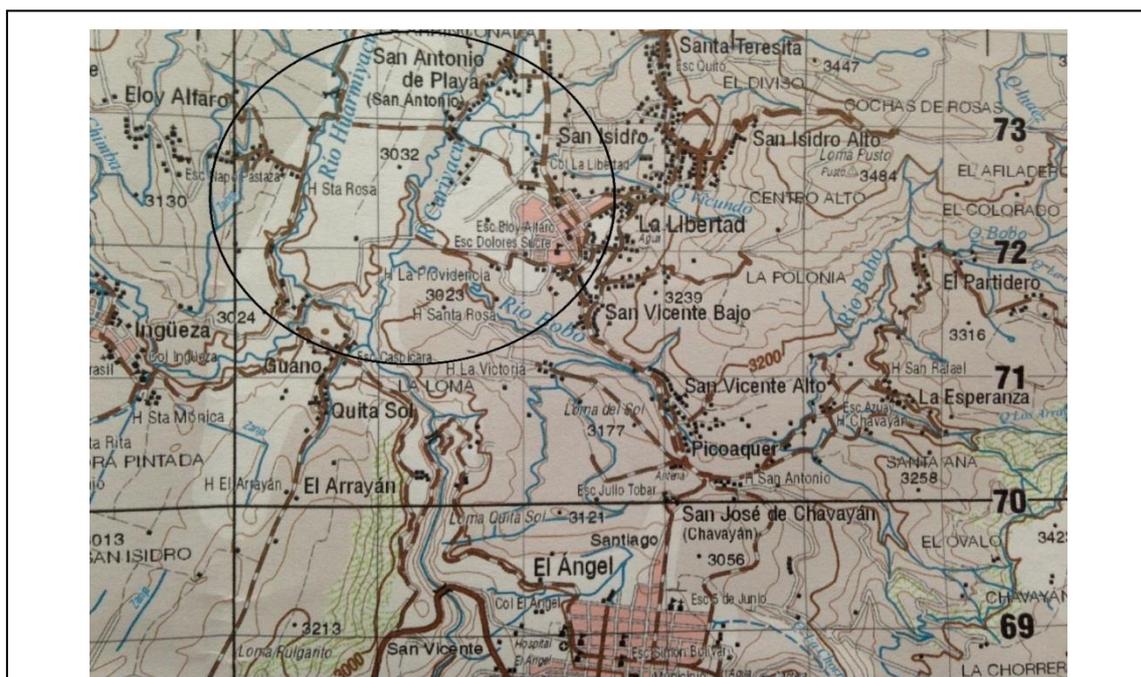


Figura 2. Mapa topográfico del área de estudio

Adaptado de Instituto Geográfico Militar, 2015.

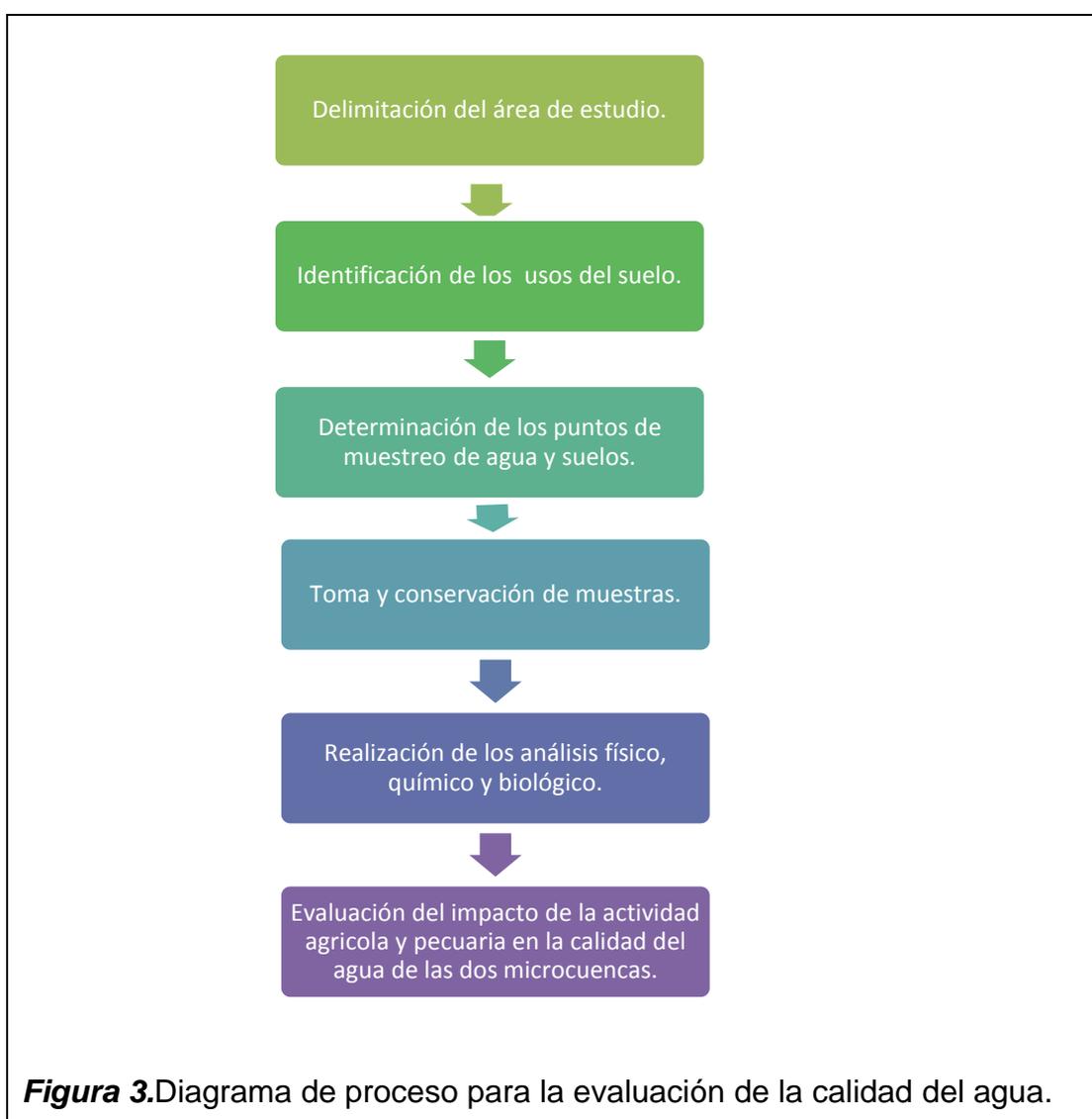
a. Escala 1:50 000. San Gabriel, Ecuador. Hoja 0II-C1, 4095 IV. Serie J721, Edición 2-IGM

3.2 Materiales y Métodos

3.2.1 Método Científico

El presente proyecto utilizará el método descriptivo, correlacional y explicativo de monitoreo (Observación y medición), para determinar la influencia de la actividad agrícola y pecuaria sobre la calidad del agua de los ríos Huarmiyacu y Curiyacu.

A continuación se presentan los pasos a seguir para el desarrollo del proyecto:



Para determinar el efecto del cambio del uso de la tierra en la calidad del agua de la cuenca del río El Ángel se identificaron tres principales usos de suelo: pastos, cultivos y vegetación natural, en dos microcuencas, de acuerdo a su área de cobertura.

3.3 Metodología para la toma de muestras y evaluación de la calidad del agua

3.3.1 Muestreo de agua

Se muestrearon tramos del río paralelos a los transeptos de las parcelas de suelos. El número de tramos de río (sitios) correspondió a 5 sitios por cada uso de la tierra. Dos sitios en la microcuenca del Huarmiyacu y tres sitios en el Curiyacu.

Equipos

GPS

Materiales

Botellas Kemmerer o Van Dorn (muestrear ríos)

Botellas de recolección de la muestra

Cooler

Formato de cadena de custodia (Anexo 1)

Mapas de la zona de estudio con los puntos de muestreo

Cámara fotográfica

Bitácora / pluma

Etiquetas

Reactivos

Conservantes de la muestra (Ácido Sulfúrico) (2ml de Ácido Sulfúrico por muestra a 4°C)

Procedimiento

- Se tomó la muestra de agua realizando un enjuague previo y se colocó en una botella de cierre hermético, se rotuló identificando la muestra (punto de muestreo, fecha de muestreo, responsable, parámetros a analizar) y se almacenó temporalmente a temperatura de menos 4°C, hasta el análisis posterior en el laboratorio, donde se mantiene a esta temperatura.
- De cada una de las muestras de agua se midió los siguientes parámetros: físico-químico (Temperatura, Turbiedad, pH, Conductividad Eléctrica; Oxígeno Disuelto, Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Nitrógeno total, Fosforo total, Nitritos, Nitratos, Amonio y Cobre) y biológicos (Coliformes totales y fecales), mediante ensayos de campo y de laboratorio.

3.3.2 Análisis de agua en campo

Después de tomar las muestras, se procedió a medir los parámetros “in situ”, las metodologías para el análisis fueron:

3.3.2.1 DETERMINACION DEL pH

Objetivo

Determinar el potencial de hidrogeno en campo.

Principio

Para medir el pH se basa en el método electroquímico, en donde un voltímetro que junto con los electrodos al ser sumergidos en la muestra de agua, generan una corriente eléctrica, la misma que dependerá de la concentración de iones de hidrógeno que presente la solución.

Materiales y equipos

Vaso de precipitación

pHmetro-pHep-Hanna-HI98127

Procedimiento

Se sumerge el pHmetro en el vaso de precipitación con la muestra hasta el límite máximo señalado en el mismo y se espera hasta que la lectura se estabilice y la medida aparezca en la pantalla (Hanna Instruments, s.f.).

3.3.2.2 DETERMINACION DE LA TEMPERATURA**Objetivo**

Determinar la temperatura del agua en campo.

Principio

Basado en la función CMC (Control Continuo de Medición) el cual da aviso si la medición se encuentra dentro del rango calibrado, emitiendo una alerta cuando la medición sale de los límites.

Materiales y equipos

Medidor de Oxígeno Disuelto-Oxi 3210 SET 1-No. 2BA201

Procedimiento

Se introduce el electrodo en el río y se espera hasta que la lectura se estabilice y la medida aparezca en la pantalla (ProfiLine, s.f.).

3.3.2.3 DETERMINACION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA**Objetivo**

Determinar la conductividad eléctrica en campo.

Principio

Principio del puente de Wheatstone, en donde se aplica un campo eléctrico entre dos electrodos y se mide la resistencia eléctrica de la disolución.

Materiales y equipos

Vaso de precipitación

Conductímetro CEep-Hanna-HI98304

Procedimiento

Se sumerge el conductímetro en el vaso de precipitación con la muestra hasta el límite máximo señalado en el mismo y se espera hasta que la lectura se estabilice y la medida aparezca en la pantalla (Hanna Instruments, s.f.).

3.3.2.4 DETERMINACION DE LA TURBIDEZ

Objetivo

Determinar la turbidez del agua en campo.

Principio

Esta medición se la realiza mediante un principio nefelométrico el cual monitorea la luz reflejada por las partículas suspendidas en el agua.

Materiales y equipos

Frasco recolector de muestra

Turbidímetro- Turbidity Meter-2020wi-Code. 1970-ISO

Procedimiento

Se llena el frasco recolector con la cantidad de muestra hasta donde señala el frasco, se lo seca muy bien y se lo introduce en el turbidímetro, se espera hasta que la lectura se estabilice y la medida aparezca en la pantalla (Lamotte, s.f.).

3.3.2.5 DETERMINACION DEL OXÍGENO DISUELTO

Objetivo

Determinar la cantidad de oxígeno disuelto del agua en campo.

Principio

Basado en la función CMC (Control Continuo de Medición) el cual da aviso si la medición se encuentra dentro del rango calibrado, emitiendo una alerta cuando la medición sale de los límites.

Materiales y equipos

Medidor de Oxígeno Disuelto-Oxi 3210 SET 1-No. 2BA201

Procedimiento

Se introduce el electrodo en el río y se espera hasta que la lectura se estabilice y la medida aparezca en la pantalla (ProfiLine, s.f.).

3.3.3 Análisis de agua en laboratorio

Las metodologías para el análisis físico, químico y biológico de aguas fueron:

3.3.3.1 DETERMINACION DE CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Objetivo

Determinar la conductividad en muestras de aguas.

Principio

La medida se basa en el principio del puente de Wheatstone, el cual se basa en medir las resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente, adaptado estos para funcionar con una fuente corriente alterna, siendo una de ellas la resistencia de bajas medidas (Gómez, 2010), utilizándose un aparato diseñado a tal efecto, el conductímetro. Se debe tener en cuenta la temperatura de la muestra ya que la conductividad está estrechamente relacionada con la temperatura.

Materiales y equipos

Becker 100 mL

Electrodo de CE

Varilla de vidrio

Procedimiento

Se introduce el electrodo de conductividad en la muestra y se espera hasta que la lectura se estabilice. Si se utiliza un conductímetro de lectura digital, la medida directa de la conductividad de la muestra aparece en la pantalla (APHA, 1999).

3.3.3.2 DETERMINACION DE pH**Objetivo**

Determinar el pH en muestras de aguas.

Principio

El método se basa en la determinación de la actividad de los iones hidrógeno (H⁺) en solución por medición potenciométrica, empleando un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia, previa calibración del instrumento con soluciones estándares de pH.

Reactivos

Disoluciones estándar de pH, para la calibración del equipo (pH-metro).

Procedimiento

- Se calibra el electrodo con disoluciones patrón de pH conocido.
- Se procede a leer el valor del pH cuando la lectura se estabilice en pH-metro (APHA, 1999).

3.3.3.3 DETERMINACION DE FÓSFORO TOTAL**Objetivo**

Determinar las concentraciones de fósforo total mediante digestión con persulfato de amonio y cuantificación por espectrofotometría con el método Vanadio Molibdato.

Principio

Para liberar el fósforo que está combinado en la materia orgánica, es preciso someter la muestra de agua a un proceso de digestión ácida. Tras la digestión, el fósforo está en forma de ortofosfatos, que se determinan por métodos colorimétricos.

Reactivos

- Solución de ácido sulfúrico: Añadir cuidadosamente 30 ml de ácido sulfúrico concentrado a 60 ml de agua destilada y diluir a 100 ml.
- Persulfato amónico, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$
- Hidróxido sódico NaOH: En un balón de 250 ml agregar 50 ml de agua destilada, agregar 40 gramos de NaOH concentrado, diluir agregando agua destilada poco a poco y aforar hasta 250 ml.
- Indicador de fenolftaleína.
- Solución de vanadato-molibdato amónico: se disuelven 25 g de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$ en 400 ml de agua destilada; por otro lado, se disuelven 1.25 g de vanadato molibdato en 300 ml de agua destilada caliente, se deja enfriar la disolución y se añaden 250 ml de HNO_3 concentrado.
- Finalmente, las dos disoluciones se mezclan y se llevan a 1 litro.
- Patrón de 200 ppm de P. Se disuelven 0,8780 g de KH_2PO_4 desecado en 1 litro de agua destilada. A partir de este patrón se prepara un patrón de 20 ppm, que servirá para la calibración colorimétrica.

Procedimiento

- Se introduce 50 ml de muestra en un matraz Erlenmeyer de 125 ml.
- Se añade 1 ml de la solución de ácido sulfúrico XX N. (determinar la concentración)
- Se añade 0,4 g de persulfato amónico.
- Se lleva a ebullición, y se mantiene regularmente durante unos 45 minutos hasta tener un volumen final aproximado de 10 ml.

- Se deja enfriar, y se añaden unos 10 ml de agua destilada y unas gotas del indicador fenolftaleína.
- Se añade NaOH hasta el viraje a coloración rosa de la fenolftaleína; la mezcla se decolora después añadiendo una gota de la solución de ácido sulfúrico.
- Se lleva a 50 ml con agua destilada.
- Se procede a la determinación de fósforo (ortofosfatos) siguiendo el método colorimétrico del vanadato-molibdato amónico. Las muestras digeridas deben diluirse convenientemente para que la concentración de fósforo final esté dentro del rango del método analítico.
- Se lleva una alícuota de 5 ml de la muestra a matraz de 25 ml.
- Se añaden 5 ml del reactivo vanadato-molibdato amónico.
- Se enrasa a 25 ml con agua destilada.
- Se agita bien la mezcla y se deja desarrollar el color durante 30 min
- Se lee la absorbancia a 440 nm de longitud de onda.
- Se procede de idéntica manera con alícuotas del patrón de 20 ppm de P, a fin de hallar una recta de calibración que comprenda el rango de 2 a 10 ppm de P (APHA, 1999).

Cálculos:

$$PT \text{ (ppm)} = [Abs-b] / m$$

Abs: absorbancia

b: intercepto de la recta

m: pendiente de la recta

3.3.3.4 DETERMINACION DE AMONIO (N-NH₄)**Objetivo**

Determinar las concentraciones de amonio en el agua. Se puede determinar amonio en concentraciones entre 0.06 a 1400 mg NH₃-N/L.

Equipos

FotometroMacherey-NagelNanocolor D500

Materiales

Micropipeta 4ml de muestra

Reactivos

Tubo TEST de reacción 200 uL de NANOFIX R2

Procedimiento

Agregar 4mL de muestra y 200uLde NANOFIX R2 en el tubo test

Se agita hasta disolver

Se deja en descanso el tubo test por 10 minutos, se limpia y se realiza la lectura de los niveles de cobre en el fotómetro (Macherey, 2014).

3.3.3.6 DETERMINACION DE NITRITOS (N-NO₂)**Objetivo**

Determinar las concentraciones de nitritos en muestras de aguas, en concentraciones entre 0.003 a 0.46 mg/L.

Principio

Este método se basa en el principio fotométrico, el cual se encarga de medir la intensidad de la luz (Ley Lambert-Beer), en donde un haz de luz enfocado de manera exacta atraviesa el elemento de estudio, detectando la intensidad irradiada de la muestra y compara el resultado con la radiación de salida (Optek, s.f.).

Equipos

FotometroMacherey-NagelNanocolor D500

Materiales

Micropipeta 4 ml de muestra

Reactivos

Tubo TEST de reacción 2ml de NANOFIX R2

Procedimiento

Agregar 4ml de muestra y 2ml de NANOFIX R2 en el tubo test

Se agita la mezcla hasta completar la disolución

Se deja en descanso el tubo test por 10 minutos, se limpia y se realiza la lectura de los niveles de nitratos en el fotómetro (Macherey, 2014).

3.3.3.7 DETERMINACION DE NITRATOS (N-NO₃)**Objetivo**

Determinar las concentraciones de nitratos reportados como ppm N-NO₃ (mg/L) en muestras de aguas, en concentraciones entre 0.3 a 22 mg/L.

Principio

Este método se basa en el principio fotométrico, el cual se encarga de medir la intensidad de la luz (Ley Lambert-Beer), en donde un haz de luz enfocado de manera exacta atraviesa el elemento de estudio, detectando la intensidad irradiada de la muestra y compara el resultado con la radiación de salida (Optek, s.f.).

Equipos

Fotómetro Macherey-Nagel Nanocolor D500

Materiales

Micropipeta

50 uL de muestra

Reactivos

Tubo TEST de reacción

500 uL de NANOFIX R2

Procedimiento

Agregar 50 uL de muestra y 500 uL de NANOFIX R2 en el tubo test

Se mezcla la solución volteando tres veces

3.3.3.9 DETERMINACION DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS RESIDUALES (DQO)

Objetivo

Determinar la Demanda Química de Oxígeno (DQO) como mg O₂/L en aguas.

Principio

En condiciones definidas, ciertas materias contenidas en el agua se oxidan con un exceso de dicromato potásico, en medio ácido y en presencia de sulfato de plata y de sulfato de mercurio. El exceso de dicromato potásico se valoración sulfato de hierro y amonio.

Reactivos

- Sulfato de mercurio (Hg₂SO₄), para evitar interferencias de los haluros.
- Dicromato potásico (K₂Cr₂O₇) 0,25 N: Disolver 12,2588 g de K₂Cr₂O₇ previamente secado 24h en estufa a 105° C, en 1 litro de agua destilada.
- Solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico: Disolver 5 g de Ag₂SO₄ en 540 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado (densidad 1.84).
- Solución de sulfato de hierro y amonio 0,25 N (NH₄)₂Fe (SO₄)₂ x 6H₂O o SAL DE MOHR: Disolver 98,04 g de (NH₄)₂Fe (SO₄)₂ x 6H₂O en agua destilada. Añadir 20 ml de H₂SO₄ concentrado, enfriar y enrasar a 1 litro con agua destilada. La solución debe estandarizarse diariamente, para determinar exactamente su normalidad, frente a la solución de K₂Cr₂O₇ 0.25N.
- Indicador de DQO o solución de ferroína: Disolver 1,485 g de 1,10 fenantrolina (C₁₂H₈N₂ x H₂O) y 0,695 g de sulfato de hierro heptahidrato en agua destilada, y llevar a volumen de 100 ml.
- Valoración de la sal de MOHR: Diluir en un matraz Erlenmeyer de 100 ml de capacidad, 10 ml de K₂Cr₂O₇ 0,25 N con agua

destilada, hasta aproximadamente 100 ml. Añadir 30 ml de ácido sulfúrico concentrado y enfriar. Añadir unas 5 gotas del indicador ferroína y valorar hasta viraje a rojo violáceo con sal de MOHR.

Cálculos

$f = [\text{Volumen de Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2 \text{ 0,25 N utilizado} \times 0,25] / \text{Volumen de sal de MOHR consumido en la valoración.}$

Procedimiento

- Se enciende la placa calefactora.
- Se pesan 0,44 g de HgSO₄ en matraz para reflujo de 100 ml.
- Se añaden 20 ml de muestra.
- Se añaden lentamente 30 ml de la solución de sulfato de plata en ácido sulfúrico, con una pipeta de vertido, mezclando bien para disolver el HgSO₄, y enfriar.
- Se añaden 12,5 ml de solución de dicromato potásico 0,25 N y se mezclan bien todos los productos añadidos.
- El conjunto se deja enfriar.
- La muestra oxidada se diluye hasta 75 ml con agua destilada y se deja enfriar hasta temperatura ambiente.
- Se añaden unas 5 gotas del indicador ferroína.
- Se procede a valorar el exceso de dicromato con la sal de Mohr.
- El punto final de análisis se toma cuando el olor varía bruscamente de azul verdoso a pardo rojizo (APHA, 1999).

Cálculos:

$\text{DQO (mg de oxígeno/litro)} = [(A-B) \times N \times 8000] / \text{Volumen (ml) de muestra.}$

A= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en el blanco.

B= Volumen (ml) de sal de Mohr gastado en la muestra.

N= Normalidad de la sal de Mohr.

3.3.3.10 DETERMINACION DE LA DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO EN AGUAS RESIDUALES (DBO₅)

Objetivo

Determinar la demanda biológica de oxígeno en muestras de aguas.

Principio

Se describe la determinación de DBO₅ con un periodo de incubación de cinco días (DBO₅) en biómetros diseñados a tal efecto (WTW-Oxitop). Estos biómetros están dotados de tapones con dispositivos de lectura de la presión parcial de los frascos. La captación del CO₂ gaseoso producido se efectúa por reacción con OHNa, que ha de disponerse al inicio del ensayo en una cápsula diseñada para tal efecto, en el sistema.

Reactivos

- Disolución de allitiourea: Disolver 5 g de allitiourea reactivo en un litro de agua destilada.
- Esta disolución se utilizará como inhibidor de la nitrificación.
- Sosa cáustica (OHNa) en perlas.

Procedimiento

- Se introduce una varilla agitadora (imán) en el interior del biómetro.
- Se añade el inhibidor de la nitrificación en una proporción equivalente a 20 gotas de la disolución de allitiourea por litro de muestra.
- Se ponen dos perlitas de OHNa en la cápsula diseñada a tal efecto.
- Se añade un volumen de muestra determinado en el biómetro. El volumen a utilizar depende del rango de DBO₅ esperado, y está especificado en las instrucciones de uso del biómetro.
- Se coloca la cápsula conteniendo OHNa sobre la parte superior del biómetro, una vez que la muestra esté estable y no se observen burbujas de aire.

- Se cierra el biómetro con el correspondiente tapón-registrador, y se pone la lectura a cero.
- Se introduce el biómetro en cámara a 25°C y se enciende el agitador magnético. Se mantiene agitación suave constante durante todo el ensayo (APHA, 1999).

Cálculos

- Se realiza la lectura a los cinco días, siguiendo el procedimiento de lectura de la casa fabricante del biómetro. La DBO₅ final del agua analizada, expresada en mg de O₂ por litro de muestra, será la lectura obtenida en el biómetro multiplicada por el factor de dilución del ensayo.

La correspondencia: factor de dilución a volumen de muestra introducido en el biómetro se indica en las instrucciones de uso del biómetro.

3.3.3.11 DETERMINACION DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Objetivo

Determinar microorganismos en muestras de aguas, filtrando un volumen medido de la muestra, o la dilución adecuada de la misma y obteniendo resultados en 24 horas.

Principio

Se trata de separar los microorganismos del agua por filtración a través de membranas filtrantes específicas y depositar las membranas con el residuo en cajas de Petri, que contienen un medio de cultivo específico para el crecimiento de los microorganismos que se desea determinar, en un soporte de papel de filtro.

Medios de cultivo

Se indican los nombres comerciales de los medios de cultivo comercializados por Millipore:

- Medio de cultivo para el recuento de Coliformes totales: m-Endo Total Coliform Broth.
- Medio de cultivo para el recuento de Coliformes fecales: m-FC Broth.

Preparación de las placas Petri

- Se abre la placa Petri
- Con las pinzas flameadas se toma 1 ml de la muestra y se coloca en la placa Petri preparada para la determinación microbiológica.

Incubación y recuento de colonias

- La placa Petri se lleva a estufa a 37 °C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales, o a 44,5 °C para la de coliformes fecales, durante un período de 24 horas.

Cálculos

Tras la incubación, se procede al recuento de las colonias formadas en cada caja petri, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua. El color de las colonias desarrolladas en los medios indicados varía según el microorganismo que se trate:

- Microorganismos totales: colonias de color amarillento.
- Coliformes totales: colonias rojizas con brillo verde metálico.
- Coliformes fecales: colonias de color azulado (APHA, 1999).

3.4 Metodología para la determinación de Cobertura Vegetal

Para determinar el Índice de Heterogeneidad del Hábitat Fluvial (IHF) y el Índice de Calidad del Bosque de Rivera (QBR) (Munné, Solà y Prat, 1998, p. 1-3) y (Pardo et al, 2002, p. 116-117) se siguió los siguientes pasos:

- Se delimito cada sección del río correspondiente a cada uso del suelo a evaluar, en donde la longitud fue de aproximadamente 100 m por tramo de estudio.

- Con ayuda de las hojas de campo indicadas en las tablas 2 y 3, mediante observación se evaluó cada bloque expuesto en las hojas de campo.
- Al finalizar la evaluación, se determinó la calidad del bosque de ribera (QBR) sumando la puntuación de cada bloque. En donde como se observa en la Tabla 4, si la sumatoria total sobrepasa los 95 puntos, concluimos que el bosque de ribera no posee alteraciones y posee una muy buena calidad, lo que demuestra que aún se encuentra en su estado natural; caso contrario se da cuando la sumatoria es inferior a 25 puntos, en donde ya existe una degradación extrema y calidad pésima.

Tabla 4. Rangos de calidad según el índice QBR

NIVEL DE CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA	QBR	Color representativo
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	> 95	Azul
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75-90	Verde
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	55-70	Amarillo
Alteración fuerte, calidad mala	30-50	Naranja
Degradación extrema, calidad pésima	< 25	Rojo

Adaptado de Munné, Solà, y Prat, 1998, p. 1-3.

- Y finalmente se determinó la calidad del hábitat fluvial (HIF) sumando la puntuación de cada bloque. En donde como se observa en la tabla 5, si la sumatoria sobrepasa los 90 puntos, tenemos como conclusión una muy alta diversidad de hábitats, caso contrario se obtiene cuando la puntuación total nos da resultados menores a 30, que representa una muy baja diversidad de hábitats.

Tabla 5. Rangos de calidad según el índice IHF

NIVEL DE CALIDAD DEL HABITAT FLUVIAL	IHF	Color representativo
Muy alta diversidad de hábitats	> 90	Azul
Alta diversidad de hábitats	71 – 90	Verde
Diversidad de hábitats media	50 – 70	Amarillo
Baja diversidad de hábitats	31 – 49	Naranja
Muy baja diversidad de hábitats	< 30	Rojo

Adaptado de Munné, A., Solà, C. y Prat, N, 1998, p. 1-3

3.5 Metodología para la toma de muestras de suelo y determinación del efecto de la actividad agrícola y pecuaria en la calidad del agua.

3.5.1 Muestreo de Suelo

Mediante un recorrido en cada microcuenca se identificó los sitios de muestreo que presentan los tres usos del suelo antes mencionados, en condiciones biofísicas similares, los cuales de preferencia deben estar cerca de las riberas del agua superficial.

Equipos

GPS

Barreno de 50 cm

Materiales

Bolsas Ziploc

Hojas de cadena de custodia

Mapa Topográfico

Cámara

Hojas de datos de campo / lápiz

Etiquetas

Pala

Cilindros metálicos

Balde

Flexómetro

Procedimiento

- Se trazó un transepto de 100 m en cada uso de la tierra, en forma paralela al curso del río en cada microcuenca, a cada 20m y al azar.
- Se tomó las muestras de suelo a dos profundidades (de 0 -25 cm y de 25 -50 cm) utilizando un barreno, por lo tanto se obtuvieron dos muestras compuestas por cada uso de la tierra, una por cada profundidad dando un total de 32 muestras. Las parcelas en cada uso tenían un área continua de aproximadamente una hectárea.
- Las dos muestras compuestas provienen de las 20 muestras simples, previamente mezcladas, homogenizadas en un balde y colectadas mediante cuarteo en una cantidad de aproximadamente 1 kg de suelo, las cuales fueron etiquetadas con: fecha, nombre del responsable, ubicación geográfica, número de muestra y parámetros a analizar (EPA, 1996, p. 53).
- Los suelos en el laboratorio fueron secados al aire y tamizados (malla ASTM1, 1.18mm) previamente antes de la determinación de textura, densidad real, porosidad, materia orgánica, pH y conductividad eléctrica.
- Para determinar la densidad aparente, la muestra se la toma en campo sin disturbar el suelo, a las dos profundidades en estudio, con la ayuda de cilindros de acero y pala; se la coloca en una bolsa plástica y se etiqueta correctamente.
- A la muestra contenida en el cilindro en el laboratorio se pone a secar en la estufa 24 horas a 105-110 °C. La densidad aparente corresponde a la

relación peso seco del suelo sin disturbar sobre el volumen del cilindro (Thompson y Troeh, 2002, p. 26).

3.5.2 Análisis del suelo en laboratorio

Las metodologías usadas para la caracterización física y química del suelo fueron:

3.5.1.1 DETERMINACION DE pH

Objetivo

Determinar el pH en suelos

Principio

Es medido en una escala logarítmica, y lo que representa es el logaritmo negativo de la concentración de los iones de hidrogeno en el suelo.

Equipos

pHmetro

Balanza de precisión

Materiales

Agitador magnético

Embudos

Elermeyer 250ml

Piceta

Papel filtro

Probeta de 50/100ml

Procedimiento

Se pesa 20 gramos de suelo, y se agrega 50 ml de agua destilada, se agita por 5 minutos a 400 RPM (revoluciones por minuto), o manualmente con una varilla de vidrio durante 10 minutos. Se deja en reposo por 30 minutos y se lee en el potenciómetro. El pH se lo mide mientras se lo agita (INIAP, 1998).

3.5.1.1.2 DETERMINACION DE TEXTURA

Objetivo

Determinar la textura en suelos

Principio

Análisis granulométrico por densimetría con uso del hidrómetro de Bouyoucos, en donde la densidad a una profundidad determinada va disminuyendo a medida que se sedimentan las partículas.

Equipos

Hidrómetro de Bouyoucos

Materiales

Piceta	Muestra de suelo	Tabla Munsell de Color
Probeta 1000ml	Triangulo de textura	

Reactivos

Agua destilada

Hidróxido de sodio 0.1 normal

Procedimiento

Se pesa 50 gramos de suelo seco en vasos de precipitación, se añade 40 ml de hidróxido de sodio y se deja en reposo 24 horas. Terminado el reposo se agita la muestra durante 10 minutos, y se trasvasa la muestra a una probeta de 1000 ml y se afora con agua destilada. Agitar durante 20 segundos y medir con el densímetro después de 40 segundos, esta lectura es la primera, se deja en reposo dos horas y se toma la segunda lectura pero esta vez sin agitación (Thompson y Thoe, 2002).

3.5.1.1.3 DETERMINACION DE LA POROSIDAD

Objetivo

Determinar la porosidad del suelo

Principio

Se basa en la utilización de cilindros de acero que extrae la muestra de suelo sin disturbar y de volumen conocido, en donde la densidad aparente es calculada en base a la relación peso seco de la muestra sobre volumen del cilindro.

Equipos

Estufa

Materiales

Piceta

Muestra de suelo

Probeta

Procedimiento

Para determinar la porosidad del suelo, es necesario determinar la densidad aparente y la densidad real.

Densidad aparente: tomo la muestra de suelo, y la pongo a secar en la estufa a 150 °C, saco la muestra de suelo y peso suelo más papel, luego peso solo papel, resto estos valores y obtengo la densidad aparente.

Densidad real: Peso 5gr de suelo y lo pongo en una probeta, añado 10 ml de agua y anoto el dato de cuanto subió el agua con la muestra de suelo, y esta es densidad real (Thompson y Thoe, 2002).

Para calcular la porosidad lo hago con la siguiente ecuación:

$$\text{Porosidad} = 100 - (\text{DA}/\text{DR} * 100)$$

3.5.1.1.4 DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA

Objetivo

Determinar el contenido de materia orgánica en el suelo

Principio

Se basa en un proceso de Oxidación en frio del carbón por un exceso de dicromato de potasio en un medio sulfúrico.

Equipos

Balanza analítica

Materiales

Erlenmeyer 500ml

Vasos

Pipetas

Buretas de 25ml

Probetas

Reactivos

Dicromato de potasio

Ácido ortofosfórico

Difenilamina

Ácido sulfúrico

Sulfato de hierro

Procedimiento

Se pesa 0,1g (muchas materia orgánica)-0,5g (poca materia orgánica) de suelo por cada muestra, y se coloca en un erlenmeyer. Se agrega 5 ml de dicromato de potasio y se añade 10 ml de ácido sulfúrico, se agita suavemente durante un minuto y se deja en reposo durante 30 min.

Se agrega 100ml de agua destilada, 5ml de ácido fosfórico y 10 gotas de difenilamina. Se titula el exceso de dicromato por medio de la sal de morh (INIAP, 1998).

3.5.3 Diseño Experimental

Para establecer el impacto del uso del suelo en la calidad del agua, se identificaron las siguientes variables y factores en estudio:

VARIABLES EN ESTUDIO

A) Variables Dependientes

A.1) Parámetros físicos, químicos y biológicos del agua

En un tramo de 100m se tomaron muestras de agua para determinar los parámetros.

- **Físico-Químicos:** Temperatura (T), Turbiedad, Conductividad eléctrica (CE), pH, Oxígeno Disuelto (OD), Nitrógeno Total, Fosforo Total, Nitritos (NO_2^+), Nitratos (NO_3^+), Amonio (NH_4^+), Cobre, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5) y Demanda Química de Oxígeno (DQO).
- **Biológicos:** Coliformes totales y fecales.

Información medida en campo: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto (OD) y temperatura del agua.

Información medida en laboratorio, Nitrógeno Total, Fosforo Total, Nitritos (NO_2^+), Nitratos (NO_3^+), Amonio (NH_4^+), Cobre, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Coliformes fecales y totales.

B) Variables Independientes

B1) Parámetros físicos y químicos del suelo

- **Físico-Químicos:** Densidad aparente, densidad real, textura, porosidad, materia orgánica, Conductividad Eléctrica y pH
- **Información medida en laboratorio:** Todos los parámetros del suelo se determinaron en el laboratorio a partir de las muestras compuestas provenientes de 10 submuestras en cada uso del suelo, realizado en parcelas (tomadas al azar) de aproximadamente una hectárea de superficie y a dos profundidades.

FACTORES EN ESTUDIO

Factor 1: Microcuencas

Dos microcuencas que alimenta la subcuenca del río el Ángel Curiyacu (Ca) y Huarmiyacu (H)

Factor 2: Usos del suelo

En cada microcuenca se seleccionaron tres usos de la tierra

- Pastos
- Cultivos
- Referencia o vegetación natural

3.5.3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se considera que las muestras cumplen con una distribución normal y se inicia el estudio con un análisis estadístico descriptivo para establecer patrones de comportamiento.

Luego se realizaron correlaciones para establecer que parámetros guardan o no interdependencia entre ellos.

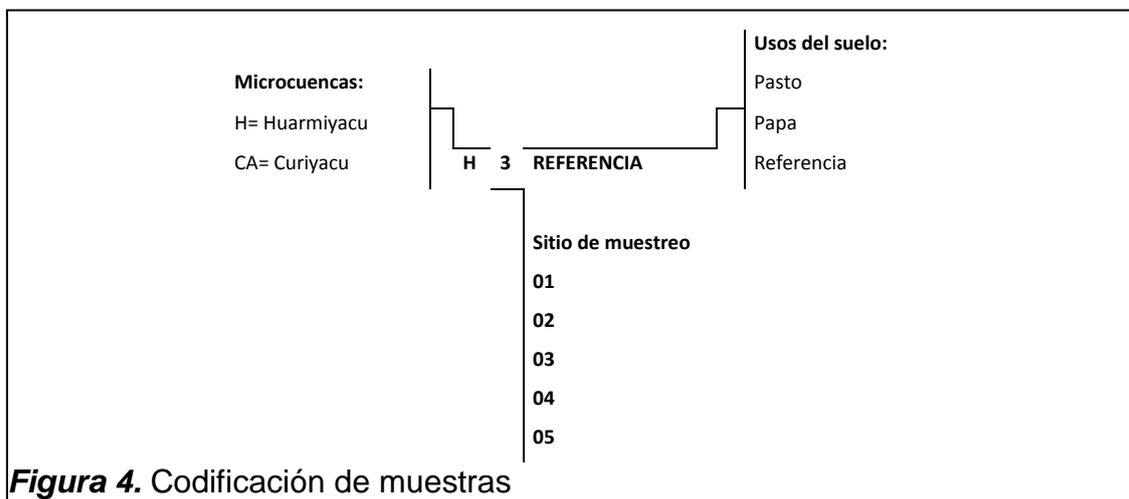
Se utilizó tres análisis estadísticos para establecer el impacto del uso de la tierra en la calidad del agua. Los análisis correspondieron a:

- Análisis de Componentes Principales (PCA), método utilizado para reducción de datos, en donde se pasa a un nuevo conjunto de datos, que de acuerdo a los principales componentes principal o factores se explica la variación en la calidad del agua. Cada componente mide la cantidad de los parámetros de agua que explican esta variación en la zona de estudio.
- Análisis de Bloques Completamente al Azar considerando que los bloques son los sitios y los usos de la tierra son los tratamientos y como estos usos influyen en los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua (indicadores de calidad).

- El análisis de regresión múltiple (Stepwiseselection) se utilizó para establecer cuál es la influencia del cambio de las características físicas y químicas del suelo medidas en cada uso de la tierra en la calidad del agua superficial en las dos microcuencas.

4 RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados en tablas y gráficos



4.1.1 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua.

Tabla 6. Coordenadas y altitud de puntos de muestreo.

CODIGO	COORDENAS (UTM zona 18 N)		ALTITUD (msnm)
	X	Y	
CA-01.PASTO	77,94748419	0,662783395	3044
CA-02.PASTO	77,94577311	0,668088066	3070
CA-03.PASTO	77,9335896	0,675919953	3224
H-04.PASTO	77,95731044	0,690153773	3251
H-05.PASTO	77,95680556	0,686467777	3195
CA-01.PAPA	77,94677565	0,663596984	3058
CA-02.PAPA	77,9459786	0,666515822	3071
CA-03.PAPA	77,94522707	0,670500787	3250
H-04.PAPA	77,95749895	0,690216901	3252
H-05.PAPA	77,95689525	0,686368335	3195
CA-01-REFERENCIA	77,93330245	0,676010481	3227
CA-02-REFERENCIA	77,93256587	0,674971872	3207
CA-03-REFERENCIA	77,93288997	0,67662513	3214
H-04-REFERENCIA	77,95586178	0,698665733	3384
H-05-REFERENCIA	77,95500922	0,684273368	3074

4.1.1.1 Información de parámetros de agua medidos en campo

Al observar los resultado de las mediciones realizadas en campo (Tabla 7), se aprecia que los porcentajes de oxígeno disuelto en papa y pasto están en un rango de 35 a 77% en la microcuenca del Curiyacu (CA) mientras que en el Huarmiyacu el rango corresponde a valores entre 93 y 98%, diferencia que corresponde aproximadamente a más del 16% entre microcuencas.

Con respecto a la turbidez los valores están en un rango de 3.3 a 1.0 NTU, el valor más alto corresponde a la medición del sitio CA-02-REFERENCIA, este fue un valor atípico en relación a los datos obtenidos, causado por un factor externo que el momento de la medición no se consideró para repetir la medida.

Los valores de pH en cada tramo de cada uso no presentaron variación. En cambio para la medición de conductividad eléctrica, hay dos sitios con valores altos (H-04-PASTO y H-04_PAPA), sitio en el cual la medición se efectuó minutos después de que los agricultores realizaron actividades de limpieza, de equipos de fumigación del cultivo de papa en el río, por lo que se deduce que los mismos se deben a contaminación puntual por agroquímicos.

Tabla 7. Resultados de parámetros de Agua medidos en campo

CODIGO	OXIGENO DISUELTO %	TURBIDEZ (NTU)	PH	CE (Milimhos)
CA-01-PASTO	52	5,9	7,0	0,06
CA-02-PASTO	57	5,7	7,1	0,05
CA-03-PASTO	73	6,1	7,3	0,04
H-04-PASTO	98	4,6	7,2	2,30
H-05-PASTO	93	3,3	7,0	0,06
PROMEDIO	75	5,1	7,1	0,50
D. ESTANDAR	21	1,2	0,1	1,01
CA-01-PAPA	57	7,2	7,2	0,05
CA-02-PAPA	35	5,0	7,0	0,04
CA-03-PAPA	77	5,7	7,4	0,04
H-04-PAPA	98	3,7	7,2	4,00
H-05-PAPA	96	4,9	7,0	0,16
PROMEDIO	73	5,3	7,2	0,86
D. ESTANDAR	26	1,3	0,2	1,76
CA-01-REFERENCIA	99	6,8	7,2	0,04
CA-02-REFERENCIA	85	11,0	7,8	0,03
CA-03-REFERENCIA	103	5,8	7,0	0,03
H-04-REFERENCIA	92	6,9	7,0	0,01
H-05-REFERENCIA	103	4,2	7,6	0,03
PROMEDIO	96	6,9	7,3	0,03
D. ESTANDAR	8	2,5	0,4	0,01

Del análisis de valores promedios y desviación estándar (Tabla 7), se aprecia que los promedios de los porcentajes de Oxígeno Disuelto en papa (73%) y pasto (75%) de las dos microcuencas Curiyacu (CA) y Huarmiyacu (H) son bajos comparados con los de los sitios de referencia 96% de OD. Solo con los datos de promedios y valores de desviación estándar (DS) de los parámetros medidos, no se puede establecer si hay diferencias significativas entre usos del suelo, debido a la alta heterogeneidad de los datos en los sitios de papa y pasto, que se ve reflejada por los valores de la desviación estándar de 21 y 26% respectivamente, que contrasta con la DS del 8% de los sitios de referencia.

Con respecto a la turbidez se aprecia que los promedios en papa (5.3NTU.Unidad Nefelométrica de Turbidez) y pasto (5.1NTU) de las dos

microcuencas (Curiyacuy Huarmiyacu) son menores en relación al promedio de los sitios de referencia (6,9 NTU) en las dos microcuencas; debido al valor atípico del sitio de referencia 2 explicado anteriormente.

Los promedios generales de pH de las dos microcuencas Curiyacu (CA) y Huarmiyacu (H) no presentaron variación en cada uno de los usos. En cambio los promedios de conductividad eléctrica, de papa (0.86 mmhos/cm) y pasto (0.5 mmhos/cm) influenciados por la contaminación puntual del lavado de equipos de fumigación en el sitio 3 de la microcuenca del Huarmiyacu son altos en comparación con el promedio de los sitios de referencia que tiene un valor de 0,03 mmhos/cm. Esto también causó que la desviación estándar de Conductividad Eléctrica sea alta.

4.1.1.2 Información de parámetros de agua medidos en laboratorio

Al observar los resultados de los análisis biológicos del agua (Tabla 8), se aprecia que los valores de coliformes totales en papa y pasto están en un rango de 12 a 1200nmp (número más probable) en la microcuenca del Curiyacuy (CA) mientras que en el Huarmiyacu el rango corresponde a valores entre 17 y 120nmp para estos usos, diferencia que corresponde a aproximadamente un valor mínimo de 1183nmp entre microcuencas.

Con respecto a coliformes fecales, se aprecia que los valores en papa y pasto están en un rango de 5 a 400nmp en la microcuenca del Curiyacuy (CA) mientras que en el Huarmiyacu el rango corresponde para estos usos a valores entre 10 y 50nmp (número más probable), diferencia que corresponde a aproximadamente un valor mínimo de 390nmp entre microcuencas.

Al observar los resultados de la demanda química de oxígeno (DQO), se aprecia que los valores en papa y pasto en las dos microcuencas Curiyacuy (CA) y Huarmiyacu (H) están en un rango de 11 a 15 mg/L, mientras que en el uso de referencia el rango corresponde a valores entre 7 y 9 mg/L.

Con respecto a los nitritos los valores están en un rango de 0,001 a 0,014 mg/L, el valor más alto corresponde a la medición del sitio CA-01-PAPA, el valor más alto puede deberse a aplicación reciente de fertilizante en el cultivo que estaba en floración.

Con respecto a nitratos, se aprecia que los valores en papa y pasto en las dos microcuencas Curiyacu (CA) y Huarmiyacu (H) están en un rango de 0,3 a 1,2 mg/L, mientras que en el uso de referencia el rango corresponde a valores entre 0,04y0,05 mg/L.

Se aprecia que los valores de Cobre en papa y pasto están en un rango de 0,01 a 0,03 mg/L en la microcuenca del Curiyacu (CA) y el Huarmiyacu.

Con respecto al nitrógeno total en papa y pasto están en un rango de 0 a 8 mg/L en la microcuenca del Curiyacu (CA) mientras que en el Huarmiyacu el rango corresponde para estos usos a valores entre 0 y 3 mg/L.

Los valores de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y fósforo total existió mayor variabilidad o heterogeneidad entre sitios para el cultivo de pasto que para papa y mucho menor para los sitios de referencia reflejado en los valores promedios y la desviación estándar. En cambio no se detectó concentración de amonio en casi todos los sitios y usos del suelo.

Tabla 8. Caracterización de agua en laboratorio.

CODIGO	COLOFIRMES TOTALES (nmp)	COLIFORMES FECALES (nmp)	DQO (mg/L)	DBO5 (mg/L)	FOSFORO TOTAL (ug/L)	AMONIO (mg/L)	NITRITOS (mg/L)	NITRATOS (mg/L)	COBRE (mg/L)	NITROGENO TOTAL (mg/L)
CA-01.PASTO	900	400	10	4	55	0,1	0,002	0,4	0,02	2
CA-02-PASTO	12	9	13	7	57	0	0,002	0,4	0,02	1
CA-03-PASTO	12	5	10	4	53	0	0,002	1	0,03	0
H-04-PASTO	61	2	17	9	63	0	0,002	0,9	0,01	2
H-05-PASTO	28	0	11	6	53	0	0,002	0,3	0,02	0
PROMEDIO	202,6	83,2	12,2	6	56,2	0,02	0,002	0,6	0,02	1
D. ESTANDAR	390,4	177,1	2,9	2,1	4,1	0,0	0,0	0,3	0,0	1,0
CA-01-PAPA	1200	350	14	8	58	0,1	0,014	0,4	0,03	2
CA-02.PAPA	240	100	11	6	55	0	0,002	0,4	0,03	8
CA-03-PAPA	16	8	13	7	59	0	0,008	1,2	0,03	2
H-04-PAPA	120	50	15	8	55	0,1	0,002	1,2	0,02	3
H-05-PAPA	17	10	15	8	50	0	0,002	0,4	0,02	0
PROMEDIO	318,6	103,6	13,6	7,4	55,4	0,04	0,0056	0,72	0,026	3
D. ESTANDAR	501,3	142,7	1,7	0,9	3,5	0,1	0,0	0,4	0,0	3,0
CA-01-REFERENCIA	3	0	9	5	56	0	0,001	0,4	0,01	1
CA-02-REFERENCIA	4	0	9	6	48	0	0,001	0,4	0,01	0
CA-03-REFERENCIA	0	0	7	4	52	0	0,003	0,4	0,01	1
H-04-REFERENCIA	0	0	8	5	53	0	0,001	0,5	0,01	0
H-05-REFERENCIA	20	0	9	5	52	0	0,001	0,4	0,01	0
PROMEDIO	5,4	0	8,4	5	52,2	0	0,0014	0,42	0,01	0,4
D. ESTANDAR	8,4	0,0	0,9	0,7	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5

Al analizar la demanda química de oxígeno (DQO), se aprecia que los promedios en los usos pasto (12,2 mg/L) y papa (13,6 mg/L) son altos a comparación con el uso de referencia que en promedio corresponde a un valor de 8,4 mg/L entre las dos microcuencas Curiyacu (CA) y Huarmiyacu (H).

Con respecto a la demanda biológica de oxígeno (DBO5), no se aprecia variación de promedios entre usos, pero al analizar la desviación estándar se observa que en el uso pasto la desviación es mayor que en los usos de papa y referencia.

Los promedios de fosforo total no presentaron variación en cada uno de los usos. En cambio en los resultados de amonio, nitritos, nitratos, cobre y

nitrógeno total, se aprecia que los promedios en pasto y referencia de las dos microcuencas Curiyacu (CA) y Huarmiyacu (H) son bajos a comparación con el promedio obtenido para el uso de papa en las dos microcuencas.

La desviación estándar de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua fueron más bajos para los sitios de referencia; mientras que en pasto y papa los valores atípicos (puntos donde ocurrieron perturbaciones) ocasionaron que la desviación estándar aumente.

4.1.2 Parámetros físicos y químicos del suelo.

De los resultados de los parámetros fisicoquímicos del suelo (Tabla 9), se aprecia que el pH no refleja variación entre microcuencas y entre usos de la tierra, y el pH de los suelos corresponde a suelos ligeramente ácidos.

La densidad aparente de los suelos de la microcuenca del Curiyacu (CA) está en un rango de 0,84 a 1,13 mientras que en el Huarmiyacu (H) el rango corresponde a valores entre 0,18 y 0,82. Similar patrón se observa con la densidad real, donde los valores en la microcuenca del Curiyacu (CA) están en un rango de 1,8 a 2,8 mientras que en el Huarmiyacu (H) el rango corresponde a valores entre 1 y 2,8, diferencia que corresponde a aproximadamente un valor mínimo de 1,8 entre microcuencas.

Al observar los resultados de porosidad, se aprecia que los valores más bajos corresponden a la microcuenca del Curiyacu (CA) y están en un rango de 37,2 a 69,6 mientras que en el Huarmiyacu (H) el rango corresponde a valores entre 52,8 y 88,7, diferencia que corresponde a aproximadamente un valor mínimo de 16,8 entre microcuencas.

Con respecto a los valores de arcilla, arena y limo, se aprecia que los valores en la microcuenca del Curiyacu (CA) están en un rango de 20 a 32 para arcilla; 52 a 76 para arena y 2 a 20 para limo, mientras que en el Huarmiyacu (H) el rango corresponde a valores entre 6 y 14 para arcilla; 58 a 80 para arena y 14 a 30 para limo, en donde se observa la diferencia entre suelos de acuerdo al triángulo de texturas y clase textual.

Al analizar los resultados de materia orgánica, no se encuentran diferencias entre microcuencas, pero si hay entre usos, obteniendo valores más altos en los sitios de referencia con un rango de 4,1 a 5,8 mientras que en los usos de pasto y papa el rango corresponde a valores entre 2,3 y 3,5, observándose una pérdida del 1,8 al 2,3% de MO debido al cambio del uso de la tierra.

Tabla 9. Caracterización del suelo en laboratorio

CODIGO	*PROFUNDIDAD	pH	DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	DENSIDAD REAL (g/cm ³)	POROSIDAD %	ARCILLA %	ARENA %	LIMO %	MO %	CLASE TEXTUAL
H-01-PASTO	1	5,6	0,59	1,25	52,8	8	72	20	3,2	Franco Arenoso
H-02-PASTO	1	5,9	0,69	2	65,5	10	64	26	2,7	Franco Arenoso
H-03-PASTO	1	5,7	0,82	1,8	54,4	10	64	26	2,9	Franco Arenoso
CA-01-PASTO	1	5,38	1,09	2	45,5	22	74	4	3,2	Franco arcillo arenoso
CA-02-PASTO	1	5,14	1,13	1,8	37,2	20	72	8	3,4	Franco arcillo arenoso
CA-03-PASTO	1	5,1	0,86	2,2	60,9	28	66	6	3	Franco arcillo arenoso
PROMEDIO		5,47	0,86	1,84	52,72	16,33	68,67	15	3,07	
D ESTANDAR		0,32	0,21	0,33	10,26	8,14	4,50	10,18	0,25	
H-01-PAPA	1	4,56	0,49	1,4	65	8	74	18	2,3	Arenoso franco
H-02-PAPA	1	5,3	0,66	1,6	58,7	10	66	24	3,4	Franco Arenoso
H-03-PAPA	1	5,56	0,68	2,8	75,7	10	66	24	2,8	Franco Arenoso
CA-01-PAPA	1	5,9	1,1	2	46,5	30	66	4	2,7	Franco arcillo arenoso
CA-02-PAPA	1	5,58	1,25	2	37,5	28	60	12	2,8	Franco arcillo arenoso
CA-03-PAPA	1	5,38	0,86	2	57	26	64	10	2,8	Franco arcillo arenoso
PROMEDIO		5,38	0,84	1,97	56,73	18,67	66	15,33	2,8	
D ESTANDAR		0,45	0,29	0,48	13,47	10,33	4,56	8,07	0,35	
H-01-REFERENCIA	1	5,56	0,18	1,6	88,7	6	80	14	5,6	Arenoso franco
H-02-REFERENCIA	1	6,12	0,43	1	57	6	78	16	4,6	Arenoso franco
H-03-REFERENCIA	1	5,77	0,77	1,8	57,2	14	66	20	5,2	Franco Arenoso
CA-01-REFERENCIA	1	5,44	1,09	2	45,5	28	66	6	5,8	Franco arcillo arenoso
CA-02-REFERENCIA	1	5,11	0,95	2	52,5	24	60	16	5,8	Franco arcillo arenoso
CA-03-REFERENCIA	1	5,26	0,91	2,8	67,5	24	56	20	4,2	Franco arcillo arenoso
PROMEDIO		5,54	0,72	1,87	61,40	17,00	67,67	15,33	5,20	
D ESTANDAR		0,36	0,35	0,59	15,18	9,70	9,58	5,16	0,67	
H-01-PASTO	2	5,52	0,52	1,3	60	8	72	20	3	Franco Arenoso
H-02-PASTO	2	4,9	0,71	2,2	67,7	8	68	24	2,8	Franco Arenoso
H-03-PASTO	2	5,44	0,76	2,5	69,6	12	58	30	2,6	Franco Arenoso
CA-01-PASTO	2	5,56	1,07	2,2	51,3	24	72	4	3	Franco arcillo arenoso
CA-02-PASTO	2	5,58	0,87	2,5	65,2	32	60	8	3,2	Franco arcillo arenoso
CA-03-PASTO	2	5,05	0,85	2,8	69,6	32	58	10	3,5	Franco arcillo arenoso
PROMEDIO		5,34	0,80	2,25	63,90	19,33	64,67	16,00	3,02	
D ESTANDAR		0,29	0,18	0,52	7,14	11,43	6,77	10,20	0,31	
H-01-PAPA	2	5,54	0,52	1,6	67,5	10	60	30	2,6	Franco Arenoso
H-02-PAPA	2	5,33	0,63	2,2	71,3	8	66	26	3	Franco Arenoso
H-03-PAPA	2	5,23	0,7	2	65	8	66	26	3,1	Franco Arenoso
CA-01-PAPA	2	6,14	1,11	2,5	55,6	30	62	8	2,6	Franco arcillo arenoso
CA-02-PAPA	2	5,5	1,07	2,5	57,2	22	76	2	2,9	Franco arcillo arenoso
CA-03-PAPA	2	5,53	0,86	2,2	60,9	22	70	8	2,6	Franco arcillo arenoso
PROMEDIO		5,55	0,82	2,17	62,92	16,67	66,67	16,67	2,80	
D ESTANDAR		0,32	0,24	0,34	6,10	9,27	5,75	11,98	0,23	
H-01-REFERENCIA	2	5,87	0,44	2,8	84,2	8	72	20	4,1	Arenoso franco
H-02-REFERENCIA	2	4,7	0,77	2,2	65	6	76	18	4,4	Arenoso franco
H-03-REFERENCIA	2	5,96	0,69	2,2	69	12	68	20	5,4	Franco Arenoso
CA-01-REFERENCIA	2	4,9	0,93	2,8	66,7	30	64	6	4,6	Franco arcillo arenoso
CA-02-REFERENCIA	2	5,2	0,84	2,5	66,4	28	52	20	4,2	Franco arcillo arenoso
CA-03-REFERENCIA	2	5,49	1,07	2	46,5	20	64	16	5,5	Franco arcillo arenoso
PROMEDIO		5,35	0,79	2,42	66,30	17,33	66,00	16,67	4,70	
D ESTANDAR		0,51	0,22	0,34	12,01	10,25	8,29	5,47	0,61	

Nota: *Profundidad 1 = 0-25 cm; Profundidad 2 = 25-50 cm

Del análisis descriptivo los valores promedios y desviación estándar (Tabla 9) de pH a las dos profundidades (0-25 cm / 25-50 cm) de las microcuencas Curiyacu (CA) y Huarmiyacu (H) no presentaron variación en cada uno de los usos.

Los valores promedios de los porcentajes de densidad aparente en papa y pasto para las dos profundidades (1 y 2) de las dos microcuencas son más altos comparados con los de los sitios de referencia, mientras que al analizar los promedios de la densidad real se aprecia una diferencia entre profundidades, en donde en la profundidad uno los promedios en pasto (1,84), papa (1,97) y referencia (1,87)son menores en relación al promedio de pasto (2,25), papa (2,17) y referencia (2,42) en la profundidad dos.

Los promedios generales de la porosidad y del porcentaje de arcilla, arena y limo de las microcuencas Curiyacu (CA) y Huarmiyacu (H) no presentaron variación en cada uno de los usos. Pero al revisar los valores de arcilla, arena y limo y la clase textural correspondiente en las dos microcuencas se presentan dos tipos diferentes de suelo, en la del Huarmiyacu predominan los suelos Franco-Arenoso y Arenoso-Franco, mientras que en la de Curiyacu los Franco-Arcillo- Arenosos

Con respecto a la materia orgánica se aprecia que los promedios en los sitios de referencia son más altos que en los de pasto y papa para las dos profundidades (1= 0-15 cm y 2= 15-30 cm) de las dos microcuencas.

Al observar los valores de la desviación estándar de pH y materia orgánica no se encuentran diferencias entre profundidades (0-25 / 25-50) y entre microcuencas. En cambio la desviación estándar de parámetros como arena, limo, arcilla, densidad aparente, densidad real y porosidad si muestran más alta heterogeneidad (valores de DS altos), debido también a que estas características difieren entre microcuencas, en un mismo uso de la tierra.

4.1.3 Cobertura vegetal

Con respecto al índice de calidad del bosque de ribera QBR, se observan que 4 sitios se mantienen de acuerdo al índice en estado natural (muy buena calidad), estos corresponden a los sitios: CA-02-REFERENCIA, CA-03-REFERENCIA, H-04-REFERENCIA y H-05-REFERENCIA, es decir con más del 80% de cubierta vegetal de la zona de ribera, con un recubrimiento de árboles mayor al 75% y no existe modificación en el canal del río.

Los dos sitios que obtuvieron calidad pésima fueron: CA-01-PASTO y CA-01-PAPA, con una cubierta vegetal menor del 10%, árboles y arbustos por debajo del 10%, con más del 51% de los árboles de ribera son especies introducidas y con modificación en el canal del río. En donde al ser puntos afectados por la acción antrópica se encuentran con alteraciones, originando una degradación extrema de la calidad del bosque y afectando la calidad de la microcuenca.

Tabla 10. Índice de Calidad de Bosque de Ribera

INDICE DE CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA (QBR)						
PUNTO	GC ZONA DE RIBERA/25	EC/25	CC/25	GN CANAL FLUVIAL/25	TOTAL	CALIFICACIÓN
CA-01.PASTO	0	0	0	10	10	Calidad pésima
CA-02-PASTO	15	15	25	25	80	Calidad buena
CA-03-PASTO	20	20	25	25	90	Calidad buena
H-04-PASTO	10	5	15	5	35	Calidad mala
H-05-PASTO	20	20	15	25	80	Calidad buena
CA-01-PAPA	5	0	15	0	20	Calidad pésima
CA-02.PAPA	0	15	5	25	45	Calidad mala
CA-03-PAPA	15	25	20	25	85	Calidad buena
H-04-PAPA	15	5	25	25	70	Calidad intermedia
H-05-PAPA	25	25	15	25	90	Calidad buena
CA-01-REFERENCIA	15	15	25	25	80	Calidad buena
CA-02-REFERENCIA	25	25	25	25	100	Estado natural
CA-03-REFERENCIA	25	25	20	25	95	Estado natural
H-04-REFERENCIA	25	25	25	25	100	Estado natural
H-05-REFERENCIA	25	20	25	25	95	Estado natural

GC ZONA DE RIBERA: GRADO DE CUBIERTA DE LA ZONA DE RIBERA; EC: ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA; CC: CALIDAD DE LA CUBIERTA; GN CANAL FLUVIAL: GRADO DE NATURALIDAD DEL CANAL FLUVIAL

Al analizar la Figura 5 se observa que un sitio obtuvo calidad intermedia (H-04-PAPA), con un rango de 50 a 80% de cubierta vegetal en la zona de ribera, recubrimiento de árboles y arbustos entre 25 y 50 % y como máximo 25% de cobertura de especies de aboles introducidas. Mientras que para la valoración como calidad mala se observan dos sitios (CA-02-PAPA y H-04-PASTO), con un rango de 10 a 50% de cubierta vegetal en la zona de ribera, recubrimiento de árboles y arbustos entre 10 y 25 % y con respecto a la cobertura de especies de árboles introducidas un rango de 26 a 50%.

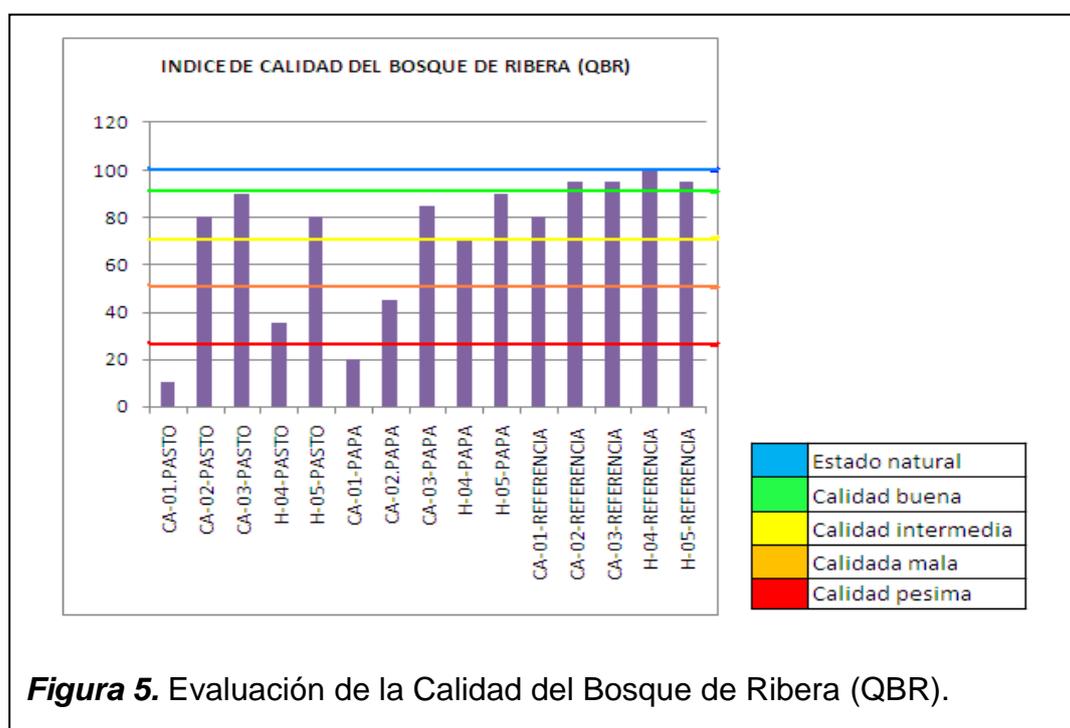


Figura 5. Evaluación de la Calidad del Bosque de Ribera (QBR).

Con respecto al índice del hábitat fluvial (IHF), se observan 4 sitios con alta diversidad de hábitats que corresponden a: CA-02 REFERENCIA; CA-03-REFERENCIA; H-05-PASTO y H-05-REFERENCIA, con un porcentaje de inclusión de piedras, cantos y gravas mayores a 60%, alta frecuencia de rápidos, más del 10% de bloques y piedras; cantos y gravas; arena y limo y arcilla, en lo referente al porcentaje de sombra en el cauce tenemos que es sombreado con ventanas, elementos de heterogeneidad (hojarasca, troncos,

ramas, raíces expuestas) mayor al 75% y una cobertura vegetal acuática (briofitos, pecton, fanerógamas) mayor al 75%.

En la tabla 11 se observa también un sitio (CA-01-PASTO) con baja diversidad de hábitats, con un porcentaje de inclusión de piedras, cantos y gravas de 0-30%, alta frecuencia de rápidos, en composición de sustrato con un porcentaje de 1-10% de bloques y piedras; cantos y gravas; arena y limo y arcilla, en lo referente a la sombra en el cauce tenemos grandes claros, elementos de heterogeneidad (hojarasca, troncos, ramas, raíces expuestas) menor al 10% y una ausencia absoluta de cobertura vegetal acuática (briofitos, pecton, fanerógamas).

Tabla 11. Índice de habita fluvial

INDICE DEL HABITAT FLUVIAL (IHF)									
PUNTO	IR/10	FR/10	CS//20	RVP/10	PSC/10	EH/10	CVA/30	TOTAL	
CA-01.PASTO	10	10	11	4	5	4	5	49	Baja diversidad de hábitats
CA-02-PASTO	5	10	14	6	5	2	15	57	Diversidad de hábitats media
CA-03-PASTO	5	10	14	6	5	4	15	59	Diversidad de hábitats media
H-04-PASTO	10	10	11	10	5	6	15	67	Diversidad de hábitats media
H-05-PASTO	5	8	14	4	10	6	25	72	Alta diversidad de hábitats
CA-01-PAPA	5	8	14	4	5	2	15	53	Diversidad de hábitats media
CA-02.PAPA	10	10	20	6	5	2	10	63	Diversidad de hábitats media
CA-03-PAPA	5	10	14	6	5	6	20	66	Diversidad de hábitats media
H-04-PAPA	10	8	14	4	5	6	15	62	Diversidad de hábitats media
H-05-PAPA	5	10	11	6	10	8	20	70	Diversidad de hábitats media
CA-01-REFERENCIA	5	10	14	6	5	6	20	66	Diversidad de hábitats media
CA-02-REFERENCIA	5	10	17	6	10	6	20	74	Alta diversidad de hábitats
CA-03-REFERENCIA	5	10	14	6	5	2	30	72	Alta diversidad de hábitats
H-04-REFERENCIA	5	10	14	6	5	6	15	61	Diversidad de hábitats media
H-05-REFERENCIA	5	10	14	6	10	6	25	76	Alta diversidad de hábitats

IR: INCLUSION RAPIDOS; FR: FRECUENCIA DE RAPIDOS; CS: COMPOSICION DEL SUBSTRATO; RVP: REGIMENES DE VELOC/PROFUN;
PSC: PORCENTAJE DE SOMBRA CAUCE; EH; ELEMENTOS DE HETEROGENEIDAD; CVA: COBERTURA DE VEGETACION ACUATICA

Al analizar la Figura 6 se observan 10 sitios con diversidad de hábitat media de los cuales 6 sitios pertenecen a la microcuenca del Curiyacu (CA) (CA-02-

PASTO; CA-03-PASTO; CA-01-PAPA; CA-02.PAPA; CA-03-PAPA; CA-01-REFERENCIA) y 4 sitios a la microcuenca del Huarmiyacu (H) (H-04-PASTO; H-04-PAPA; H-05-PAPA; H-04-REFERENCIA), con un porcentaje de inclusión de piedras, cantos y gravas de 30 a 60%, en composición de sustrato con un porcentaje de 1-10% de bloques y piedras; cantos y gravas; arena y limo y arcilla, el porcentaje de sombra en el cauce en estos puntos corresponde a la valoración de totalmente en sombra, elementos de heterogeneidad (hojarasca, troncos, ramas, raíces expuestas) menor al 75% y un porcentaje de cobertura vegetal acuática (briofitos, pecton, fanerógamas) de 10 a 50%..

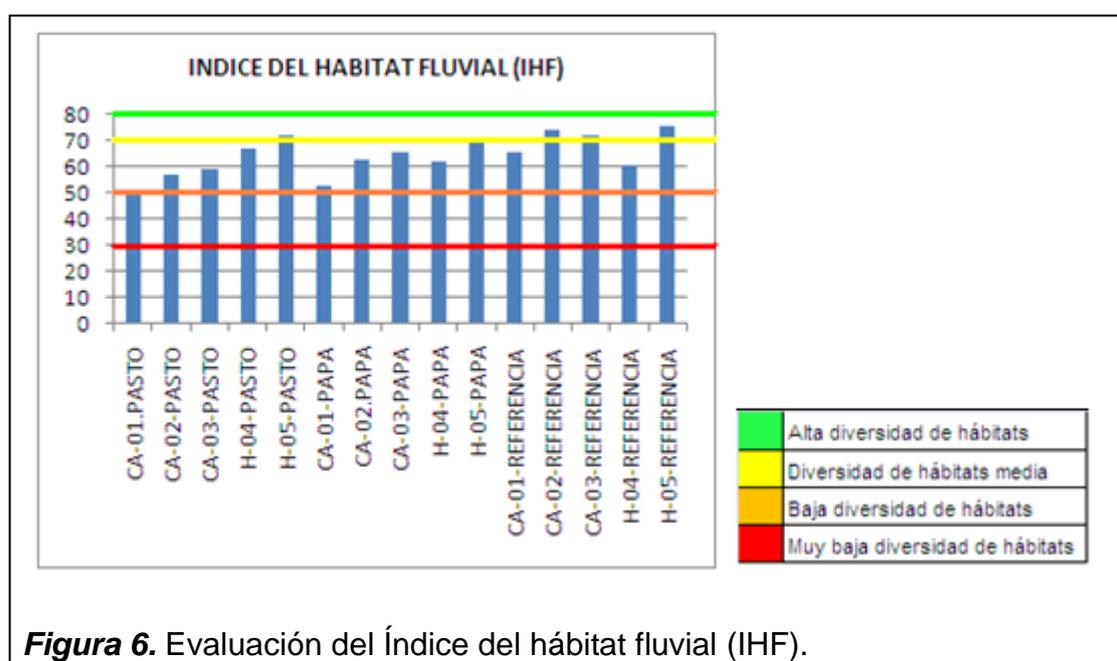


Figura 6. Evaluación del Índice del hábitat fluvial (IHF).

4.2 Análisis y discusión de resultados

4.2.1 Evaluación de la calidad del agua de dos microcuencas

Para evaluar la calidad del agua se realizó un análisis comparativo de las muestras de agua en cada uso y en cada microcuenca de los parámetros fisicoquímicos y biológicos, en relación a los límites máximos permisibles que indica la normativa nacional (TULAS, 2003, p. 302-305) e internacional

(Comité Europeo de Normalización, 1993, p. 75 y EPA, 1996, p. 102), para aguas superficiales (Tabla 12).

Tabla 12. Legislación Calidad de aguas

PARAMETRO	LMP ECUADOR	LMP EUROPA	LMP N. AMERICA
T °C	<35	-	25
OXIGENO DISUELTO %	No menor al 80%	-	-
TURBIDEZ (NTU)	15 NTU	7 NTU	1-5 NTU
pH	6,5-9	6,5-9,5	6,5-8,5
CE (Milimhos)	< 3 Milimhos/cm	-	-
COLOFIRMES TOTALES (nmp)	3000 nmp/100ml	-	-
COLIFORMES FECALES (nmp)	200 nmp/100ml	-	-
DQO (mg/L)	200 mg/L	125 mg/L	40 mg/L
DBO5 (mg/L)	100 mg/L	25 mg/L	< 5 mg/L
FOSFORO TOTAL (ug/L)	170 ug/L	-	-
AMONIO (mg/L)	0,5 mg/L	0,5 mg/L	1 mg/L
NITRITOS (mg/L)	0,2 - 1 mg/L	0,50 mg/L	1 mg/L
NITRATOS (mg/L)	10-13 mg/L	50 mg/L	10 mg/L
COBRE (mg/L)	0,02 mg/L	2 mg/L	0,009 mg/L
NITROGENO TOTAL (mg/L)	<30 mg/L	50 mg/L	-

Adaptado de (TULAS, 2003), (Comité Europeo de Normalización, 1993) y (EPA, 1996).

A continuación se presentan los parámetros en cada sitio que incumplieron la norma, ya sea sobrepasando el límite máximo permisible o no llegando al límite inferior para el caso del oxígeno disuelto.

Tabla 13. Sitios con parámetros que incumplen la normativa de calidad del agua.

PARAMETRO	CODIGO	VALOR	LMP ECUADOR			LMP EUROPA			LMP N. AMERICA		
			VALOR	C	NC	VALOR	C	NC	VALOR	C	NC
OXIGENO DISUELTO %	CA-01.PASTO	51,7	>80		X	-	-		-	-	
	CA-02-PASTO	57,5			X	-	-		-	-	
	CA-03-PASTO	73,1			X	-	-		-	-	
	CA-01-PAPA	56,9			X	-	-		-	-	
	CA-02.PAPA	35,6			X	-	-		-	-	
	CA-03-PAPA	77			X	-	-		-	-	
CE (Milimhos)	H-04-PAPA	4			X	-	-		-	-	
COLIFORMES FECALES (nmp)	CA-01.PASTO	400	< 200 nmp		X	-	-		-	-	
	CA-01-PAPA	350			X	-	-		-	-	
COBRE (mg/L)	CA-01.PASTO	0,02	0,02 mg/L	X		2 mg/L	X		0,009 mg/L		X
	CA-02-PASTO	0,02		X		-	X		-		X
	CA-03-PASTO	0,03			X	-	X		-		X
	H-04-PASTO	0,01		X		-	X		-		X
	H-05-PASTO	0,02		X		-	X		-		X
	CA-01-PAPA	0,03			X	-	X		-		X
	CA-02.PAPA	0,03			X	-	X		-		X
	CA-03-PAPA	0,03			X	-	X		-		X
	H-04-PAPA	0,02		X		-	X		-		X
	H-05-PAPA	0,02		X		-	X		-		X
	CA-01-REFERENCIA	0,01		X		-	X		-		X
	CA-02-REFERENCIA	0,01		X		-	X		-		X
	CA-03-REFERENCIA	0,01		X		-	X		-		X
	H-04-REFERENCIA	0,01		X		-	X		-		X
	H-05-REFERENCIA	0,01		X		-	X		-		X

En la Tabla 13 se observa que existen 6 sitios que no cumplen con los porcentajes mínimos de OD en el agua, que señala la normativa nacional (TULAS, 2003). Estos corresponden a los sitios 1, 2 y 3 de pastos (CA-01-PASTO, CA-02-PASTO y CA-03 PASTO que tienen un déficit OD de 36.2%, 28.1% y 8.6% respectivamente en relación al 80% del valor de norma); y 3 sitios de papa de la misma microcuenca Curiyacu (CA-01-PAPA, CA-02-PAPA y CA-03-PAPA que tienen un déficit de 28.8%, 55.5 % y 3.75% respectivamente del valor de norma).

Los resultados muestran que los 6 sitios (3 de pasto y 3 de papa) de la microcuenca del Curiyacu no cumple con la normativa nacional para OD, esto puede deberse a que en esta existe mayor intervención antrópica con áreas más intervenidas en actividades agropecuarias y con mayor población ubicada cerca del río (caso de papa y pasto sitio 1 donde los coliformes totales y fecales son altos, inclusive los valores de coliformes fecales incumplen el TULAS) y con mayor tiempo de dedicación de los suelos a la actividad agrícola y pecuaria (4 sitios restantes). De acuerdo Lenntech, s.f., en la mayoría de los casos en donde se aprecia una disminución de oxígeno disuelto es a causa de la sobrefertilización con nitrógeno y fósforo, especialmente este último el cuales muy utilizado en esta región, y al tratarse de suelos volcánicos que poseen una alta capacidad de fijación de este elemento en el suelo (Mena, Josse y Medina, 2000, p. 5); de igual manera la disminución de OD en el agua se origina por el aumento de nitratos y fosfatos en el agua ocasionando que el número de plantas y microorganismos acuáticos aumenten, usando grandes cantidades de oxígeno para multiplicarse (Lenntech, s.f., párr. 3).

Con respecto a la conductividad eléctrica, en la Tabla 13 se observa que hay un sitio que sobrepasa el límite máximo permitido por la normativa ecuatoriana. Este corresponde al sitio 2 de la microcuenca Huarmiyacu (punto H-02-PAPA) que excede con un 33.3 % del valor de la norma. Este valor atípico se debe a que en el momento de la toma de muestra se encontraban lavando el material usado en la fumigación de papa.

En la Tabla 13 se observan dos sitios que sobrepasan el límite máximo permitido por la normativa ecuatoriana en coliformes fecales, que corresponden al sitio 1 de pasto (CA-01-PASTO), con un incremento del 100%; y al sitio 1 de papa (CA-01-PAPA) con un incremento del 75% del valor de la norma. La presencia de coliformes fecales en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos animales o erosión del suelo (DIGESA, s.f., párr. 6). Contribuye al crecimiento de algas y malezas acuáticas, que también son capaces de reducir los niveles de oxígeno y de bloquear el flujo continuo

de agua. Las bacterias coliformes fecales también pueden tener efectos graves en la salud pública, causando enfermedades, las cuales pueden variar desde infecciones agudas del oído, hasta otras más graves que amenazan la vida tales como la fiebre tifoidea y la hepatitis (Robartaigh, s.f., p. 8).

Con respecto al análisis del cobre podemos observar que cuatro puntos sobrepasan el límite máximo permitido por la normativa nacional. Estos corresponden al sitio 3 de pasto (CA-03-PASTO); y a los sitios 1, 2 y 3 de papa (CA-01-PAPA, CA-02-PAPA, CA-03-PAPA), todos estos corresponden a la microcuenca del Curiyacu y que exceden en un 50% sobre el límite máximo permisible. Si se realiza la comparación con la normativa europea todos los sitios cumplen con los valores de Cu en el agua, mientras que con la normativa norteamericana, ningún punto cumple.

El Cu en pequeñas cantidades es esencial para animales y plantas y a concentraciones de 0,1 mg/l es útil para controlar el desarrollo de las algas y del plancton, evitando la eutrofización del agua (Dirección General Salud Ambiental (DIGESA, s.f., párr. 6). Al cobre se lo encuentra generalmente en agroquímicos (Copper Alliance, 2015, p. 145; Terralia, 2015, p. 73), presentando efectos fisiológicos cuando el consumo excede de 1 mg/L de Cu como: irritación del tracto intestinal, efectos astringentes, vómito y náusea.

La ingesta de grandes cantidades de Cobre, puede causar daño al hígado y a los riñones e incluso la muerte (Romero, 2009, p. 21). Cabe mencionar que los valores de cobre en los puntos de referencia son bajos lo que nos indica que estos valores pueden considerarse como de niveles de fondo en el área de estudio.

4.2.2 Evaluación del efecto de la cobertura vegetal y manejo del bosque de ribera en la calidad del agua.

Tabla 14. Correlación Cobertura Vegetal con Calidad del agua

CORRELACIONES				
		T	OD	NT
Spearman's rho	QBR			-.681**
	Sig. (2-tailed)			,005
	p-valor			,001
	IHF	-.732**	,693**	
	Sig. (2-tailed)	,002	,004	
	p-valor	,001	,001	

Como se observa en la tabla 14, el índice de calidad de bosque de ribera (QBR), tiene una correlación negativa de $-.681^{**}$ con nitrógeno total (con un valor de p-valor de 0.001 con una correlación altamente significativa). Mientras que al analizar los resultados del índice de hábitat fluvial (IHF), se aprecian correlaciones negativas altas con la temperatura ($-.732^{**}$) y positivas con la cantidad de oxígeno disuelto ($.693^{**}$).

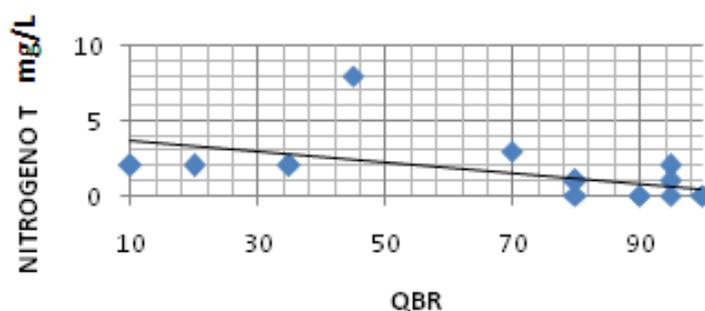
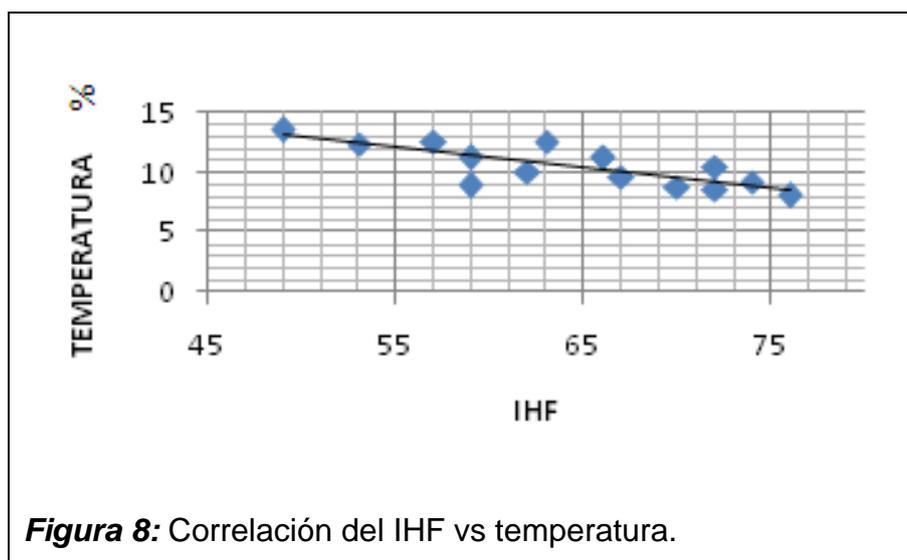


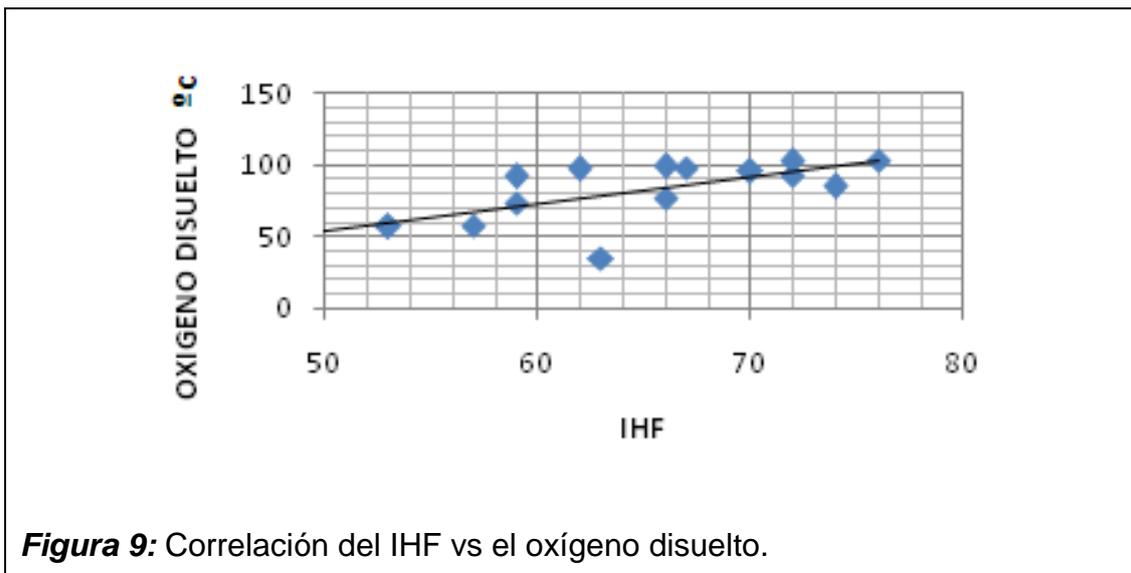
Figura 7: Correlación de QBR vs nitrógeno total

Como se observa en la figura 7 la correlación del QBR con respecto al nitrógeno total es inversamente proporcional, es decir que a mayor concentración de nitrógeno en el agua menor es la calidad de bosque de ribera. La figura muestra claramente datos extremos a causa de una contaminación puntual por fumigación.

El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de los organismos sean estos animales o vegetales en el medio acuático. La calidad de bosque de ribera se ve afectada porque el nitrógeno en grandes cantidades procede en su mayoría de vertidos urbanos o industriales, así como también del uso desmedido de fertilizantes en los cultivos (Ambientum, 2002, párr. 2 y Lenntech, s.f., párr. 4).



Como se observa en la figura 8 la correlación del IHF con respecto a la temperatura es inversamente proporcional, es decir que a mayor temperatura en el agua menor es la diversidad de hábitats en la microcuenca, esto se debe a que la temperatura desempeña un papel importante en el funcionamiento de los ecosistemas, ya que esta regula o afecta los factores abióticos del ecosistema como por ejemplo la solubilidad de nutrientes, por lo que una simple variación de la misma puede ocasionar pérdida de flora y fauna acuática (Centro de investigación y desarrollo Mayagüez (CIDM), s.f., párr. 6).



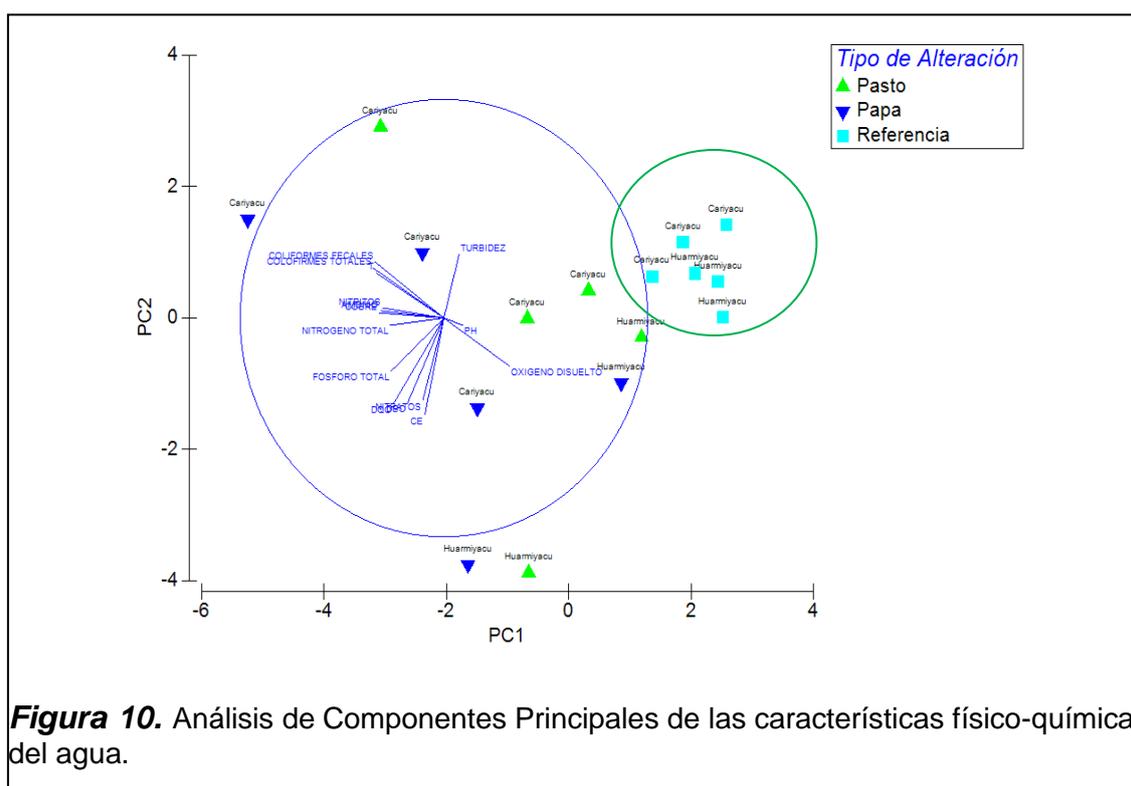
Como se observa en la figura 9 la correlación del IHF con respecto al oxígeno disuelto es directamente proporcional, es decir que a mayor porcentaje de oxígeno disuelto en el agua mayor es la diversidad de hábitats en la microcuenca.

Esto se debe a que el oxígeno disuelto a niveles altos en el agua indica buena calidad, pero a niveles bajos ciertos organismos y microorganismos no pueden sobrevivir, y esto ocurre en áreas donde la materia orgánica se encuentra en descomposición (vertidos domiciliarios e industriales, granjas, materia animal), ocasionando que las bacterias necesiten oxígeno para descomponer estos desechos y, por lo tanto, disminuyen el porcentaje de oxígeno en el agua (Navarra, 2008, p. 3 y Goyenola, 2007, p. 23). Como se muestra en la figura 9 en donde los datos extremos son a causa de una contaminación puntual por vertidos domiciliarios.

4.2.3 Evaluación del impacto del uso del suelo (agrícola y pecuario) en la calidad del agua.

4.2.3.1 Análisis de Componentes Principales

Del análisis de Componentes Principales se tiene los siguientes resultados:



La figura 10 nos muestra claramente un lugar conservado (círculo verde-referencia) y uno poco conservado (círculo azul-pasto y papa). Lo que significa que los puntos de referencia guardan similitud en las características físicas químicas y biológicas, mientras que en los usos pasto y papa, a pesar que mantienen una relación es dispersa y esto se debe al alto grado de heterogeneidad que existe en los puntos de muestreo. Como se observa en la figura 10, existen dos sitios pertenecientes a la microcuenca del Huarmiyacu de usos pasto y papa, con datos extremos a causa de una contaminación puntual, por fumigación y lavado de equipo necesario para el mismo. Adicionalmente,

hay que recalcar que no se observa diferencias significativas de los parámetros en estudio para las dos microcuencas a partir de este análisis.

Tabla 15. Componentes Principales: Variabilidad

	PC1	PC2
% Variabilidad explicada	35,2	21,5
% Variabilidad acumulada	35,2	56,7
Variable		
Amonio	-0,312	0,034
Conductividad Eléctrica	-0,094	-0,443
Cobre	-0,317	0,024
Coliformes Fecales	-0,338	0,256
Coliformes totales	-0,347	0,229
DBO5	-0,179	-0,389
DQO	-0,248	-0,391
Fosforo Total	-0,259	-0,242
Nitratos	-0,104	-0,377
Nitritos	-0,3	0,046
Nitrógeno Total	-0,264	-0,032
Oxígeno Disuelto	0,321	-0,219
pH	0,093	-0,032
Temperatura	-0,332	0,206
Turbidez	0,074	0,291

En este análisis se obtuvo una variabilidad acumulada de 56,7 % que es aceptable y podemos ver que el primer factor o componente principal 1 (pc1) explica el 35.2% de variabilidad y el segundo componente (pc2) explica el 21.5% de la variabilidad acumulada. El análisis de componentes principales es un proceso de reducción de datos, donde a mayor varianza mayor es la información que lleva incorporado el componente y es más fácil graficar e interpretar la información. Los parámetros que están en negrilla en la tabla 15 son los de mayor peso en aportes de variabilidad de cada uno de los componentes o que más contribuyen a la variabilidad. Estos valores están relacionados a efectos antrópicos a excepción de la temperatura.

De los resultados de la tabla 15 para el pc1 se observa que el oxígeno disuelto en el agua presenta una correlación positiva con el pc1 que es un indicador de calidad del agua, mientras que hay una relación negativa del pc1 con los contenidos de amonio, Cu, coliformes totales y fecales, nitrógeno total, nitritos y fósforo total, parámetros que al incrementarse en el agua están relacionados a procesos principalmente de contaminación antrópica por el uso inadecuado de agroquímicos en cultivos de papa y pasto o por descargas domésticas o.

Mientras que para el pc2 se observa que los coliformes totales, coliformes fecales y turbidez presentan una correlación positiva con el pc2, mientras que hay una relación negativa del pc2 con los contenidos de conductividad eléctrica, DBO5, DQO, fosforo total, nitratos y oxígeno disuelto.

Tabla 16. Componentes Principales: Grupos de alteraciones

Grupos Alteraciones	R estadístico	P	Significación
Diferencias entre grupos alteraciones	0,292	0,002	**
Pasto, Papa	-0,12	0,849	Ns
Pasto, Referencia	0,323	0,006	**
Papa, Referencia	0,544	0,002	**
Diferencias entre grupos cuencas	0,14	0,056	*

Para determinar si existe alteraciones significativas entre los usos del suelo se realizó la prueba de Duncan para los componentes principales, dando como resultado (Tabla 16) que las alteraciones de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua son significativas para papa-referencia, pasto-referencia y no son significativos entre los usos papa-pasto. Los valores de R nos indican en qué proporción se explica estas diferencias siendo superior la afectación del cambio de uso de un bosque de referencia al uso de papa en la calidad del agua superficial con un valor de $R = 0.544$. En cambio pasto con los sitios de referencia son significativamente diferentes, a pesar de que solo explica un 32.3% de la alteración de los parámetros del agua superficial, a pesar de que el

pasto en la zona de estudio lo utilizan como un sistema de rotación o ciclo de descanso entre cultivos de papa, para recuperar el suelo para el siguiente cultivo.

Las diferencias entre microcuencas referente a las variables físico químicas y biológicas del agua estadísticamente no son altamente significativas, pudiendo establecer que la variación de los contenidos de arcilla, limo arcilla y materia orgánica no influyeron significativamente en la calidad del agua, como si se observó por el cambio del uso de la tierra.

4.2.3.2 Diseño de Bloques completamente al azar

Bloques (5sitios)

1, 2 y 3 pertenecen a la microcuenca del Curiyacu

4 y 5 pertenecen a microcuenca del Huarmiyacu

Tratamientos (3 usos)

1: Pasto

2: Papa

3: Referencia

4.2.3.2.1 AGUAS

En este trabajo también se probó el diseño de bloques completamente al azar, donde los tratamientos correspondieron a los usos y los bloques a los sitios de muestreo, de este análisis se tuvieron los siguientes resultados de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua:

Para los parámetros Turbidez, pH, conductividad eléctrica, coliformes totales y fecales, fósforo total, amonio, nitritos, nitratos y nitrógeno total, no se encontró diferencias significativas entre sitios de muestreo ni usos de la tierra

En cambio para temperatura, oxígeno disuelto, DQO y cobre si se presentaron diferencias significativas que se presentan en los resultados del ANOVA del Diseño de Bloques completamente al Azar (DBCA) de cada uno de ellos que corresponden a:

TEMPERATURA.

Tabla 17. ANOVA de la variable dependiente temperatura

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	1705,084 ^a	7	243,583	510,657	,000
Bloques	29,284	4	7,321	15,348	,001
USO	7,317	2	3,659	7,670	,014
Error	3,816	8	,477		
Total	1708,900	15			

a. R al cuadrado = ,998 (R al cuadrado ajustada = ,996)

Al observar la tabla 17, se aprecia que el parámetro temperatura es altamente significativo para bloques con un p-valor de 0,001 y para usos con un p-valor de 0,014). Resultados que nos indican que los bloques o sitios no son homogéneos, esto ocurrió porque no se pudo encontrar sitios de referencia aledaños a los cultivos de pasto y papa en las zonas bajas de las microcuencas, ya que los sitios de referencia se encontraron solo en las partes altas de la cuenca a más de 3200msnm.

Adicionalmente, a partir de la prueba múltiple de Duncan (Tabla 18) se observa que al comparar los valores promedios de temperatura de agua entre diferentes sitios, estos se ubican tres categorías o rangos, las menores T corresponden a los sitios 4 y 5 ubicados en la microcuenca del Huarmiyacu que son significativamente diferentes a los sitios 3, 2 y 1 ubicados en el Curiyacu.

También se observa que los sitios 2 y 3 comparten sus rangos de homogeneidad, y que el sitio 2 comparte también con el sitio 2, mientras que el sitio 1 su temperatura es significativamente diferente con el sitio 3.

Del análisis de usos (Tabla 18) se obtienen solo dos rangos, donde la temperatura del agua en los usos de referencia difiere significativamente de los usos pasto y papa en los valores promedio en dos grados de temperatura.

Tabla 18. USO-Subconjuntos homogéneos-Temperatura

USO	N	Subconjunto	
		1	2
3	5	9,560	
2	5		11,000
1	5		11,080
Sig.		1,000	,859

a. Duncan^{a,b}

OXIGENO DISUELTO

Tabla 19. ANOVA de la variable dependiente oxígeno disuelto

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	104029,917 ^a	7	14861,417	83,594	,000
Bloques	3307,549	4	826,887	4,651	,031
USO	1755,797	2	877,899	4,938	,040
Error	1422,243	8	177,780		
Total	105452,160	15			

a. R al cuadrado = ,987 (R al cuadrado ajustada = ,975)

Al observar la tabla 19, se aprecia que el oxígeno disuelto de agua es altamente significativo para bloques (0,031) y para uso (0,040).

Como se indicó anteriormente los bloques no son heterogéneos entre sí. Para la variable oxígeno disuelto esto significa que se rechaza la hipótesis nula planteada en este estudio “La actividad agrícola y pecuaria no influye en la calidad del agua del río El Ángel, provincia del Carchi”, ya que esta si incide como se observa en la tabla 20, en donde la prueba de Duncan nos indica que hay diferencia altamente significativa en el parámetro oxígeno disuelto, en las aguas superficiales cercanas a los usos del suelo de referencia que a los de pasto y papa donde la calidad del agua de acuerdo a la norma nacional no cumple con los valores permitidos

Tabla 20. USO-Subconjuntos homogéneos-Oxígeno disuelto

USO	N	Subconjunto	
		1	2
2	5	72,560	
1	5	74,640	
3	5		96,480
Sig.		,811	1,000

a. Duncan^{a,b}

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

Tabla 21. ANOVA de la variable dependiente –Demanda Química de Oxígeno

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	2040,067 ^a	7	291,438	75,372	,000
Bloques	18,267	4	4,567	1,181	,388
USO	72,400	2	36,200	9,362	,008
Error	30,933	8	3,867		
Total	2071,000	15			

a. R al cuadrado = ,985 (R al cuadrado ajustada = ,972)

Al observar la tabla 21, se aprecia que el parámetro DQO es altamente significativo para usos con un p-valor de (0,008). Resultados que nos indican que los usos (pasto, papa, referencia) si interfieren en los valores de demanda química de oxígeno en una microcuenca. Este parámetro se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de la norma nacional, sin embargo a partir de la prueba múltiple de Duncan (Tabla 22) se observa que al comparar los valores promedios de DQO se obtienen solo dos rangos, donde el DQO en los usos de referencia difiere significativamente de los usos pasto y papa.

Tabla 22. USO-Subconjuntos homogéneos-Demanda química de oxígeno

USO	N	Subconjunto	
		1	2
3	5	8,400	
1	5		12,200
2	5		13,600
Sig.		1,000	,293

a. Duncan^{a,b}

COBRE

Tabla 23. ANOVA de la variable dependiente Cobre

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	,006 ^a	7	,001	47,169	,000
Bloques	,000	4	4,333E-5	2,364	,140
USO	,001	2	,000	17,818	,001
Error	,000	8	1,833E-5		
Total	,006	15			

a. R al cuadrado = ,976 (R al cuadrado ajustada = ,956)

Al observar la tabla 23, se aprecia que el parámetro cobre es altamente significativo para usos con un p-valor de (0,001). Resultados que nos indican que los usos (pasto, papa, referencia) interfieren en los valores de cobre en

una microcuenca. Estos valores se pueden explicar por el uso de fertilizantes y el inadecuado manejo de equipos y envases en los ríos de la zona de estudio.

Adicionalmente, a partir de la prueba múltiple de Duncan (Tabla 24) se observa que al comparar los valores promedios de cobre se obtienen solo dos rangos, donde el cobre en los usos de referencia (0,001) difiere significativamente de los usos pasto y papa (0,02 a 0,03); indicando que es mejor la calidad del agua cercana a los sitios de referencia

Tabla 24. USO-Subconjuntos homogéneos-Cobre

USO	N	Subconjunto	
		1	2
3	5	,0100	
1	5		,0200
2	5		,0260
Sig.		1,000	,058

a. Duncan^{a,b}

4.2.3.2.2 SUELOS

En este trabajo también se probó el diseño de bloques completamente al azar, donde los tratamientos correspondieron a los usos y los bloques a los sitios de muestreo, de este análisis se tuvieron los siguientes resultados de los parámetros fisicoquímicos del suelo:

Para los parámetros pH, porosidad, arena y densidad real, no se encontró diferencias significativas entre sitios de muestreo ni usos de la tierra

En cambio para densidad aparente, porosidad, arcilla, limo y materia orgánica si se presentaron diferencias significativas que se presentan en los resultados del ANOVA de cada uno de ellos que corresponden a:

DENSIDAD APARENTE

Tabla 25. ANOVA de la variable dependiente Densidad aparente

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	12,319 ^a	7	1,760	185,964	,000
Bloques	,575	4	,144	15,182	,001
USO	,022	2	,011	1,181	,355
Error	,076	8	,009		
Total	12,395	15			

a. R al cuadrado = ,994 (R al cuadrado ajustada = ,989)

Al observar la tabla 25, se aprecia que la densidad aparente es altamente significativa para bloques con un p-valor de 0,001.

Adicionalmente, a partir de la prueba múltiple de Duncan (Tabla 26) se observa que al comparar los valores promedios de densidad aparente del suelo entre diferentes sitios, estos se ubican tres categorías o rangos, el menor valor corresponden al sitio 4 y este es significativamente diferente a los sitios 1, 2 y 3 y comparte igual rango con el 5 que está ubicado en la misma microcuenca. Y los sitios 1 y 2 son los de más alta densidad aparente por efecto propio de la actividad agropecuaria (impacto de labranza con tractor y ganado).

Tabla 26. Bloques-Subconjuntos homogéneos-Densidad aparente

Bloques	N	Subconjunto		
		1	2	3
4,00	3	,593		
5,00	3	,757	,757	
3,00	3		,877	
1,00	3			1,083
2,00	3			1,110
Sig.		,074	,169	,746

a. Duncan^{a,b}

ARCILLA

Tabla 27. ANOVA de la variable dependiente Arcilla

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	6519,733 ^a	7	931,390	97,698	,000
Bloques	893,333	4	223,333	23,427	,000
USO	19,733	2	9,867	1,035	,398
Error	76,267	8	9,533		
Total	6596,000	15			

a. R al cuadrado = ,988 (R al cuadrado ajustada = ,978)

Al observar la tabla 27, se aprecia que la arcilla es altamente significativa para bloques con un p-valor de 0,000.

Adicionalmente, a partir de la prueba múltiple de Duncan (Tabla 28) se observa que al comparar los valores promedios de porcentaje de arcilla del suelo entre diferentes sitios, estos se ubican en dos categorías o rangos, los valores menores corresponden a los sitios 4 y 5 (Huarmiyacu) que son significativamente diferentes a los sitios, 2 y 3 ubicados en el Curiyacu, lo que confirma lo anteriormente mencionado que las dos microcuencas son diferentes en el tipo de clase textural del suelo.

Tabla 28. Bloques-Subconjuntos homogéneos-Arcilla

Bloques	N	Subconjunto	
		1	2
4,00	3	8,667	
5,00	3	11,333	
2,00	3		24,000
3,00	3		26,000
1,00	3		26,667
Sig.		,321	,340

a. Duncan^{a,b}

LIMO

Tabla 29. ANOVA de la variable dependiente Limo

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	4021,067 ^a	7	574,438	22,208	,000
Bloques	729,067	4	182,267	7,046	,010
USO	6,400	2	3,200	,124	,885
Error	206,933	8	25,867		
Total	4228,000	15			

a. R al cuadrado = ,951 (R al cuadrado ajustada = ,908)

Al observar la tabla 29, se aprecia que el limo es altamente significativo para bloques con un p-valor de 0,010.

Adicionalmente, a partir de la prueba múltiple de Duncan (Tabla 30) se observa que al comparar los valores promedios de porcentaje de limo del suelo entre diferentes sitios, estos se ubican en dos categorías o rangos, los valores menores corresponden a los sitios 1, 2 y 3 pertenecientes a la microcuenca del Curiyacu, y que son significativamente diferentes a los sitios 4 y 5 ubicados en el Huarmiyacu donde los porcentajes de limo son aproximadamente casi el doble.

Tabla 30. Bloques-Subconjuntos homogéneos-Limo

Bloques	N	Subconjunto	
		1	2
1,00	3	4,667	
2,00	3	12,000	
3,00	3	12,000	
4,00	3		22,000
5,00	3		23,333
Sig.		,129	,756

a. Duncan^{a,b}

MATERIA ORGÁNICA

Tabla 31. ANOVA de la variable dependiente Materia orgánica

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	220,187 ^a	7	31,455	139,595	,000
Bloques	,857	4	,214	,951	,483
USO	15,457	2	7,729	34,299	,000
Error	1,803	8	,225		
Total	221,990	15			

a. R al cuadrado = ,992 (R al cuadrado ajustada = ,985)

Al observar la tabla 31, se aprecia que la materia orgánica es altamente significativa para usos con un p-valor de (0,000). Resultados que nos indican que los usos (pasto, papa, referencia) interfieren en los valores de materia orgánica en una microcuenca.

Adicionalmente, a partir de la prueba múltiple de Duncan (Tabla 32) se observa que al comparar los valores promedios de materia orgánica se obtienen solo dos rangos, donde la materia orgánica en los usos de referencia difiere significativamente de los usos pasto y papa. Mostrando que esta propiedad del suelo es la que más impacto ha sufrido por el cambio de uso de la tierra al cultivo de papa y pasto

Tabla 32. USO-Subconjuntos homogéneos-Materia orgánica

USO	N	Subconjunto	
		1	2
2	5	2,900	
1	5	3,040	
3	5		5,120
Sig.		,653	1,000

a. Duncan^{a,b}

4.2.3.2.2 Regresión múltiple de parámetro de agua vs características de Suelos

Tabla 33. Regresión-Oxígeno disuelto

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticas de cambios				
					Cambio de cuadrado de R	Cambio en F	df1	df2	Sig. Cambio en F
1	,895 ^a	,801	,722	11,3578	,801	10,069	4	10	,002
2	,000 ^b	,000	,000	21,5234	-,801	10,069	4	10	,002

El análisis de regresión múltiple presenta dos modelos, de los cuales el primer modelo explica el 80% (R cuadrado = 0.80) de la variación del oxígeno disuelto en el agua en función de los parámetros del suelo que han sido alterados por el cambio del uso de la tierra y que corresponden a: arcilla, materia orgánica, densidad aparente y limo, que tuvieron diferencias significativas en el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA).

La ecuación de regresión múltiple de este modelo corresponde a:

$$OD = 64.2 + 0.991 * \%arcilla + 7.9 * \%MO - 61.1 * DA + 1.5 * \%limo$$

En la tabla 34 y en la ecuación anterior, se observa que la densidad aparente (-61,079), es la que más aporta a la concentración de OD, que indica que a menor densidad aparente, mayor es el porcentaje de OD en el agua, seguido por la materia orgánica (7,9), que tiene una relación directa con el porcentaje de OD en el agua.

Tabla 34. Modelo de regresión-Oxígeno Disuelto

Coeficientes										
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	T	Sig.	95,0% intervalo de confianza para B		Estadísticas de colinealidad		
	B	Error estándar	Beta			Límite inferior	Límite superior	Tolerancia	VIF	
1	(Constante)	64,226	25,024		2,567	,028	8,469	119,983		
	ARCILLA	,991	,750	,387	1,321	,216	-,680	2,662	,232	4,314
	MO	7,903	2,697	,418	2,930	,015	1,894	13,913	,979	1,022
	DA	-61,079	23,609	-,622	-2,587	,027	-113,683	-8,476	,344	2,907
	LIMO	1,534	,590	,585	2,598	,027	,218	2,849	,393	2,546
2	(Constante)	81,227	5,557		14,616	,000	69,307	93,146		

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La actividad agrícola y pecuaria si influye en la calidad del agua de las dos microcuencas estudiadas, y el parámetro del agua que más fue afectado por el cambio del uso del suelo fue el porcentaje de oxígeno disuelto.

La microcuenca que presento un nivel mayor de contaminación fue la del Curiyacu, siendo esta área más poblada que la del Huarmiyacu.

El Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR) y el Índice de Hábitat Fluvial (IHF), fueron los más altos en los sitios de referencia y estos guardan relación con la mejor calidad del agua en estos tramos de los dos ríos (Huarmiyacu y Curiyacu).

El uso del suelo que más afectó la calidad del agua fue el cultivo de papa.

El parámetro del suelo que fue más afectado por el cambio de uso de la tierra correspondió a materia orgánica en un porcentaje de disminución de 2,4% cuando se cambia de vegetación natural a papa y una pérdida del 1,5% de materia orgánica cuando el cambio es de vegetación natural a pasto.

El análisis de componentes principales y de diseño de bloques completamente al azar nos indica una alta variabilidad en las propiedades físico-químicas y biológicas del agua los sitios de pasto y papa estudiados, a diferencia de los sitios de referencia que mostraron una alta homogeneidad.

La contaminación puntual en el agua en alguno de los sitios en estudio no permitió validar de mejor manera la contaminación difusa ocasionada por la actividad agrícola y pecuaria en la zona de estudio.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda complementar el estudio, con encuestas sobre el uso y manejo de agroquímicos que nos permitan explicar la alta variabilidad encontrada en los usos de pasto y papa.

A pesar de que en el área de estudio han existido programas para el manejo de agroquímicos todavía se observa que se lavan los equipos de fumigación y aplicación de fertilizantes directamente en el río y se encuentran residuos de estos insumos en los lechos del mismo. Por lo que se recomienda que la capacitación sea continua por parte de los entes responsables del control ambiental en la zona; y que se exija a los distribuidores de estos productos recolectar los envases vacíos y capacitar sobre el correcto manejo y limpieza de los equipos utilizados en estas prácticas.

Para la toma de muestras de agua se recomienda no hacerlo después de la lluvia, ya que influye en los resultados obtenidos, de igual manera el sitio de la toma de muestra no debe sufrir alteraciones externas en el momento de las mediciones así como de la recolección, como levantamiento del sustrato o movimiento de rocas.

Finalmente, se recomienda establecer un cronograma de monitoreo, mismo que debe incluir al menos dos periodos de muestreo, por ejemplo: verano e invierno (época seca y época húmeda); con el fin de contrastar los valores obtenidos a diferentes condiciones climáticas, para un control de la calidad del agua.

REFERENCIAS

- Acosta. R, Rios. B, Rieradevall. M y Prat. N. (2008). *Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú*. Recuperado el 27 de Julio de 2015 de http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne28/L28a035_Calidad_rios_Andes_protocolo_CERA.pdf
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). (s.f.). *Toxicología del Amoníaco*. Recuperado el 20 de Abril de 2015 de http://www.atsdr.cdc.gov/es/pHs/es_pHs126.html
- Aguilar, A y Pérez, R. (Abril-Junio, 2008). La contaminación agrícola del agua en México: retos y perspectivas. *Revista Latinoamericana de Economía*, 39(153), 205-215.
- Algenfrei. (s.f.). *Valor del agua y sus consecuencias*. Recuperado el 8 de Marzo de 2014 de <http://es.algenfrei.com/es/valor-del-agua-y-sus-consecuencias.html>
- Ambientum. (s.f.). *Nitrógeno en el agua*. Recuperado el 8 de agosto de 2105 de http://www.ambientum.com/revista/2002_05/NTRGNO1.asp
- APHA (American Public Health Association). (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.(20th ed). Washington, Estados Unidos.
- Asociación de Municipalidades Ecuatorianas. (s.f.).*Cantón Espejo*. Recuperado el 15 de Marzo de 2015 de <http://www.ame.gob.ec/ame/index.php/ley-de-transparencia/74-mapa-cantones-del-ecuador/mapa-carchi/339-canton-espejo>
- Astorga, Y. (2013). *Guía para la aplicación de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) a nivel municipal*. Tegucigalpa, Honduras
- Baccaro, K.; Degorgue, M.; Lucca, M.; Picone, L.; Zamuner, E.; Andreoli, Y. (Diciembre, 2006). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras de cinturón hortícola de Mar del Plata. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 35(3), 95-110.

- Badii, M., Landeros, J., y Cerna, E. (2008). El recurso Agua y Sustentabilidad. *Waterresource and sustainability*. 3(1), 661-671.
- Bisset, J. (2002). *Uso correcto de insecticidas: control de la resistencia*. Ciudad de la Habana. Recuperado el 26 de Agosto de 2014 http://scielo.sld.cu/scielo.pHp?pid=s037507602002000300005&script=sci_arttext
- CALTECH. (s.f.). *Que es la Temperatura?*. Recuperado el 10 de Abril de 2015 de <http://legacy.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/>
- CENIACUA. (2009). *Análisis de las características Físico - Químicas de aguas y suelos de cultivos acuícolas intensivos y súper intensivos*. Bogotá, Colombia.
- Centro de investigación y desarrollo Mayaguez (CIDM). (s.f.). *Temperatura*. Recuperado el 10 de agosto de 2015 de <http://www.uprm.edu/portada/page.pHp?page=investigacion>
- Coordinadora Latinoamérica de Organizaciones del Campo (CLOC). (s.f.). *Agricultura en el Ecuador*. Recuperado el 20 de mayo de 2014 de <http://cloc-viacampesina.net/pt/temas-principales/reforma-agraria/93-reforma-agraria-ecuador>
- Coraspe. H y Tejera. S. (1996). Procedimiento para la toma de muestras de suelos. *FONAIAP DIVULGA*, (54).
- Corporación eléctrica del ecuador. (s.f.). Estudio de impacto ambiental definitivo de la línea de transmisión eléctrica santo domingo – esmeraldas de 230 kv y de la ampliación de la subestación eléctrica esmeraldas de 230/138/69 kv. Recuperado el 26 de Octubre de 2014 de https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/baners_home/EIA/cap1_lt_santo_domingo_esmeraldas.pdf
- Da Ros, G. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador: una aproximación económica*. Quito, Ecuador: Editorial AbyaYala.
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas (ONU-DAES). (s.f.). *Agua y Energía*. Recuperado el 20 de Abril de 2015 de http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_energy.shtml

- Dirección general Salud Ambiental (DIGESA). (s.f.). *Estándares de Calidad Ambiental del Agua*. Recuperado el 13 de Marzo de 2015 de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20E%20USO%204.pdf
- Encalada, A, Rieradevall, M, Ríos, B, García, N y Prad, N. (2011). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S)*. USFQ, UB, AECID, FONAG. Quito. Ecuador
- EPA. (1996). *Preparation of Soil Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies*. Washington DC, United States
- EPA. (1996). *Preparation of Water Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies*. Washington DC, United States
- FAO.(1996). *Producción de alimentos e impacto ambiental*.Italia: Food Agriculture Organization of theUnitedNations
- FAO.(1997). *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos*.Italia: FoodAgricultureOrganization of theUnitedNations
- Fundagro. (s.f.). *Análisis de los sistemas agropecuarios de los pequeños y medianos productores de la cuenca del Río El Ángel*. Carchi, Ecuador
- Gobierno Municipal Espejo. (s.f.). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del cantón Espejo*. El Ángel, Ecuador.
- Gómez, C. (2010). Conductividad de las disoluciones electrolíticas. Recuperado el 20 de Marzo de 2013 de http://ocw.uv.es/ciencias/1-1/teo_conductividad_nuevo.pdf
- Gonzales, F. (2011). *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 6 de Marzo de 2015 de <http://fgonzalesh.blogspot.com/2011/01/contaminacion-por-fertilizantes-un.html>
- Goyenola, G. (2007).*Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos*. Recuperado el 8 de agosto de 2015 de http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf
- Graff, M. (2010). *La escasez de Agua en el mundo y la importancia del Acuífero Guaraní para Sudamérica: Relación abundancia-escasez*. Argentina

- Guerrero, M. (2011). *Determinación del efecto del uso del suelo sobre la calidad de agua en la cuenca del río Sarapiquí*. Recuperado el 25 de Julio de 2014 de <http://www.uned.ac.cr/ecologiaurbana/?p=472>
- Hanna Instruments. (s.f). *Conductividad Eléctrica*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015 de <http://www.hannainst.es/catalogo-productos/medidores-de-bolsillo-o-testers/conductividad/medidores-de-bolsillo-de-tds-hi-98301-hi-98302-hi-98303--hi-98304-hi-98305-dist-1-dist-2-dist-3-y-dist-4-primo5>
- Hanna Instruments. (s.f). *pHmetro*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015 de <http://www.hannainst.es/catalogo-productos/medidores-de-bolsillo-o-testers/ph/tester-de-ph-hi-98106-98107-98108>
- Harrison, J. (2003). *El Ciclo del Nitrógeno*. Recuperado el 24 de Julio de 2015 de <http://www.visionlearning.com/es/library/Ciencias-de-la-Tierra/6/El-Ciclo-del-Nitr%C3%B3geno/98>
- Huang, J., Zhan, J., Yan, H., Wu, F., y Deng, X. (2013). *Evaluation of the Impacts of Land Use on Water Quality: A Case Study in the Chaohu Lake Basin*. Recuperado el 20 de Julio de 2014 de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3736410/>
- INAMHI. (2010). *Estudio de prospección geofísica y levantamiento hidrogeológico en la provincia del Carchi*. Quito, Ecuador.
- INIAP. (1998). *Metodología de laboratorio de suelos de la Estación Experimental Santa Catalina*. Quito. Ecuador.
- Jackson, M. (1970). *Análisis químico de los suelos. (2da ed.)*. Barcelona, España: Ediciones Omega S. A.
- La Guía Metas. (s.f.). *Medición de Turbidez en la Calidad del Agua. Metas y Metrólogos Asociados.10 (1)*. Recuperado el 9 de Marzo de 2015 de <http://www.metas.com.mx/guiamet/la-guia-metas-10-01-turbidez.pdf>
- Lamotte. (s.f.). *Turbidez*. Recuperado el 10 de Octubre de 2015 de <http://www.lamotte.com/en/water-wastewater/instrumentation/1970.html>

- Lenntech, (s.f.). *WaterTreatmentSolutions: Propiedades Químicas del Nitrógeno*. Recuperado el 13 de Marzo de 2015 de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/n.htm>
- Lenntech. (s.f.) *Nitrógeno*. Recuperado el 6 de agosto de 2015 de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/n.htm>
- Lenntech. (s.f.) *Por qué es importante el oxígeno disuelto?* Recuperado el 6 de agosto de 2015 de <http://www.lenntech.es/por-que-es-importante-el-oxigeno-disuelto-en-el-agua.htm#ixzz3iQ2SYdIS>.
- Macherey. (2014). *Analyses of drinking, surface, ground, process and wastewáter*. Recuperado el 1 de Agosto de 2015 de <http://mn-net.com/tabid/10703/Default.aspx>
- Macherey.(2014). *Analyses of drinking, surface, ground, process and waste wáter*. Recuperado el 1 de Agosto de 2015 de <http://mn-net.com/tabid/10703/Default.aspx>
- Mena. P, Josse. C y Medina. G. (2000). *Los Suelos del Páramo*. Quito. Ecuador: Abya Yala.
- Mihelcic, J y Zimmereman, J. (2012). *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Sustentabilidad y Diseño*. México D.F, México: Alfaomega Editor S.A
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. 2014. *MAGAP entregó kits para el cultivo de quinua en el Carchi*. Recuperado el 10 de Julio de 2014 de <http://www.agricultura.gob.ec/magap-entrego-kits-para-el-cultivo-de-quinua-en-el-carchi/>
- Munné, A.; Solà, C. & Prat, N. (1998). *QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera*. Tecnología del Agua, 175: 20-37
- Museo Nacional de Ciencias Naturales. (s.f.). *Determinación de la Demanda Química de Oxígeno*. Recuperado el 15 de Marzo de 2015 de http://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/dqo.pdf
- Nacional Atmospheric Deposition Program (NADP). (s.f.). *El Nitrógeno en la lluvia nacional*. Recuperado el 12 de Marzo de 2015 de <http://nadp.sws.uiuc.edu/lib/brochures/nbrochespanol.pdf>

- Navarra. (2008). *Oxígeno Disuelto*. Recuperado el 6 de agosto de 2015 de http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/OxigenoDisuelto.htm
- Oosterheld, M. (2008). *Impacto de la agricultura sobre los ecosistemas. Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes*. Recuperado el 27 de Agosto de 2014 de http://www.scielo.org.ar/scielo.pHp?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2008000300007
- Poats, S., Valencia, J. y Vallejo, I. (1998). *Hacia un desarrollo sostenible participativo en la subcuenca del río El Ángel*. Quito, Ecuador. Recuperado el 10 de Julio de 2014 de <http://www.condesan.org/publicacion/bgris/ecuador/ecuador1.htm>
- Ponce, F. (Marzo 2015). Agroquímicos. *Terralía*, 7(100), 54-83.
- ProfiLine. (s.f). Oxígeno Disuelto. Recuperado el 8 de Octubre de 2015 de http://www.wtw.de/fileadmin/upload//Flyer/ES/Folleto_8_ProfiLine_914-KB_ES-pdf.pdf
- ProfiLine. (s.f). *Temperatura*. Recuperado el 8 de Octubre de 2015 de http://www.wtw.de/fileadmin/upload//Flyer/ES/Folleto_8_ProfiLine_914-KB_ES-pdf.pdf
- Protocolo HIDRI. (s.f.) *Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos*. Recuperado el 25 de Julio de 2015 de https://aca-web.gencat.cat/aca/documents/ca/directiva_marc/manual_hidri_cas.pdf
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR). (s.f.). *Amoniaco*. Recuperado el 27 de Abril de 2015 de <http://www.prtr-es.es/NH3-amoniaco,15593,11,2007.html>
- Robartaigh. (s.f.). *El efecto de las bacterias Coliformes Fecales en el Medio Ambiente*. Recuperado el 15 de Abril de 2015 de http://www.ehowenespanol.com/efecto-bacterias-coliformes-fecales-medio-ambiente-info_291092/

- Romero, J. (2005). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño*. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, J. (2009). *Calidad del agua. (2da ed.)*. Bogotá, Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Scragg, A. (2001). *Biología Medioambiental*. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA S.A.
- Secretaría General de la Comunidad Andina. (s.f.). *El agua de los Andes, un recurso clave para el desarrollo e integración de la región*. Lima: Perú: Editorial San Isidro
- Sistema de información Ambiental de Colombia (SIAC). (s.f.). *Recursos Hídricos. Calidad de agua continental*. Recuperado el 7 de Marzo de 2015 de https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Siac/Indicadores%202013/Hojas%20Metodologicas/SIMA%20HM/61%20HM%20Fosforo%20totales%203.pdf
- Slivia, L. y Williams, D. (2001). Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality. *Water Research*, 35(14), 62-72.
- SMART. (s.f.). *La Conductividad Eléctrica del Agua*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015 de http://www.smart-fertilizer.com/articulos/conductividad-electricatemperatura_sp_06sep01.html
- Sotomayor, C., López, N y Jiménez, B. (2008). *Suministro confiable de agua para consumo humano*. México DF, México: Editorial Ciudad Universitaria.
- Stoorvogel, J., Jaramillo, R., Merino, R. y Kosten, S. (2002). *Plaguicidas en el Medio Ambiente*. Quito, Ecuador: Editorial Abya-Yala
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). (2003). *Criterios de Calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios*. Quito, Ecuador: Libro VI. Anexo 1.

- Thompson, L y Thoeh, F. (2002). *Los suelos y su fertilidad*. Editorial Reverte S.A.
- Thompson, L y Troefh, F. (2002). *Los suelos y su fertilidad*. Recuperado el 24 de Julio de 2015 de http://www.academia.edu/7716432/DENSIDAD_REAL_APARENTE_Y_POROSIDAD_DEL_SUELO
- Tolón, A y Lastra, X. (2010). La agricultura intensiva del poniente almeriense. Diagnóstico e instrumentos de gestión ambiental. *Revista Electrónica de Medioambiente*, (8), 18-40. Recuperado el 25 de Julio de 2014 de <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41214/tolonlastraponientealmeriense.pdf>
- Universidad de la Habana. (s.f.). *Efectos sobre el Medio Ambiente*. Recuperado el 10 de Abril de 2015 de http://www.fq.uh.cu/webeco/efectos_ambientales.htm
- University of Puerto Rico (UPR). (s.f.). *Nutrientes y Gases: Fosforo*. Recuperado el 11 de Marzo de 2015 de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-fosforo.pdf>
- University of Puerto Rico (UPR). (s.f.). *Parámetros Físico Químicos: Temperatura*. Recuperado el 11 de Marzo de 2015 de <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-temperatura.pdf>
- USGS (United States Geological Survey).(s.f.). *La Ciencia del Agua*. Recuperado el 10 de Marzo de 2015 de <http://water.usgs.gov/gotita/characteristics.html>
- Water Research Center. (s.f.). *pH in the Environment*. Recuperado el 8 de Marzo de 2015 de <http://www.water-research.net/index.php/pH-in-the-environment>
- World Health Organization (WHO). (s.f.). *Guidelines for Drinking-water Quality. Health criteria and other supporting information*. Recuperado el 15 de Marzo de 2015 de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol2p1.pdf
- Yanggen, C., Crissman, D. y Espinoza, P. (2002). *Los plaguicidas, Impactos en producción, salud y medio ambiente*. Quito, Ecuador: Editorial Abya-Yala

ANEXOS

Anexo 1: Formato de cadena de custodia

Estación			
Punto			
CARACTERIZACION GENERAL			
Localización Georreferenciada			
Punto de colección			
Fecha			
Hora			
Altitud			
MEDICIONES FISICOQUIMICAS			
Mediciones digitales In Situ			
Temperatura del agua			
pH			
Conductividad			
Oxígeno Disuelto			
Turbidez			
Observaciones			