



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

## **"ESTUDIO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ZULA EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD, CALIDAD Y APROVECHAMIENTO HÍDRICO DE SUS AFLUENTES"**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTORA: VERÓNICA ELIZABETH NÚÑEZ ESPINOZA**

**TUTORA: Dra. JENNY MORENO MORA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2017**

Se autoriza a la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: "**ESTUDIO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ZULA EN FUNCIÓN DE LA CANTIDAD, CALIDAD Y APROVECHAMIENTO HÍDRICO DE SUS AFLUENTES**" de responsabilidad de la Srta. Egresada Verónica Elizabeth Núñez Espinoza, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**FIRMA**

**FECHA**

Dra. Jenny Moreno Mora  
**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dra. Cumanda Carrera  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

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

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 6 de marzo del 2017.

**Verónica Elizabeth Núñez Espinoza**

**C.I 0603571126**

Yo, **Verónica Elizabeth Núñez Espinoza**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

**VERÓNICA ELIZABETH NÚÑEZ ESPINOZA**

## AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por guiarme y darme la sabiduría para sobreponerme a cada obstáculo presentado en el camino, y lograr culminar con una etapa de mi formación profesional.

A la Dra. Jenny Moreno, que gracias a sus conocimientos supo guiarme en cada paso para lograr el desarrollo y culminación de esta investigación.

A la Dra. Cumandá Carrera, por su tiempo y paciencia en cada duda discernida en esta ardua tarea.

A mi compañera de vida Mamita Preciosa, por estar siempre a mi lado con su apoyo incondicional.

A mi familia y amigos que con palabras de aliento ayudaron de cierta manera a culminar este trabajo.

*Verónica*

## DEDICATORIA

“Caminante no hay camino, el camino se hace al andar”. Porque el camino no fue fácil pero siempre está presente con su apoyo incondicional, porque nadie más que tú me sabes comprender, por eso y por todo quiero dedicar este trabajo de investigación a mi mami Albita gracias por ser mi mejor amiga, mi ejemplo de lucha, paciencia y perseverancia.

A mis dos angelitos que Dios me regalo, Ariel y Samir porque son el amor más puro que tengo, que con sus risas y llantos alegran mis días y me muestran una forma distinta de ver la vida, me impulsan a ser una mejor persona, por ser el motor de mi vida y porque por ustedes cualquier sacrificio vale la pena.

A mis queridos hermanos Marlene de los Ángeles y Luis Fernando, por todo su apoyo brindado y que con sus ocurrencias hacen más alegres mis días.

A ti amor, mi compañero sentimental Renato, por ser mi fuerza cuando más débil estuve, mi alegría en días de llanto, mi risa en momentos de enojo; por regalarme momentos únicos que estarán en mí toda la vida.

A mis sobrinos adorados Allan, Thomas y Gabriel; porque cada uno llena mi vida con sus sonrisas.

*Les Amo con mi alma.*

**Verónica**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xiv
SUMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
Situación problemática.....	1
Hipótesis.....	2
Justificación .....	2
OBJETIVOS .....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos.....	3
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
1.1 Marco filosófico o epistemológico de la investigación.....	4
1.2 BASE TEÓRICA .....	4
1.2.1 Cuenca Hidrográfica .....	5
1.2.2 Tipos de Cuencas Hidrográficas .....	6
1.2.3 Cuencas hidrográficas .....	7
1.2.4 Diagnóstico de las Cuencas Hidrográficas.....	7
1.3 Oferta y Demanda Hídrica .....	8
1.3.1 Oferta hídrica: .....	8
1.3.2 Demanda hídrica .....	9
1.4 Uso y potencial de los recursos naturales.....	10
1.4.1 Recursos naturales.....	10
1.4.2 Páramo .....	10
1.4.3 Páramos del Ecuador.....	11
1.4.4 Clasificación de los páramos.....	11
1.5 Calidad del agua.....	12
1.5.1 Parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos a considerar en la Calidad del Agua ....	13
1.5.2 Índice de Calidad del Agua .....	18
1.5.3 Macroinvertebrados Acuáticos.....	21
1.5.4 Índice BMWP/Col.....	24

## **CAPÍTULO II**

<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>26</b>
2.1 Métodos y Técnicas.....	26
2.1.1 Contacto con instituciones de apoyo.....	26
2.1.2 Líderes comunitarios.....	26
2.1.3 Selección de puntos de monitoreo.....	26
2.1.4 Recopilación de Información .....	30
2.1.5 Caudales.....	30
2.1.6 Muestreo.....	32
2.1.7 Índice de Calidad e Índices Biológicos del agua.....	35
2.2 Materiales, equipos .....	37

## **CAPÍTULO III**

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
3.1 Características del lugar .....	38
3.1.1 Localización .....	38
3.1.2 Ubicación Geográfica.....	38
3.1.3 Características Climáticas .....	38
3.1.4 Suelo.....	39
3.2 Cálculos.....	40
3.2.1 Caudales.....	40
3.2.2 Cálculos para parámetros físico-químicos e Índices Biológicos.....	42
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ....	46
3.3.1 Actividades Antrópicas .....	46
3.3.2 Factores Antrópicos .....	46
3.3.3 Oferta Hídrica .....	46
3.3.4 Oferta Hídrica del Río Zula.....	53
3.3.5 CALIDAD DEL AGUA .....	55
3.3.6 Relación entre parámetros Físicos – Químicos .....	65
3.3.7 Índice de Calidad del Agua.....	68
3.3.8 Índice Biológico.....	69
Relación de índice WQI vs índice BMWP .....	72
Relación Calidad – Cantidad – Actividades Antrópicas .....	73
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>78</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Técnicas y herramientas para recolectar información .....	7
Tabla 1-2 Criterios de clasificación de escasez.....	10
Tabla 1-3 Niveles de Oxígeno Disuelto .....	15
Tabla 1-4 Tabla Escala de nitratos en una masa de agua dulce. ....	16
Tabla 1-5 Parámetros para el cálculo del WQI .....	18
Tabla 1-6 Clasificación del ICA Propuesto por Brown .....	19
Tabla 1-7 Uso del agua según WQI.....	20
Tabla 1-8 Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para aplicar el índice BMWP/Col.....	24
Tabla 1-9 Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col., significado y colores para representaciones cartográfica. ....	25
Tabla 2-1 Ubicación Geográfica de los Puntos de Monitoreo .....	29
Tabla 2-2 Horario de Muestreo .....	33
Tabla 2-3 Métodos para la determinación de Parámetros Físico –Químicos y Microbiológicos	36
Tabla 2-4 Materiales y equipos utilizados en la investigación.....	37
Tabla 3-1 Ubicación Geográfica de la microcuenca del río Zula.....	38
Tabla 3-2 Clasificación Taxonómica de los suelos de Achupallas .....	39
Tabla 3-3 Datos para el cálculo del área, punto testigo .....	40
Tabla 3-4 Datos para el cálculo del área, punto testigo .....	40
Tabla 3-5 Datos para el cálculo del área, punto testigo .....	40
Tabla 3-6 Datos para el cálculo del área, punto testigo .....	41
Tabla 3-7 Determinación del tiempo.....	41
Tabla 3-8 Valores obtenidos de la medición de Oxígeno Disuelto en el Río Zula .....	43
Tabla 3-9 Cálculo del ÍndiceWQI para el punto testigo.....	44
Tabla 3-10 Calculo del Índice BMWP para el punto testigo. ....	45
Tabla 3-11 Precipitación mensual.....	46
Tabla 3-12 Valoración de caudal de los meses de monitoreo. ....	47
Tabla 3-13 Relación Caudal vs Precipitación del PUNTO TESTIGO .....	48
Tabla 3-14 Relación Caudal vs Precipitación del PUNTO 2 .....	49
Tabla 3-15 Relación Caudal vs Precipitación del PUNTO 3 .....	50
Tabla 3-16. Relación Caudal vs Precipitación del Punto 4 .....	51
Tabla 3-17 Demanda de uso de la microcuenca del río Zula .....	53
Tabla 3-18 Índice de escasez respecto a la oferta .....	54
Tabla 3-19 Resultados de OD .....	55

Tabla 3-20 Resultados de análisis de Coliformes Fecales .....	56
Tabla 3-21 Resultados de pH .....	57
Tabla 3-22 Resultados de temperatura promedio.....	59
Tabla 3-23 Resultados de DBO <sub>5</sub> .....	60
Tabla 3-24 Resultado de Turbidez .....	61
Tabla 3-25 Resultados de nitratos .....	62
Tabla 3-26 Resultados de fosfatos .....	63
Tabla 3-27 Resultado de Sólidos Totales .....	64
Tabla 3-28 Relación OD vs $\Delta T$ .....	65
Tabla 3-29 Relación OD vs DBO <sub>5</sub> .....	66
Tabla 3-30 Relación solidos totales vs altura.....	67
Tabla 3-31 Resultados de índice de calidad del agua.....	68
Tabla 3-32 Resultados de monitoreo del índice BMWP .....	70
Tabla 3-33 Ordenes y familias encontradas .....	71
Tabla 3-34 Valores de índice WQI vs índice BMWP de la micrcuenca del río Zula .....	72
Tabla 3-35 Valoración de la cantidad – calidad y actividades antrópicas de la microcuenca.....	73

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1 Valores de precipitación en tiempo de la investigación .....	47
Gráfico 3-2 Resultado de la medición de caudales .....	48
Gráfico 3-3 Relación Caudal vs Precipitación de la zona .....	49
Gráfico 3-4. Relación Caudal vs Precipitación de la zona .....	50
Gráfico 3-5. Relación Caudal vs Precipitación de la zona .....	51
Gráfico 3-6 Relación Caudal vs Precipitación de la zona PUNTO 4.....	52
Gráfico 3-7 Demanda de uso de la microcuenca del río Zula .....	53
Gráfico 3-8 Valoración del Oxígeno Disuelto Promedio.....	55
Gráfico 3-9 Variación de Coliformes Fecales (UFC/100mL).....	56
Gráfico 3-10 Variación de pH promedio .....	58
Gráfico 3-11 Variación de temperatura promedio .....	59
Gráfico 3-12 Variación de la DBO5 .....	60
Gráfico 3-13 Valoración de Turbidez .....	61
Gráfico 3-14 Variación de Nitratos.....	62
Gráfico 3-15 Variación de fosfatos .....	63
Gráfico 3-16 Variación de Sólidos Totales .....	64
Gráfico 3-17 Relación Oxígeno Disuelto vs Cambio de Temperatura .....	65
Gráfico 3-18 Relación Oxígeno Disuelto vs DBO <sub>5</sub> .....	66
Gráfico 3-19 Relación Sólidos Totales vs Altura.....	67
Gráfico 3-20 Variación WQI .....	69
Gráfico 3-21 Variación del Índice BMWP .....	70
Gráfico 3-22 Relación de los índices WQI y BMWP .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Cuenca Hidrográfica.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 1-2 Partes de una cuenca hidrográficas.....	6
Figura 1-3 Tamaños relativos de cuenca, subcuenca y microcuenca.....	6
Figura 1-4 . Macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua .....	22
Figura 1-5 Dípteros, macroinvertebrados acuáticos indicadores de aguas de baja calidad.....	23

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 2-1 Selección de los puntos de monitoreo .....	27
Foto 2-2 Selección del punto de aforo .....	31

## **RESUMEN**

La investigación tuvo como objetivo conocer la calidad, cantidad y aprovechamiento hídrico de la microcuenca del Río Zula de la parroquia de Achupallas, provincia de Chimborazo, para lo cual se realizó el análisis y valoración de parámetros físico-químicos, microbiológicos y biológicos a través del Índice de calidad (WQI) y el Índice de Sensibilidad Biológica BMWP (macroinvertebrados), empleando el método de muestreo simple y para la determinación del caudal se efectuó mediante el método del flotador, en 4 puntos de monitoreo seleccionados en 13,02 Km de la microcuenca, se efectuaron 4 muestreos una vez cada mes en el periodo septiembre – diciembre del 2015. Como resultado del caudal se obtuvo 10,46 L/s el cual es destinado para riego; la oferta hídrica total es de 74,46 L/s, y la oferta neta es de 48,68 L/s; valores que demuestran un equilibrio favorable en la microcuenca para el periodo de monitoreo; mientras que acuerdo con el índice WQI la calidad del agua de la microcuenca del río Zula es de buena en los cuatro puntos de monitoreo con un promedio de 73,18%, sin embargo el índice BMWP demuestra que la calidad del agua en los dos primeros puntos aceptable con un valor promedio de 66,6% y en los dos puntos siguientes su calidad es dudosa con un valor de 38,7% respectivamente; de forma general se puede decir que el agua de la microcuenca se encuentra en buenas condiciones; sin embargo es necesario que se tomen medidas preventivas como la elaboración de Planes de Manejo Ambiental con medidas sustentables y sostenibles para evitar niveles de contaminación altos que permitan conservar el ecosistema en óptimas condiciones mediante la participación activa de las comunidades que están cerca al curso hídrico.

## **PALABRAS CLAVE**

<TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <BIOTECNOLOGÍA> <CALIDAD DEL AGUA> <ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA> <MUESTREO DE AGUA> <ACTIVIDADES ANTRÓPICAS> <MACROINVERTEBRADOS> <PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS>

## **SUMMARY**

The objective of this research was to know the quality, quantity and water use of the Zula river micro- watershed from Achupallas parish, Chimborazo province. Therefore, the simple sampling method was used to analysis and evaluate the physical and chemical parameters, microbiological and biological through of the Water Quality Index (WQI) and Biological Monitoring Party (BMWP) macroinvertebrados. And the float method was used in order to establish the flow in 4 selected monitoring points into 13,02 Km from micro- watershed. 4 samples were taken, one every month during September – December 2015. The results of the flow obtained were 10,46 L/s intended for irrigation; the total water supply is 74,46 L/s and the net offer is 48,68 L/s; data that shows a favorable balance in the micro- watershed to the monitoring period. On the other hand, the quality of the water from Zula river micro- watershed is good in the 4 monitoring points with an average of 73,18% according to the WQI index. However, the BMWP index shows that the quality of the water in the first two pints are acceptable with an average value of 66,6% and in the following two points its quality is doubtful with a value of 38,7% respectively. In general, the water from the micro- watershed is in good condition, however. It is necessary to take preventive measures such as the development of environmental management plans with sustainable and maintainable measures to avoid high levels of pollution that allows to preserve the ecosystem in optimal conditions through the active participation of communities that are close to the water course.

## **KEY WORDS**

<TECHNOLOGY AND ENGINEERIGN SCIENCES> <BIOTECHNOLOGY> <WATER QUALITY> <WATER QUALITY INDEX> <WATER SAMPLING> <ANTHROPIC ACTIVITIES> <MACROINVERTEBRATES> <PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS

## **INTRODUCCIÓN**

### **Situación problemática**

Ecuador ha sufrido la degradación de importantes ecosistemas lo cual constituye un problema ambiental y social que cada vez se agrava, siendo muy difícil encontrarlos en sus condiciones originales.

Los páramos son una parte importante de biodiversidad a escala de ecosistemas, que se presentan en Ecuador gracias a la situación ecuatorial, la presencia de la cordillera de los Andes, la existencia de una fuente húmeda amazónica y de varias corrientes frías y cálidas frente a las costas (Mena, y otros, 2000);

Los páramos de la provincia de Chimborazo son una fuente de agua natural, con un aporte de ríos y microcuencas, ostentan una gran riqueza biológica, geográfica, social y económica que apoya a su gran valor ecológico. Con una extensión de 648.124 Ha, poseen más de 236.000 hectáreas de ecosistema páramo (36,9% de la superficie de la provincia), y otras 83.800 hectáreas de bosque andino y altoandinos (13,1%). A nivel nacional, esto representa el 17,7% del total de superficie de páramo. (Mena, y otros, 2006)

La Parroquia de Achupallas es considerada como una zona con un alto valor ambiental por tener diversos ecosistemas como páramos, humedales y bosques que cumplen destacadas funciones naturales de almacenar y regular los flujos hídricos subterráneos y superficiales que dan como resultado un importante sistema lacustre, no dejando de lado las ciénegas y pantanos que están distribuidos en toda la parroquia. El sistema hídrico de la zona está constituido por tres microcuencas principales: Zula, Ozogoché y Juval, las cuales forman un punto de origen de importantes cuencas hidrográficas como son la de los ríos Guayas, Pastaza y Santiago.

Pese a ser una zona de vital importancia debido a las características hídricas antes mencionadas, la microcuenca carece de un estudio técnico específico sobre la calidad, cantidad y aprovechamiento hídrico que permita contar con datos reales que permitan la toma de decisiones y elaboración de planes de manejo de la microcuenca dentro de un marco de sostenibilidad y sustentabilidad.

Actualmente el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo ha desarrollado un proyecto macro de estudio ambiental cuyo principal interés es conservar los recursos naturales, entonces surge la necesidad de contar con una serie de parámetros técnicos debidamente analizados con respecto a las características del agua de la microcuenca en función

de su calidad, cantidad y aprovechamiento, que constituya una línea de partida para la elaboración de efectivos planes de manejo hídrico que beneficien a la población y al ambiente.

### **Hipótesis**

No existe una buena calidad, cantidad y aprovechamiento del agua de la microcuenca del río Zula.

### **Justificación**

El agua dulce es vital para todas las formas de vida, es considerada como el solvente químico universal y ante la evidente contaminación se considera la importancia de su conservación.

El Consejo Provincial de Chimborazo ante la falta de información ha considerado la imperiosa necesidad de realizar un estudio en la zona para conocer el grado de afectación por la actividad humana en el ciclo de almacenamiento hídrico y su calidad, con miras a lograr la aplicación de prácticas sostenibles para la conservación aprovechamiento y protección de los recursos naturales, dotando de su apoyo técnico y financiero para evitar el deterioro de la calidad y cantidad del agua de la microcuenca del río Zula.

Las comunidades de la zona realizan diferentes actividades agrícolas sin un conocimiento técnico de prevención y/o de la debida regulación, por esta razón se desconoce la capacidad de la microcuenca del río Zula para soportar un cambio drástico de caudal y en la calidad de agua, que también afectará al suelo, su capacidad de retención de agua.

La agricultura constituye una de las actividades económicas principales de la parroquia Achupallas, el agua es el insumo más utilizado e incluso más que los fertilizantes, las semillas o los pesticidas. Se utiliza para riego, fertirriego, control de enfermedades y plagas en la producción agrícola y ganadera.

Un estudio de la cantidad, calidad y aprovechamiento del agua de la microcuenca del río Zula, permitirá contar con una herramienta de gestión y manejo de la microcuenca que permita a corto, mediano y largo plazo tomar las mejores decisiones en función de las necesidades de conservación del ambiente, así como también de la población sectorial.

La calidad del agua de la microcuenca está relacionada directamente con la cantidad existente en el lugar debido a que ésta varía de acuerdo a la época climática del año; la presente investigación permitirá contar con un conjunto de parámetros para determinar la calidad, cantidad y aprovechamiento hídrico de la microcuenca, y de esta manera tener un criterio técnico acerca del

grado de contaminación existente y las condiciones actuales del agua de la microcuenca del río Zula.

El presente estudio consecuentemente constituye un aporte para la alimentación de información de microcuencas del GAPCH, que estará a disposición del público en general y servirá para elaborar planes de manejo ambiental, proyectos de producción agrícola y ganadera del sector de la microcuenca del río Zula

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Estudiar la microcuenca del río Zula en función de la cantidad, calidad y aprovechamiento hídrico de sus afluentes.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar los puntos de muestreo en la microcuenca del río Zula, en función de los requerimientos técnicos como: accesibilidad, características de la zona, caudal.
- Establecer la oferta hídrica ( $m^3/s$ ) de la microcuenca del río Zula, en diferentes condiciones de aprovechamiento de los recursos naturales.
- Caracterizar el agua utilizando los índices de calidad WQI e índices biológicos por bioindicadores (Índice BMWP).
- Determinar el grado de afectación de las actividades antropogénicas, mediante los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua del río Zula.

## **CAPÍTULO I**

### **1 MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 Marco filosófico o epistemológico de la investigación**

El agua es la base principal para la existencia del planeta, ya que, en ella, hace millones de años se albergó la vida en forma de células, las mismas que cada vez fueron desarrollándose en primitivas criaturas para luego dar origen a la mega diversidad que hoy en día existe en el planeta, como los animales, plantas, peces y el hombre.

El 97% del agua en la tierra se encuentra en los océanos y mares de agua salada, únicamente el 3% es agua dulce, de este total 79% se encuentra en los polos y en las cumbres de las montañas en estado sólido, el 20% están en las aguas subterráneas, el 1 % se hallan en las superficies accesibles; del 1% es sólo el 52% forman lagos, el 38% se hallan en la humedad del suelo, el 8% en agua contenida en la atmósfera, el 1% es agua que está presente en los organismos vivientes y el 1% está en ríos y lagos. (ROJAS, 2006 pág. 116).

A pesar de la gran importancia del agua, se debe tener presente que la cantidad de agua dulce es muy poca a comparación con el agua salada encontrada en los océanos, y ésta se encuentra cada vez más contaminada por las actividades antropogénicas que dañan la calidad del agua y reducen su disponibilidad para el uso agrícola, doméstico y consumo humano.

#### **1.2 BASE TEÓRICA**

### 1.2.1 Cuenca Hidrográfica

#### Definición

“Es una unidad hidrológica que ha sido descrita y utilizada como unidad físico-biológicas y también, en muchas ocasiones, como una unidad socioeconómica- política para la planificación y ordenación de los recursos naturales” (Sheng, 1992 pág. 47).

Es el espacio delimitado por la línea divisoria de las aguas, formado por un sistema que conduce sus aguas a un río principal, a un río más grande, un lago o a mar. Es una unidad hidrológica que ha sido descrita y utilizada como unidad físico-biológica y también, en muchas ocasiones, como una unidad socioeconómica-política para la planificación y ordenación de los recursos naturales.



**Figura 1-1 Cuenca Hidrográfica**

Fuente: World Vision, 2010

Los recursos naturales se encuentran en la cuenca hidrográfica, la infraestructura generada por el hombre en la que ha desarrollado sus actividades económicas y sociales que a su vez conlleva a efectos beneficiosos, pero también negativos para el ecosistema como para el bienestar humano.

Las partes que conforma una cuenca hidrográfica dependen del criterio a utilizar.

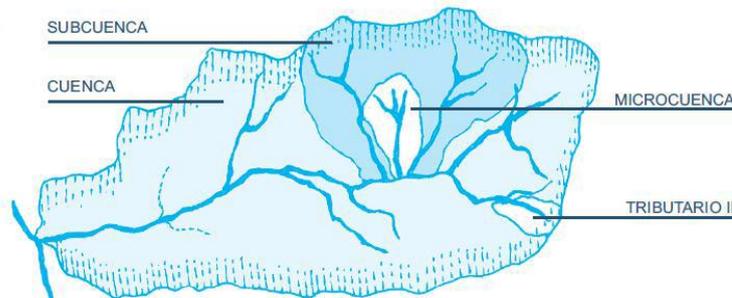


**Figura 1-2** Partes de una cuenca hidrográficas

Fuente: World Vision, 2010

### 1.2.2 Tipos de Cuencas Hidrográficas

Las cuencas hidrográficas tienen una clasificación en espacios definidos que es el resultado de la relación del drenaje superficial y la importancia del curso hídrico principal. Los espacios que dividen la cuenca están definidos por el trayecto de la red hídrica, dando como resultado a las subcuencas, microcuencas y quebradas. (WORLD, 2010 pág. 12)



**Figura 1-3** Tamaños relativos de cuenca, subcuenca y microcuenca

Fuente: (Zury, 2008)

**La subcuenca** tiene territorios que van desde 150 a 1000 km<sup>2</sup>, las aguas superficiales y subterráneas alimentan a las cuencas y en la mayor parte comprende cuencas de segundo orden.

**La microcuenca** es una pequeña unidad geográfica que se basa en un enfoque social, económico y territorial hidrológico, donde viven familias que utilizan y manejan los recursos disponibles, abarca una superficie que puede ir desde 15 a 150 km<sup>2</sup>. Es un área natural donde fluyen las

primeras aguas hacia los colectores comunes de orden mayor, limitado por los filos de cerros, las laderas y los valles o por la línea divisora de aguas. (Zury, 2008 pág. 55)

### 1.2.3 Cuencas hidrográficas

Es la clasificación, síntesis y evaluación integral del territorio, es un camino precedente al inicio de nuevos proyectos que facilitan conocer la realidad local mediante aspectos socioeconómicos y biofísicos presentes en la cuenca o microcuenca. Esta fase comprende la distribución, interpretación, recopilación y evaluación de información de fuentes primarias y secundarias que son ejecutadas por el equipo técnico y la participación de los representantes privados, públicos y comunitarios. (Zury, 2008 pág. 65)

### 1.2.4 Diagnóstico de las Cuencas Hidrográficas

El diagnóstico es un paso previo al comienzo de nuevas actividades o proyectos, que nos dan a conocer aspectos biofísicos, socioeconómicos y ecológicos existentes en una microcuenca, para lo cual es necesario la participación de las comunidades locales para el desarrollo del proyecto, por ser quienes conocen información necesaria para analizar los problemas y las posibles soluciones en la interacción. (World, 2005 pág. 42)

**Tabla 1-1** Técnicas y herramientas para recolectar información

<b>Técnicas para recolectar información</b>	<b>Herramientas</b>
Conversación informal con actores de la comunidad Entrevistas y cuestionarios Observación directa Informantes claves Estudios de caso Sondeos Talleres participativos Revisión de información secundaria (Bibliografía)	Elaboración Diagrama de tortilla Priorización de problemas Mapas de servicios Línea de tiempo Mapa de recursos naturales y uso de la tierra Calendarios estacionales de actividades con enfoque de género Análisis de beneficios

Fuente: World Vision, 2010

### 1.3 Oferta y Demanda Hídrica

#### 1.3.1 Oferta hídrica:

Está relacionada con la disponibilidad de agua que el ciclo hidrológico provee en un periodo, es la cantidad de agua que corresponde a la estimación de caudal de los ríos principales de la microcuenca. La oferta total de la microcuenca se establece mediante la sumatoria entre la oferta hídrica y la demanda de la microcuenca. Los resultados se ajustan considerando una reducción de la oferta real del 40%. (Avalado por la UNESCO) que está representado como caudal para mantener el régimen hidrológico mínimo y sostenimiento de los ecosistemas y en las limitaciones en la disponibilidad de agua para diferentes usos por las alteraciones de la calidad del agua.

#### ✓ Caudal

El caudal es la cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal, se puede medir por varios métodos, esto dependerá de las condiciones del sitio, la unidad utilizada es el  $1\ 000\ \text{L/s} = 1\ \text{m}^3/\text{s}$ . Uno de los métodos más utilizados es el Método del Flotador.

#### *Método del flotador*

Este método relaciona el área de la sección y la velocidad del agua, puede utilizarse como flotador un cuerpo pequeño como un corcho, trozo de madera o pelota plástica que sea capaz de estar suspendida en el agua esto es utilizado cuando no se cuenta con el equipo de medición o en los siguientes casos:

- ✓ Excesiva velocidad del agua
- ✓ Presencia de cuerpos o entidades extrañas en el curso hídrico lo cual impide el uso de los equipos de medición.
- ✓ Cuando se ve en riesgo la vida del que realiza la práctica.

La metodología a seguir para aplicar la medición de caudal mediante el método del flotador comprende varias etapas:

- Seleccionar un tramo que puede ir de 10 a 30 m de largo que sea uniforme y el agua fluya el agua sin inconvenientes.
- Se señala la longitud escogida en el terreno, se toma el tiempo que el flotador demora en recorrer del primero al segundo punto. Se deberá repetir de 3 a 5 veces.
- Se divide la longitud de la trayectoria seleccionada para el tiempo que demora el flotador, dando como resultado la velocidad del curso del agua.

Para su cálculo se aplicará la fórmula:

$$Q = A * v * fc$$

$$V = \frac{e}{t}$$

Dónde:

$v$  = velocidad en m/s

$e$  = espacio recorrido en m del flotador

$t$  = tiempo en segundos del recorrido por el flotador

$A$  = área de la sección transversal

$fc = 0,66$  factor de corrección para río o quebrada (método del flotador)

$Q$  = caudal

### 1.3.2 Demanda hídrica

La demanda hídrica depende del uso del agua como: doméstico, riego, abrevadero e industrial los cuales serán tomados en cuenta. Cada diferente uso tiene exigencias de calidad o características fisicoquímicas y biológicas, por lo que el análisis de oferta y demanda no se realiza exclusivamente en términos cuantitativos de rendimientos o caudales.

El índice de escasez representa la demanda como porcentaje de la oferta, y para su evaluación se tiene las categorías descritas a continuación:

**Tabla 1-2** Criterios de clasificación de escasez

<b>Categoría</b>	<b>Índice de escasez</b>	<b>Características</b>
No significativo	Menor 1%	Demanda no significativa en relación a la oferta
Mínimo	1-10%	Demanda muy baja con respecto a la oferta
Medio	11- 20%	Demanda baja con respecto a la oferta
Medio alto	21 – 50%	Demanda apreciable
Alto	Mayor 50%	Demanda alta con respecto a la oferta

Fuente: [http://www.unesco.org.uy/libros/VI Jornadas/A13.pdf](http://www.unesco.org.uy/libros/VI_Jornadas/A13.pdf)

## **1.4 Uso y potencial de los recursos naturales**

### **1.4.1 Recursos naturales**

Son aquellos elementos que se encuentran presentes en la naturaleza y que son tomados para ser modificados o explotados para satisfacer las necesidades del ser humano, los elementos de la naturaleza son convertidos a medida que la sociedad los valora, desarrollan interacciones dinámicas en ecosistemas que reúnen factores bióticos y abióticos en el ambiente siendo una unidad compuesta por organismos interdependientes.

Se debe conocer las relaciones existentes entre los seres vivos y su entorno ya que cualquier variación que pueda ocurrir tendrá consecuencias en sus demás componentes ya que los ecosistemas son sistemas complejos. El tipo de vegetación puede ser un límite que establezca un ecosistema terrestre, como puede ser el caso de los páramos donde hay pajonales.

El recurso hídrico es favorecido debido a la interacción que se da con el ecosistema páramo ya que ayuda a la conservación de manera importante.

### **1.4.2 Páramo**

Constituyen una estructura especial que se debe a la combinación de materia orgánica que se descompone lentamente en el clima frío, con ceniza volcánica, los suelos de los páramos tienen origen glacial y volcánico siendo la base para el servicio ambiental fundamental, el almacenamiento y distribución del agua a sitios donde se usa para riego, agua potable. Se

encuentran sobre el límite de bosque cerrado en los Andes, son de clima frío, frágil y para el uso productivo es limitado.

La importancia del páramo es que actúa como una esponja natural que sirve como reservorio de humedad que ayuda a nacimiento y regulación de ríos, este ecosistema ha sido aprovechado por muchos años para la obtención de agua para las diferentes actividades que desarrolla la población que habita en estos lugares.

### **1.4.3 Páramos del Ecuador**

Los páramos son ecosistemas semihúmedos y fríos que cuentan con una biodiversidad extensa tanto en flora, fauna y paisajes que en Ecuador se encuentran formando un corredor casi intacto sobre la Cordillera de los Andes, que actúa como regulador hídrico siendo beneficioso para los habitantes de las poblaciones ya que son utilizadas para sus actividades agrícolas que son desarrolladas con prácticas muy tradicionales.

Existen especies endémicas adaptadas a estas condiciones climáticas extremas que generan un equilibrio en el ecosistema que es de gran biodiversidad por sus condiciones geográficas y ecológicas, pero que con el pasar del tiempo han sido modificadas por el ser humano, lo cual nos ayudan a comprender de mejor manera la problemática que existe en este lugar.

### **1.4.4 Clasificación de los páramos**

#### **a) Posición Geográfica**

En Ecuador se han establecido según su posición latitudinal en los Andes los páramos ubicados en los Andes del norte, centro y sur, ubicados en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha como páramos de la Sierra Norte; los que se encuentran en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo son páramos de la Sierra Centro y los páramos de Cañar, Azuay y Loja son páramos de la Sierra Sur. (Camaren, 2006 -2007)

#### **b) Altitud**

En Ecuador varían la altitud encontrándose por lo general sobre la línea de bosques continuos o andinos, su usa la medida de 3500 msnm como límite inferior, pero diferentes factores como son el caso de las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas hacen que varíe encontrando

páramos desde 2800 msnm, también como bosques cerrados hasta los 4000 msnm. (Medina, y otros, 2002)

### **c) Condiciones Climáticas**

Existe una diferencia muy marcada entre el día y la noche ya que se puede decir que verano es en el día, mientras que invierno es en la noche; durante todo el año es estable su clima.

### **d) Vegetación**

La vegetación de los páramos del Ecuador es diversa y depende de factores como la situación ecuatorial, la presencia de la cordillera de los Andes y la Sierra menor, la existencia de una fuente perhumeda amazónica y de varias corrientes marinas frías y cálidas frente a las costas.

Medina y Hofstede mediante diversos estudios realizados por zonificación proponen la siguiente clasificación:

- ✓ Páramos húmedos con ciénagas, humedales, lagunas, pajonales y almohadillas, con precipitación entre 2000 – 3000 mm.
- ✓ Páramos semihúmedos con humedales y una precipitación entre 800 – 1000 mm.
- ✓ Páramos secos sobre arenales, o rocas donde la paja más común (*Calamagrostis intermedia*) es remplazada en gran parte por *Stipa ichu*
- ✓ Superpáramo en las montañas más altas donde pocas especies vegetales pueden sobrevivir a las condiciones edáficas y climáticas sobre los 4200 msnm
- ✓ Páramos de altura ubicados entre 3600 – 4000 msnm, con una precipitación entre 600 – 1000 mm.
- ✓ Páramos secos de altura media ubicados entre 2800 – 3500 msnm con precipitaciones de 500 – 700 mm.

## **1.5 Calidad del agua**

La calidad del agua puede ser considerada como una medida de la idoneidad para un uso particular basado en características físicas, químicas y biológicas seleccionadas. Para determinar la calidad del agua, primero se debe cuantificar y analizar sus características tales como: la temperatura, el contenido mineral disuelto, cantidad de microorganismos. Los resultados se comparan con los

estándares y directrices numéricos de la normativa vigente para decidir si el agua es apta para un uso particular. (Romero, 2007).

Se usa diferentes términos para describir la calidad el agua y es necesario tenerlos en claro para evitar errores; como por ejemplo la contaminación que significa introducir condiciones indeseables a un agua, volviéndola de mal gusto, olor y no es apta para el consumo humano. En la naturaleza no encontramos aguas puras, es mejor hablar de agua segura que sería aquella que es apta para el consumo, y agua potable que a más de ser segura cumple con las condiciones físicas, químicas y biológicas.

El concepto de agua segura tiene un valor relativo y no absoluto, es decir que de acuerdo con la técnica y métodos disponibles se pueden afirmar que un agua es segura cuando no existe evidencia de peligro para la salud del ser humano. (Romero, 2007)

### **1.5.1 Parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos a considerar en la Calidad del Agua**

Las características físicas y químicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua.

- **Turbiedad**

Es la presencia de partículas de diversas dimensiones que van desde 10nm hasta de 0,1nm, que se pueden dar por la presencia de arena, limos, coloides orgánicos, plancton. En época de lluvia el aporte de materia mineral causa un aumento de turbidez en los afluentes hídricos. El agua de consumo humano se relaciona con valores altos de turbidez con la aparición de bacterias y virus. (Marín Rafael, 2003). Es una medida de la dispersión de la luz en una columna de agua por la materia en suspensión, cuando existen niveles altos de turbidez es más nublado el agua lo que puede causar la pérdida de capacidad de soportar una amplia variedad de plantas y otros organismos acuáticos. La turbidez tiene como unidades nefelométricas (NTU por sus siglas en inglés).

- **Temperatura**

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, se mide en grados Fahrenheit (F°) o en grados Celsius (C°), pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, absorción de oxígeno, precipitación de compuestos, formación de depósitos, desinfección y los procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente. Este parámetro debe ser tomado in-situ, con un termómetro previamente calibrado, de manera que el porcentaje de error sea muy leve. (Leiva, 2004 pág. 150)

- **Ph**

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección.

Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9. Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un álcali (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación. En algunos casos, se requerirá volver a ajustar el pH del agua tratada hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes.

Se considera que el pH de las aguas tanto crudas como tratadas debería estar entre 5 y 9. Por lo general, este rango permite controlar sus efectos en el comportamiento de otros constituyentes del agua. (Barrenechea Marte, A)

- **Oxígeno disuelto (OD)**

Su presencia es esencial en el agua; proviene principalmente del aire. Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua, puede indicar contaminación elevada, es por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación. (Marín Rafael, 2003).

Su determinación es importante ya que es un factor que indica las condiciones aeróbicas o anaeróbicas en un medio particular, sirve como base para la cuantificación de DBO, tasas de aireación y grado de polución de los ríos.

El caudal de un arroyo de montaña o un río grande, contiene mucho oxígeno disuelto, mientras que en el agua estancada es escaso; bacterias existentes en el agua pueden consumir oxígeno al descomponerse la materia orgánica por lo que el exceso de dicha materia en ríos y lagos puede

hacer que escasee el oxígeno provocando un problema para la vida acuática, especialmente en época de verano. (STUDHOLME, 2012 pág. 89)

**Tabla 1-3** Niveles de Oxígeno Disuelto

Nivel de OD (ppm)	Calidad del agua
0,0 - 4,0	Mala
4,1 - 7,9	Aceptable
8,0 – 12,0	Buena
12,0 +	Repita la prueba

Fuente: [www.ksciencie.org](http://www.ksciencie.org)

Para el cálculo químico del oxígeno disuelto se utiliza la siguiente fórmula:

$$OD \frac{mg}{L} = \frac{V * N(Na^2SO^3) + Oxigeno \left( \frac{Eqq}{Peso\ mol} \right) * 1000}{VM - 4}$$

Dónde:

$OD \frac{mg}{L}$  = Oxígeno Disuelto

$VM$  = Volumen de ( $Na_2SO_3$ ) gastado

$N(Na^2SO^3)$  = Normalidad de Tiosulfato de Sodio

$VM$  = Volumen de muestra

1000 = Factor de Conversión

- **Nitritos**

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos.

Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua.

**Tabla 1-4** Escala de nitratos en una masa de agua dulce.

Nivel NO <sub>3</sub> -N ( ppm)	Calidad del agua
0 - 1,0	Excelente
1,1 - 3,0	Buena
3,1 - 5,0	Aceptable
5,0 o más	Mala

Fuente: www.ksciencie.org

- **Fosfatos**

Las especies químicas de fósforo más comunes en el agua son los ortofosfatos, los fosfatos condensados (piro-, meta- y polifosfatos) y los fosfatos orgánicos. Estos fosfatos pueden estar solubles como partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos.

Es común encontrar fosfatos en el agua, son nutrientes de la vida acuática y limitante del crecimiento de las plantas. Sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos, con acumulación de sedimentos. (Barrenechea Marte, A)

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno: DBO<sub>5</sub>**

Es una de las principales reacciones que ocurre en los cuerpos naturales de agua es la oxidación microbiana de la materia orgánica ejercida por los microorganismos heterotróficos. La determinación de la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO<sub>5</sub>) es útil para definir la concentración de la materia orgánica que está presente en aguas residuales, se da a 20°C en un tiempo de cinco días en condiciones aeróbicas, la DBO mide la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable (Romero, 2007 pág. 98).

Materia orgánica + O<sub>2</sub> + nutrientes → CO<sub>2</sub> + nuevas células + nutrientes + energía

Para el cálculo de la DBO<sub>5</sub> se aplica la fórmula:

$$DBO_5 \frac{mg}{L} = \frac{(V_2 - V_1) * N(Na_2SO_3) * Oxigeno \left( \frac{Eqq}{peso\ mol} \right) * 1000}{VM - 4}$$

Dónde:

$DBO_5 \frac{mg}{L}$  = Demanda Bioquímica de Oxígeno

$V_2(ml)$  = volumen de ( $Na_2SO_3$ ) gastado el quinto día

$V_1(ml)$  = volumen de ( $Na_2SO_3$ ) gastado el primer día

$N(Na_2SO_3)$  = normalidad de tiosulfato de Sodio

$VM(ml)$  = volumen de muestra

1000 = Factor de conversión

- **Coliformes totales**

Las bacterias del género coliformes se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales.

Los coliformes se introducen en gran número al ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre.

- **Sólidos Totales**

Es la materia disuelta suspendida luego de ser evaporada y posteriormente secada a  $103^\circ C$  –  $105^\circ C$ , los sólidos disueltos están presentes en el agua y son pequeñas por lo que sólo pueden ser filtradas en una malla de 2 micrómetros o menos, pueden afectar negativamente a la calidad de una masa de agua por tal motivo su determinación es necesaria como indicador; los sólidos en suspensión son partículas no disueltas que no se puede filtrar, y los sólidos sedimentables son los que se hallan suspendidos o disueltas e incluyen partículas grandes o insolubles. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos en suspensión).

Para su determinación se aplica la fórmula:

$$ST \frac{mg}{L} = \frac{(P_2 - P_1)}{VM} * \frac{100mg}{1g} * \frac{1000ml}{1L}$$

Dónde:

$ST \frac{mg}{L}$  = sólidos totales

$P_2$  (g) = peso final

$P_1$  (g) = peso inicial

$VM$  (ml) = volumen de muestra

$10^6$  = factor de conversión

### 1.5.2 Índice de Calidad del Agua

El índice de calidad del Agua o Water Quality Index (QWI), es utilizado para conocer la calidad del agua de un río, lago, laguna, o grado de contaminación del agua a la fecha de muestreo; se puede medir cambios y alteraciones determinando una trayectoria de los cuerpos de agua a través del tiempo. Mediante el índice de calidad del agua se puede resumir considerables cantidades de información sobre la calidad del agua en palabras sencillas. (LOBOS, 2005 pág. 14)

El ICA o WQI por sus siglas en inglés valora en porcentajes de agua pura, es decir que un WQI aproximado a 100% es indicador de un agua en condiciones óptimas, sin embargo, un valor de WQI cercano a 0 cero nos da a conocer que son aguas contaminadas.

Previo al análisis de los 9 parámetros de las muestras de agua se calcula el valor teórico de cada uno mediante el software libre calculating NSF WQI o se interpola las curvas teóricas que determina el valor I en relación al valor ideal que debe tener en condiciones de calidad excelente.

**Tabla 1-5** Parámetros para el cálculo del WQI

Factor	Weight	Quality Index
Dissolved oxygen	0.17	
Fecal coliform	0.16	
pH	0.11	
Biochemical oxygen demand	0.11	
<a href="#">Temperature change</a> Go to This Site to Get Index value	0.10	
Total phosphate	0.10	
Nitrates	0.10	
Turbidity	0.08	
Total solids	0.07	

Fuente: Calculating NSF WQI

Se compara los valores de WQI con la siguiente tabla y se elige el rango correspondiente respecto al uso más adecuado.

**Tabla 1-6** Clasificación del ICA Propuesto por Brown

<b>CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>COLOR</b>	<b>VALOR %</b>
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

**Fuente:** Lobos, José. Evaluación de los Contaminantes PAES 2002

**Tabla 1-7** Uso del agua según WQI

ICA	Uso Público	Recreo	Pesca y vida acuática	Industria Agrícola	Navegación	Transporte desechos tratados
100	Aceptable No requiere de purificación	Aceptable	Aceptable	Aceptable No requiere de purificación		
90	Requiere una ligera purificación	para todo tipo de deporte acuático	para todo tipo de organismos	Requiere una ligera purificación		
80	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable pero no recomendable	Excepto especies muy sensibles	Sin tratamiento para la industria normal	Aceptable para todo tipo de navegación	Aceptable para todo tipo de transporte de desechos tratados
70			Dudoso para especies sensibles			
60	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Solo para organismos muy resistentes	Con tratamiento para la mayor parte de la industria		
50	Inaceptable	Sin contacto con el agua	Inaceptable	Uso muy restringido	Contaminado	
40		Muestras obvias de contaminación				
30		Inaceptable		Inaceptable	Inaceptable	
20						
10						Inaceptable
0						

Fuente: Guzmán y Merino, 1992; Montoya, et al., 1997

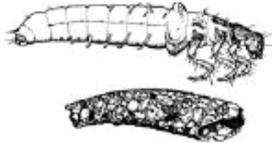
### **1.5.3 Macroinvertebrados Acuáticos**

Son organismos que se les considera como indicadores de la calidad del agua utilizados con frecuencia en estudios para conocer las condiciones ecológicas de un lugar determinado. Los macroinvertebrados bentónicos tienen características especiales lo que hace que su identificación en campo sea más fácil, están presentes en todo tipo de agua dulce, éstos se pueden adaptar a condiciones de aguas limpias como en aguas contaminadas.

Se los llama macroinvertebrados porque son grandes y no poseen huesos son fácil de identificar a simple vista, su hábitat es en hojas flotantes, y troncos en descomposición; se alimentan de plantas acuáticas, algas, elementos nutritivos del agua, poseen ciclos prolongados de vida esto permite conocer información más duradera de las condiciones por las que ha atravesado el lugar donde se realiza el estudio de calidad del agua.

Sus principales características de los macroinvertebrados bentónicos usados como indicadores de buena calidad del agua se presentan a continuación en la siguiente figura 1-4, con rasgos claves para su identificación taxonómica. (Carrera, y otros, 2009)

**Figura 1-4** Macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua

Orden de insecto	Características	Rasgos clave
<p><b>PLECOPTERA</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Moscas de las piedras (Familia más común: Perlidae)</li> <li>• Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: Ninfas. Muy sensibles a la contaminación.</li> <li>• Alimentación: Ninfas Carnívoras en los últimos instares</li> <li>• Hábitat: Ríos de aguas turbulentas, Lechos de grava.</li> </ul>	<p>Abdomen con un par de cercos sencillos o multiarticulados. Uñas tarsales pares.</p> 
<p><b>EFEMEROPTERA</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Efímeras (Familias más comunes: Baetidae, Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Caenidae)</li> <li>• Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: ninfas</li> <li>• Alimentación: ninfas herbívoras</li> <li>• Hábitat: ríos y lagunas</li> </ul>	<p>Abdomen generalmente con un par de cercos alargados y un filamento central normalmente visible. Uñas tarsales únicas.</p> 
<p><b>TRICOPTERA</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Frigáneas (Familias más comunes: Hydropsiphidae, Hydroptilidae, Leptoceridae)</li> <li>• Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas y pupas acuáticas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: ninfas</li> <li>• Alimentación: ninfas depredadoras o herbívoras</li> <li>• Hábitat: ríos, aguas quietas y rápidas.</li> </ul>	<p>Larvas acuáticas construyen un estuche o refugio que varía según la familia.</p> 
<p><b>ODONATA</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Libélulas, caballitos del diablo (Familias más comunes: Libellulidae, Coenagrionidae)</li> <li>• Ciclo de vida: hemimetabolos (larvas acuáticas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: ninfas depredadoras</li> <li>• Hábitat: ríos de aguas quietas</li> </ul>	<p>Ojos compuestos prominentes. Branquias plumosas externas en la parte posterior del abdomen.</p> 
<p><b>COLEOPTERA</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: Escarabajos (Familias más comunes: Elmidae, Ptylodactilidae, Pheseniidae, Dytiscidae, Hydrophilidae)</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (larvas, pupas y adultos)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: ninfas herbívoras y depredadoras</li> <li>• Hábitat: Amplio rango indicativo: salinidad, zonas lacustres</li> </ul>	<p>Patas grandes y caminan por el fondo del agua. Respiran aire con el extremo del abdomen o disponen de apéndices filamentosos (branquias).</p> 
<p><b>DIPTERA</b></p>  <p>Blephariceridae</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: moscas, mosquitos (Familias más comunes: Simuliidae, Tipulidae, Psychodidae, Dixidae, Athericidae, Blephariceridae).</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras</li> <li>• Hábitat: ríos de aguas estancadas.</li> </ul>	<p>Larva pequeña con protuberancias a los lados del cuerpo.</p>

Fuente: McGavin, 2001; Domínguez y Fernández, 2001

En el listado presentado, solo algunas familias de orden *Diptera*, fisiológicamente resisten a altos grados de contaminación acuática, que puede ser por aguas estancadas o de corriente y se les considera como buenos indicadores de baja calidad del agua.

**Figura 1-5** Dípteros, macroinvertebrados acuáticos indicadores de aguas de baja calidad

Orden Díptera	Características	Rasgos clave
<p>Familia Culicidae</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: mosquitos.</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</li> <li>• Hábitat: aguas estancadas</li> </ul>	<p>Larva ápoda con cabeza reducida. Penachos de pelos en el tubo respirador, por lo que cuelgan de cabeza hacia abajo de la superficie para tomar aire.</p>
<p>Familia Ephydriidae</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: moscas, mosquitos.</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</li> <li>• Hábitat: aguas estancadas</li> </ul>	<p>Cuerpo alargado con propatas en la mitad del mismo y un penacho de setas en la parte posterior.</p>
<p>Familia Chironomidae</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: moscas, mosquitos</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</li> <li>• Hábitat: aguas estancadas y lólicas</li> </ul>	<p>Cuerpo alargado, con un penacho de setas en la parte posterior.</p>
<p>Familia Psychodidae</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: moscas</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</li> <li>• Hábitat: aguas estancadas y lólicas</li> </ul>	<p>Cuerpo alargado con abundantes setas en todo el cuerpo</p>
<p>Familia Sifidae</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre común: moscas</li> <li>• Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores)</li> <li>• Fase indicadora: larvas</li> <li>• Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras.</li> <li>• Hábitat: aguas estancadas y lólicas</li> </ul>	<p>Cuerpo robusto con un tubo respiratorio alargado y delgado</p>

Fuente: McGavin, 2001; Domínguez y Fernández, 2001; Alonso et al., 2002

#### 1.5.4 Índice BMWP/Col

El Biological Monitoring Party fue establecido en Inglaterra con la finalidad de conocer la calidad del agua de acuerdo a la tolerancia de los macroinvertebrados. Conocido como BMWP/Col está basado en la valoración de diferentes grupos de invertebrados que estén presentes en una muestra, el poder aplicar este índice implica previamente identificar los macroinvertebrados hasta nivel de familias, cada una posee un grado de sensibilidad que va de 1 a 10; siendo 10 el grupo más sensible lo que en la mayoría de los casos indica que el río tiene aguas limpias, lo contrario sucede con valores bajos que son indicadores de aguas contaminadas; siendo el BMWP un índice de sensibilidad.

En la siguiente tabla se presenta la puntuación asignada para cada familia de macroinvertebrados:

**Tabla 1-8** Puntajes de macroinvertebrados acuáticos para aplicar el índice BMWP/Col

<b>Familia</b>	<b>Puntaje</b>
<i>Anamalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oliigoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae</i>	10
<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarciidae, Xiphocentronidae</i>	9
<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae, Calamoceratidae.</i>	8
<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae</i>	7
<i>Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae</i>	6

<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae</i>	5
<i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Notoceridae</i>	4
<i>Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae</i>	3
<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae</i>	2
<i>Tubificidae</i>	1

Fuente: Calles, J. A. 2007.

Los rangos de las clases definen la calidad del agua como se presenta:

**Tabla 1-9** Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col., significado y colores para representaciones cartográfica.

Clase	Calidad	BMWP/Col.	Significado	Color
I	Buena	>150 101 - 120	Aguas muy limpias a limpias	
II	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36 -60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: (Calle, 2007)

## **CAPÍTULO II**

### **2 METODOLOGÍA**

#### **2.1 Métodos y Técnicas**

##### **2.1.1 Contacto con instituciones de apoyo**

Se constituyó un equipo de trabajo con personal técnico del Consejo Provincial de Chimborazo y un guía de la zona quien facilitó la información del sector para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se establecieron reuniones informativas para el desarrollo de la propuesta en calidad del agua.

##### **2.1.2 Líderes comunitarios**

Se logró obtener el apoyo y colaboración de líderes comunitarios del lugar de estudio, quienes acompañaron a los diversos recorridos dotándonos de importante información del estado de la microcuenca del río Zula, con lo cual se pudo establecer de mejor manera los puntos a muestrear.

##### **2.1.3 Selección de puntos de monitoreo**

Un factor importante a tener en cuenta en la selección de los puntos de muestreo fue la información proporcionada por la gente de las comunidades y su alrededor a cerca de las condiciones físicas de la microcuenca del río Zula; se realizó la georeferenciación de cuatro puntos a lo largo de la microcuenca que serán monitoreados ya que cumplen con la seguridad necesaria para el equipo técnico a cargo del desarrollo del trabajo de investigación.

**Foto 2-1** Selección de los puntos de monitoreo



**Fuente:** Verónica Núñez

#### *2.1.3.1 Puntos de Monitoreo*

La Microcuenca del Río Zula, tiene una extensión de 13km, está formado por zonas de afloramiento, recolección y uso de agua, y para la determinación de los puntos de monitoreo su uso los criterios de observación directa, recorrido de la zona y declaraciones de los habitantes del sector; concluyendo en los siguientes puntos:

##### **a) Punto testigo**

Se encuentra a una altura de 4095 msnm; estableciéndose como el primer punto de monitoreo ya que según habitantes del sector no presenta ningún tipo de intervención aguas arriba y las condiciones son uniformes; en este punto se determinará condiciones tanto de variación de calidad como también de cantidad.

##### **b) Punto ZI- 02**

Este punto está a una altura de 3820 msnm, se lo determinó como segundo punto porque se alimenta de la Quebrada Sasquin.

**c) Punto ZI- 03**

Se encuentra a una altura de 3688 msnm, escogido porque en la zona se observa un cruce de vías con la comunidad de Pucará y la Dolorosa.

**d) Punto ZI- 04**

Está ubicado a una altura de 2640msnm, fue escogido porque representa el final de la microcuenca y en este sector existe actividad agrícola.

**Tabla 2-1** Ubicación Geográfica de los Puntos de Monitoreo

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	
			1. X	2. Y		
Río Guayas	Río Yaguachi	Río Zula	Punto 1 Zula Testigo	757773	9743956	4095
			Punto 2 Zula Zl- 02	758163	9745160	3820
			Punto 3 Zula Zl- 03	726982	9747228	3688
			Punto 4 Zula Zl-04	749486	9752763	2640

**Realizado por:** Verónica Núñez

## **2.1.4 Recopilación de Información**

### *2.1.4.1 Información Ambiental*

Previamente se adecuaron matrices existentes para la recolección de datos del sector mediante las cuales se obtuvo información in situ de los cuatro puntos a muestrear, dichas matrices fueron modificadas acorde a las características actuales, actividades antropogénicas de la zona de estudio.

### *2.1.4.2 Información Cartográfica*

La cartografía base digitalizada del lugar de investigación en el programa Arc View 3.2 fue proporcionada por el IGM que está al acceso de todos y se realizó los siguientes mapas.

- **Mapas Base:**

El mapa base consta con los siguientes elementos: límites geográficos, ríos, lagunas, microcuencas.

- **Mapas Temáticos:**

Mapa base de la microcuenca del río Zula, con la ubicación de los puntos de monitoreo.

Mapa del índice WQI en la microcuenca del río Zula obtenido durante el estudio.

Mapa del índice BMWP en la microcuenca del río Zula obtenido durante el estudio.

## **2.1.5 Caudales**

Para la determinación de los caudales de cada punto seleccionado se empleó el método del flotador y con los datos obtenidos se realizó un posterior análisis con los cálculos necesarios para su determinación.

### *2.1.5.1 Selección del lugar*

Para la selección del lugar a medir el caudal se tomó en cuenta que el flujo de agua sea uniforme para que el flotador haga su recorrido sin problemas es decir que no haya piedras o materia orgánica que afecten su trayectoria, otro factor a considerar fue el ancho de secciones ya que éste

debe ser estable. Una vez establecidos los puntos se procedió a señalarlos para posteriores muestreos.

#### *2.1.5.2 Medición de la sección transversal para el aforo*

Este procedimiento corresponde a que se mide el ancho del río al inicio y 10 metros más abajo por donde realizará su recorrido el flotador, siendo señalado cada punto establecido. Se determinó el ancho de tres secciones río abajo. Luego se procedió a la división del río en subsecciones teniendo en cuenta que el número de éstas será obtenido de acuerdo al ancho del río ya que, a mayor ancho, mayor serán las subsecciones que se debe obtener.

**Foto 2-2** Selección del punto de aforo



**Fuente:** Verónica Núñez

#### *2.1.5.3 Cálculo de la velocidad del agua*

En la sección seleccionada anteriormente se procedió a medir la velocidad del agua con el uso de una pelota pequeña de plástico que actúa como flotador, se tomó el tiempo que tarda en recorrer la longitud establecida. La división de la longitud recorrida por el flotador y el tiempo nos da como resultado la velocidad del agua que está expresada en metros / segundos. Este procedimiento se realizó tres veces en cada punto para obtener un tiempo promedio.

#### *2.1.5.4 Determinación del área del río*

Para la determinación del área del río se obtuvieron las áreas de las secciones, las cuales fueron calculadas al multiplicar su base por su altura expresada en metros obteniendo un promedio de cada una, el área del río se determinó con dicho promedio de las secciones calculadas.

#### *2.1.5.5 Cálculo del caudal*

Se determinó el caudal del río mediante el promedio del área, la velocidad del agua y utilizando el factor de corrección que el recomendado por Rojas que para quebradas y ríos es de 0,66 y está expresado en L/s.

#### *2.1.5.6 Elaboración de Hidrogramas*

Se elaboraron diagramas mensuales para observar las variaciones estacionales de los caudales para de esta manera poder establecer comparaciones en cada mes, este análisis permite conocer el caudal máximo y mínimo presentes en el transcurso del mes, este procedimiento se realizó en cada punto seleccionado para muestrear durante el período de septiembre a diciembre del 2015

.

#### *2.1.5.7 Oferta Hídrica*

La oferta hídrica se determinó con el cálculo del caudal promedio del punto 4 de monitoreo, durante los 4 meses de investigación en el campo. La oferta hídrica total de la microcuenca del río Zula se obtuvo con la sumatoria entre la oferta hídrica media y los caudales concesionados por el Consejo Provincial en la microcuenca.

El valor total se ajusta considerando una reducción de la oferta real del 40% (valor por la UNESCO) representado en caudal para conservar el régimen hidrológico mínimo y la limitación en la disponibilidad del agua para usos diferentes debido a las alteraciones de la calidad del agua y con este valor reducido se obtiene la oferta hídrica neta.

El índice de escasez se obtuvo con la oferta total y el caudal concesionado existente, con una relación entre los dos tomando como el 100% a la oferta y determinando el valor del caudal concesionado al porcentaje que le corresponde.

### **2.1.6 Muestreo**

El muestreo en la microcuenca del río Zula se realizó con la selección de cuatro puntos representativos durante el transcurso de cuatro meses seguidos, en este tiempo se obtuvo muestras para el análisis de los parámetros físico-químicos, biológicos y microbiológicos siguiendo

rigurosamente los protocolos de muestreo establecidos y considerando las condiciones particulares del lugar.

#### *2.1.6.1 Tipos de muestreo*

Este puede ser un muestreo simple o puntual ya que las muestras recolectadas en cada punto de la microcuenca representan información específica de la composición del cuerpo de agua, el tiempo y circunstancias en el momento de su captación.

#### *2.1.6.2 Cantidad de muestra*

Se recolectaron un promedio de 2 litros de agua para los análisis físico-químicos y microbiológicos, ya que el análisis de macroinvertebrados una parte se realizó in situ y otra fue recolectada en recipientes de 700mL, siguiendo las normas de asepsia requeridas para cada caso.

#### *2.1.6.3 Frecuencia y horarios de muestreo*

La recolección de las muestras se efectuó una vez al mes durante los meses de septiembre, octubre, noviembre, y diciembre 2015. Los horarios en los que se realizó la recolección de las muestras es el siguiente:

**Tabla 2-2** Horario de Muestreo

<b>Hora</b>	<b>N° Muestreo</b>
08:00-08:30	Primero
10:15-10:45	Segundo
12:15-12:45	Tercero
14:00-14:30	Cuarto

**Realizado por:** Verónica Núñez

#### *2.1.6.4 Toma, preservación y conservación de las muestras*

A continuación, se detalla cada paso realizado en el muestreo, preservación y conservación de las muestras que fue efectuado con rigurosidad ya que de este proceso depende la representatividad de las muestras:

#### a) **Toma de muestras**

La toma de muestra se realizó considerando la velocidad del agua, la profundidad, la separación de la orilla y sobre todo que debe ser tomada del centro del río, evitando las zonas de turbulencia, en dirección contraria al flujo normal del curso hídrico.

- **Físico –químicos**

Para los análisis físico-químicos se debe considerar que los envases sean lavados o estériles para evitar alteraciones en los análisis, la muestra tomada debe ser lo más representativa posible debe ser tomada en contra corriente como se explicó anteriormente y sumergido el frasco evitando la presencia de burbujas de aire.

- **Microbiológicos**

Se utilizaron frascos de plásticos estériles de 150mL, la muestra fue tomada de la mitad del río, siempre realizando un trabajo aséptico.

- **Macroinvertebrados**

Para este caso se debe considerar varios factores que influyen en las muestras tomadas que son: el uso del suelo en los alrededores, fuentes de contaminación, caudal, sustrato y vegetación; para esto se utilizó una red surber, antes de sumergirla se produce un barrido con los pies para obtener una muestra representativa en cantidad y variedad. Al momento que la red se sumerge debe ser en contra corriente.

#### b) **Medición de parámetros de campo**

Los parámetros considerados para su análisis in situ son: temperatura, salinidad, conductividad, pH, sólidos totales y disueltos para lo cual se utilizó un frasco con muestras de cada punto seleccionado y los equipos dotados el GDPCH.

#### c) **Preservación y Etiquetado de las muestras**

Una vez tomadas las muestras se procedió a cerrar los recipientes cuidadosamente los frascos, para la preservación de las muestras de macroinvertebrados se agregó una pequeña cantidad de alcohol al 90% y formol al 10%.

Cada frasco fue etiquetado con datos como el número de muestra, hora, fecha, lugar, análisis a realizar y responsable.

#### **d) Conservación y transporte de las muestras**

Las muestras fueron transportadas al laboratorio del Consejo Provincial en un cooler que previamente fue acondicionado con hielo para la conservación de las mismas y que no existe alteraciones en los resultados de cada muestra.

### **2.1.7 Índice de Calidad e Índices Biológicos del agua**

El índice de calidad utilizado para este estudio fue el WQI con sus respectivos parámetros, en el caso del índice biológico se utilizó el BMWP; los dos índices fueron aplicados en cada una de las muestras tomadas en los puntos establecidos de la microcuenca del río Zula.

#### *2.1.7.1 Índice WQI*

Con los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos y microbiológicos se realiza el cálculo teórico de cada uno de los parámetros con el software NSF que proporcionará el valor del WQI y que serán comparados con la tabla de rangos ya establecida.

**Tabla 2-3** Métodos para la determinación de Parámetros Físico –Químicos y Microbiológicos

PARÁMETRO	MÉTODO/EQUIPO	TÉCNICA
Demanda Bioquímica de Oxígeno	4500-OC. Modificación de azida	Colocar en un balón de 1000mla cantidad de 200mL de muestra a la cual se le agrega 1ml de $\text{ClFe}_3$ , $\text{ClCa}$ y $\text{ClMg}$ +2mL de buffer pH7, y se procede a aforar con agua aireada (agua de la llave aireada por una hora), de esta mezcla se divide en dos frascos de Wheaton completamente lleno. En el primer frasco se agrega 1mL $\text{MnSO}_4$ + 1mL de Azida Sódica + 2mL $\text{H}_2\text{SO}_4$ , se coloca en elenmeyer y se realiza la titulación con $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ; el segundo frasco se guarda durante 5 días para realizar el mismo procedimiento.
Oxígeno Disuelto	4500-OC. Modificación de azida	De la respectiva muestra se coloca en un frasco de Wheaton al cual se agrega 1mL $\text{MnSO}_4$ + 1mL Azida Sódica + 2mL $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; se titula la mezcla con $\text{Na}_2\text{SO}_3$ y posteriormente se realiza los cálculos respectivos.
Solidos totales	2540B	Pesar una caja Petri vacía, colocar 25mL de muestra previamente agitada, llevar a baño María a sequedad, se introduce en la estufa y por último se coloca en el secador por un tiempo aproximado de 15 minutos.
Coliformes fecales	Filtración por Membrana	Con una bomba se succión de filtra 100mL de muestra, se coloca la membrana utilizada en una placa con medio de cultivo, llevamos la placa a una estufa a 44 grados centígrados durante 48 horas.
Temperatura	HACH sensION1 pH-metro digital	Lectura con electrodo
Nitratos	Espectrofotómetro HaCH DR 2800	Utilizar un blanco de 10mL, el espectrofotómetro es programado para el análisis de nitratos, agregar el reactivo en 10mL de muestra, cubrir con parafilm y agitar durante 1 minuto, dejar en reposo por 5 minutos, encerar con el blanco y medir.
Fosfatos	Espectrofotómetro HaCH DR 2800	Utilizar un blanco de 10mL, el espectrofotómetro es programado para el análisis de fosfatos, agregar el reactivo en 10mL de muestra, cubrir con parafilm y agitar, dejar en reposo por 2 minutos, encerar con el blanco y medir.
pH	HACH sensION1 pH-metro digital	Lectura con electrodo
Turbidez	HACH 2100 P turbidimeter HACH 2100 N turbidimeter	Lectura directa para turbiedad hasta 9,99 NTU Lectura directa para turbiedad hasta más de 9,99 NTU

**Realizado por:** Verónica Núñez

### 2.1.7.2 Índice BMWP/Col

Para la determinación biológica se usó el método de BMWP el que se basa en la valoración de los diferentes grupos de invertebrados que están presentes en una muestra; para la aplicación de este índice es necesario hacer la identificación de macroinvertebrados hasta el nivel de familia, cada uno de los grupos posee un grado de sensibilidad que va del 1 al 10. El valor BMWP/Col para cada sitio se obtiene de la suma del valor de cada grupo y el total se compara con los valores de referencia. Tabla 6-1

## 2.2 Materiales, equipos

**Tabla 2-4** Materiales y equipos utilizados en la investigación

<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
Pipeta 5mL	Espectrofotómetro
Pipeta 10mL	Turbidímetro
Erlenmeyer 100mL	Estereoscopio
Erlenmeyer 250mL	Multiparametro de campo
Probeta 200mL	Balanza
Probeta 100mL	Sorbona
Bureta de 25mL	Estufa baño María
Balón de 1000mL	Computador
Balón de 100mL	GPS
Vaso de precipitación 100mL	Red surber
Vaso de precipitación 50mL	Flexómetro
Frascos de Wheaton	
Frascos plásticos 1000mL	
Frascos estériles 200mL	
Soporte Universal	
Piceta	

Realizado por: Verónica Núñez

## CAPÍTULO III

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Características del lugar

##### 3.1.1 Localización

El presente estudio de investigación se llevó a cabo en la Microcuenca del río Zula de la Provincia de Chimborazo, en la parroquia de Achupallas, cantón Alausí, perteneciente a la subcuenca de Río Yaguachi y a la Cuenca del Río Guayas, cuyo cauce del Río tiene una longitud aproximada de 17 km.

##### 3.1.2 Ubicación Geográfica

La microcuenca del río Zula está ubicada en la zona de páramos, delimitada por las coordenadas UTM detalladas a continuación

**Tabla 3-1** Ubicación Geográfica de la microcuenca del río Zula

Ubicación Geográfica	Coordenadas UTM (m)
Latitud	216498
Longitud	78468
Altitud (m.sn.m.)	4095

Fuente: IGM

##### 3.1.3 Características Climáticas

El clima de esta zona es un poco variado, en la parte central es templado y frío en dirección del este y sur con variación significativa en el día, se encuentra dentro del rango de temperaturas que oscilan entre los 9 y 16°C que es influenciado por las corrientes costeras como por los vientos que son propios de la Cordillera Andina y este factor determina el tipo de vegetación que existe en el lugar y es característico los pajonales, almohadillas, achupallas y frailejones.

### 3.1.4 Suelo

La parroquia de Achupallas tiene una superficie de 94432,65 ha, de las cuales el 54% está cubierta por páramo de pajonal que es la vegetación nativa del sector, el 24% corresponde a cultivos de ciclo corto como son: papas, maíz, cebada, mellocos, ocas entre otros, el 19% le corresponde al estrato de bosque, mientras que el 3% restante corresponde a una serie de lagunas identificadas dentro de la zona, entre ellas las de Cubillín y Magtayan que son las más grandes.

En base a esta estratificación es posible darnos cuenta que el área de estudio es de suma importancia ya que presenta un buen porcentaje de vegetación nativa no intervenida y un rico sistema lacustre, de aquí la necesidad del cuidado y conservación de los recursos a fin de mantener los servicios ecosistémicos que éstos nos brindan.

Su origen es volcánico con un déficit de fósforo, siendo la mayor proporción del área de suelos de tipo Inceptisol con un 47,95% los mismos que son aptos para la silvicultura, los Mollisoles ocupan el 26,79%, su capa arable es mayor a 60 – 80 cm y son usados para la agricultura.

#### 3.1.4.1 Tipos de suelo

En esta parroquia se han identificado cinco órdenes diferentes de suelos, que se encuentran detallados en la siguiente tabla:

**Tabla 3-2** Clasificación Taxonómica de los suelos de Achupallas

Número	Orden y Combinaciones Complejas	Características Edáficas
1	Inceptisol	Suelos con un horizonte mínimo; sin acumulación de arcillas, hierro, aluminio o materia orgánica
2	Mollisoles	Suelos de 60-80 cm de profundidad, con gran cantidad de materia orgánica enriquecida con nutrientes
3	Mollisoles-Inceptisoles	Suelos con presencia de materia orgánica a una profundidad menor a 40 cm
4	Eriales	Afloramientos rocosos aislados, resultado de procesos de meteorización y erosión
5	Inceptisol+Entisol	Suelos de horizonte mínimo y no consolidados

Realizado por: Verónica Núñez

### 3.2 Cálculos

#### 3.2.1 Caudales

El cálculo de los caudales presentado a continuación fue realizado mediante el método del flotador, durante el tiempo de cuatro meses en la microcuenca del río Zula; en la siguiente tabla se detalla los resultados obtenidos.

#### Punto testigo

**Tabla 3-3** Datos para el cálculo del área, punto testigo

ANCHO DE LA PRIMERA SECCIÓN PT- 0,80m					
Base (m)	0	0,40	0,40	Promedio	0,40
Profundidad (m)	0,03	0,04	0,04	Promedio	0,0367

Realizado por: Verónica Núñez

$$\text{Área 1} = \text{base} * \text{profundidad}$$

$$A 1 = 0,40m * 0,0367 m$$

$$A 1 = 0,0147 m^2$$

**Tabla 3-4** Datos para el cálculo del área, punto testigo

ANCHO DE LA SEGUNDA SECCIÓN PT - 1,15 m					
Base (m)	0	0,57	0,58	Promedio	0,575
Profundidad (m)	0,03	0,04	0,03	Promedio	0,033

Realizado por: Verónica Núñez

$$\text{Área 2} = b * h$$

$$A 2 = 0,575 m * 0,033 m$$

$$A 2 = 0,0189 m^2$$

**Tabla 3-5** Datos para el cálculo del área, punto testigo

ANCHO DE LA TERCERA SECCIÓN PT - 0,95 m					
Base (m)	0	0,47	0,48	Promedio	0,475
Profundidad (m)	0,03	0,028	0,029	Promedio	0,029

Realizado por: Verónica Núñez

$$\begin{aligned} \text{Área 3} &= b * h \\ A_3 &= 0,475m * 0,029m \\ A_3 &= 0,0138 m^2 \end{aligned}$$

**Tabla 3-6** Datos para el cálculo del área, punto testigo

ANCHO DE LA CUARTA SECCIÓN PT - 0,95 m					
Base (m)	0	0,47	0,48	Promedio	0,475
Profundidad (m)	0,03	0,028	0,029	Promedio	0,029

Realizado por: Verónica Núñez

### 3.2.1.1 Cálculo del Área

$$\begin{aligned} \text{Área Promedio} &= \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3} \\ AP &= \frac{0,0147 m^2 + 0,0289m^2 + 0,0138m^2}{3} \end{aligned}$$

$$AP = 0,0191m^2$$

### 3.2.1.2 Determinación del tiempo

**Tabla 3-7** Determinación del tiempo

Medición	Unidades	Tiempo
1	S	16,4
2	S	15,9
3	S	17,7
4	S	17,5

Realizado por: Verónica Núñez

$$t \text{ promedio} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4}$$

$$t_p = \frac{16,4 \text{ s} + 15,9 \text{ s} + 17,7 \text{ s} + 27,5 \text{ s}}{4}$$

$$t_p = 16,88 \text{ s}$$

### 3.2.1.3 Cálculo de la velocidad

$$\text{velocidad} = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}}$$

$$v = \frac{10\text{m}}{16,88\text{s}}$$

$$v = 0,592 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### 3.2.1.4 Cálculo del caudal

$$\text{Caudal} = \text{Área Promedio} * \text{Velocidad} * \text{Factor de Corrección}$$

$$Q = 0,0191\text{m}^2 * 0,592 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,66$$

$$Q = 0,00746 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 1000 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q = 7,46 \text{ L/s}$$

## 3.2.2 Cálculos para parámetros físico-químicos e Índices Biológicos

A continuación, se establecerá los cálculos para cada uno de los métodos que permitirá conocer el resultado de los análisis físicos y químicos. Para la obtención del índice BMWP se aplican tablas de cálculo.

### 3.2.2.1 Demanda bioquímica de Oxígeno

Se aplica la fórmula:

$$DBO_5 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = \frac{(V_2 - V_1) * N (\text{Na}_2\text{SO}_3) * \text{Oxigeno} \left( \frac{\text{Eqq}}{\text{Peso mol}} \right) * 1000}{VM - 4}$$

**Punto testigo:**

$$DBO_5 \frac{mg}{l} = \frac{(8,1 - 6,35)ml * 0,025N * 8 \left( \frac{Eqq}{Peso mol} \right) * 1000}{300 - 4}$$

$$DBO_5 \frac{mg}{l} = 1,182$$

El cálculo fue realizado para los 4 monitoreos de la microcuenca del río Zula.

### 3.2.2.2 Oxígeno Disuelto

Para la determinación de este parámetro se aplicó la fórmula

$$OD \frac{mg}{L} = \frac{V * N (Na^2SO^3) * Oxigeno \left( \frac{Eqq}{Peso mol} \right) * 1000}{VM - 4}$$

**Punto Testigo:**

$$OD \frac{mg}{L} = \frac{13,65ml * 0,025N * 8 \left( \frac{Eqq}{Peso mol} \right) * 1000}{300 - 4}$$

$$OD \frac{mg}{L} = 9,2$$

Este procedimiento se realizó para los 4 monitoreos de la microcuenca del río Zula y los resultados se muestran en la tabla a continuación.

En la siguiente tabla se detalla los valores obtenidos en cada monitoreo:

**Tabla 3-8** Valores obtenidos de la medición de Oxígeno Disuelto en el Río Zula

Punto	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4
1	9,2	10,5	9,8	10,5
2	9,9	10	9,8	10,1
3	8,2	11	9,9	8,8
4	9,4	10,5	8,8	9,1

Realizado por: Verónica Núñez

Los resultados de Oxígeno Disuelto fueron interpolados con las temperaturas del río para la obtención del porcentaje de saturación de OD

### 3.2.2.3 Sólidos Totales

Para este parámetro se aplica fórmula:

$$ST \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{P_2 - P_1}{VM} * \frac{1000mg}{1g} * \frac{1000 ml}{1 L}$$

**Punto testigo:**

$$ST \left( \frac{mg}{L} \right) = \frac{(44,8246 - 44,8212)g}{23 ml} * \frac{1000mg}{1g} * \frac{1000 ml}{1 L}$$

$$ST \left( \frac{mg}{L} \right) = 147,8$$

Esta fórmula se aplicó para cada muestra recolectada en los puntos de monitoreo.

### 3.2.2.4 Índices WQI y BMWP

La tabla presentada a continuación detalla los resultados de los cálculos aplicados para los Índices de Calidad e Índices Biológicos.

**Punto Testigo:**

**Tabla 3-9** Cálculo del ÍndiceWQI para el punto testigo

Parámetros	Unidad	Valor Promedio		I	W*I
		Valor	V. Análisis		
Oxígeno Disuelto	% saturación	0,17	90	90	15,3
Coliformes fecales	UFC/100mL	0,16	189	35	5,6
Ph	pH	0,11	7,94	81	8,91
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0,11	4,62	53	5,83
Temperatura	°C	0,1	0,6	91	9,1
Fosfatos	mg/L	0,1	0,15	90	9
Nitratos	mg/L	0,1	1,5	94	9,4
Turbidez	NTU	0,08	6,49	80	6,4
Solidos Totales	mg/L	0,07	248	61	4,27
Valor WQI					74
Calidad de Agua					Buena

Realizado por: Verónica Núñez

**Tabla 3-10** Calculo del Índice BMWP para el punto testigo.

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Sensibilidad BMWP</b>
Anfipoda	Hyalellidae	7
Coleóptera	Elmidae	6
Coleóptera	Scirtidae	7
Díptera	Blepharoceridae	10
Díptera	Chironomidae	2
Díptera	Simuliidae	8
Ephemeroptera	Baetidae	7
Plecoptera	Perlidae	10
Trichoptera	Hydrobiosidae	9
Índice de sensibilidad BMWP: Aceptable		65

**Realizado por:** Verónica Núñez

### 3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

#### 3.3.1 Actividades Antrópicas

La microcuenca del río Zula está ubicada en la parroquia de Achupallas la cual cuenta con diferentes comunidades que contribuyeron con información acerca del aspecto socioeconómico, y la disponibilidad de agua que se da en este sector.

La parroquia cuenta con casa comunal, escuela, subcentro de salud; su economía está basada principalmente en las actividades agrícolas y ganaderas que por el acceso a las vías de primer y segundo orden ayudan al transporte de los productos agrícolas, para su comercialización en la ciudad.

#### 3.3.2 Factores Antrópicos

La determinación de las actividades antrópicas son aspectos significativos para el estudio de la microcuenca, su identificación ayudará a la correcta relación entre la calidad y cantidad del agua, que es parte fundamental para el desarrollo de la población del lugar.

#### 3.3.3 Oferta Hídrica

La oferta hídrica determina la disponibilidad del recurso hídrico existente en la microcuenca.

##### 3.3.3.1 Precipitación

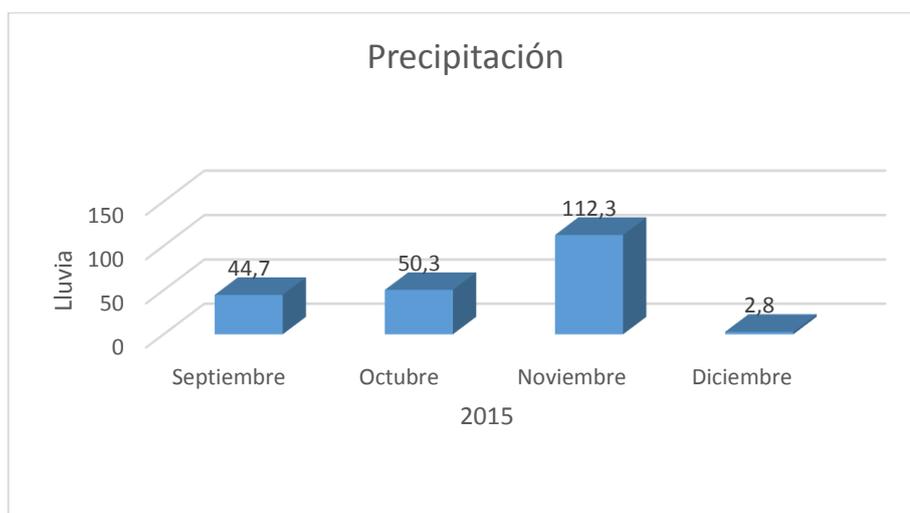
La precipitación es la caída de agua como resultado de la condensación del vapor de la atmósfera. Los resultados de las precipitaciones de los meses de septiembre a diciembre del 2015 fueron obtenidos por el INAMHI.

**Tabla 3-11** Precipitación mensual

Mes	Precipitación (mm lluvia)
Septiembre	44,7
Octubre	50,3
Noviembre	112,3
Diciembre	2,8

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-1** Valores de precipitación en tiempo de la investigación



**Realizado por:** Verónica Núñez

La precipitación durante los meses de septiembre – diciembre de 2015 podemos notar la variación presentada en la zona de investigación, y se puede observar que en el mes de octubre y noviembre existe un aumento significativo, así como en los meses de septiembre y diciembre se nota una disminución de la precipitación, este comportamiento se relacionara con los caudales medidos en la zona.

### 3.3.3.2 Caudales

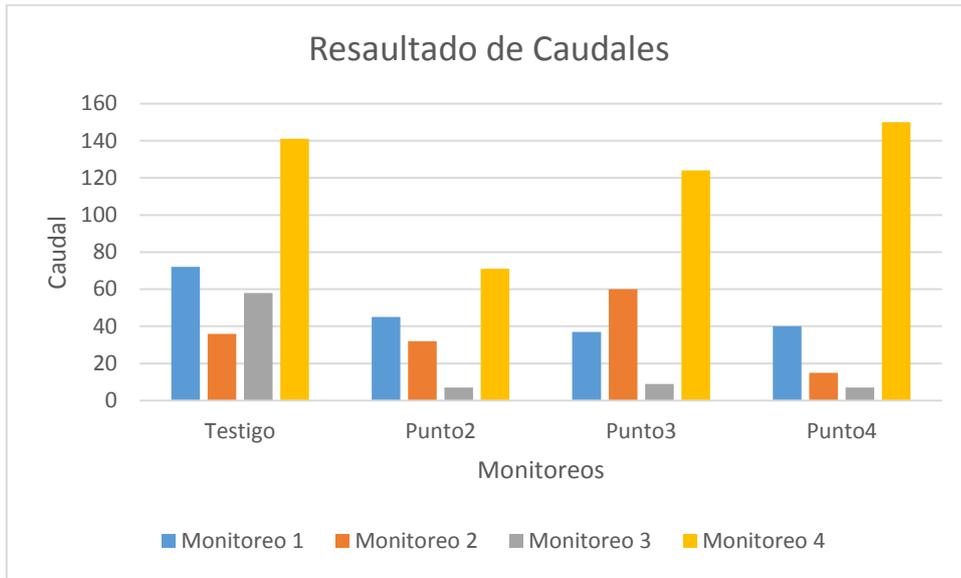
El caudal es la medida de la cantidad de agua que atraviesa por un determinado punto en un tiempo determinado.

**Tabla 3-12** Valoración de caudal de los meses de monitoreo.

Salidas	Testigo	Punto2	Punto3	Punto4	Promedio
<b>Monitoreo 1</b>	72	45	37	40	48,5
<b>Monitoreo 2</b>	36	32	60	15	35,75
<b>Monitoreo 3</b>	58	7	9	7	20,25
<b>Monitoreo 4</b>	141	71	124	150	121,5

**Realizado por:** Verónica Núñez

**Gráfico 3-2** Resultado de la medición de caudales



**Realizado por:** Verónica Núñez

Según las mediciones establecidas; el punto testigo presentó homogeneidad de caudal, debido a que en esta zona no existe ninguna influencia generada por el hombre sobre el recurso agua, en el punto 2 presentó una reducción de caudal en especial el mes de noviembre lo cual se atribuye a la precipitación en dicho mes. Los puntos 3 y 4 pese a que son sectores donde existe actividad antrópica el caudal no es influenciado mayormente, presentando homogeneidad de caudal de descarga.

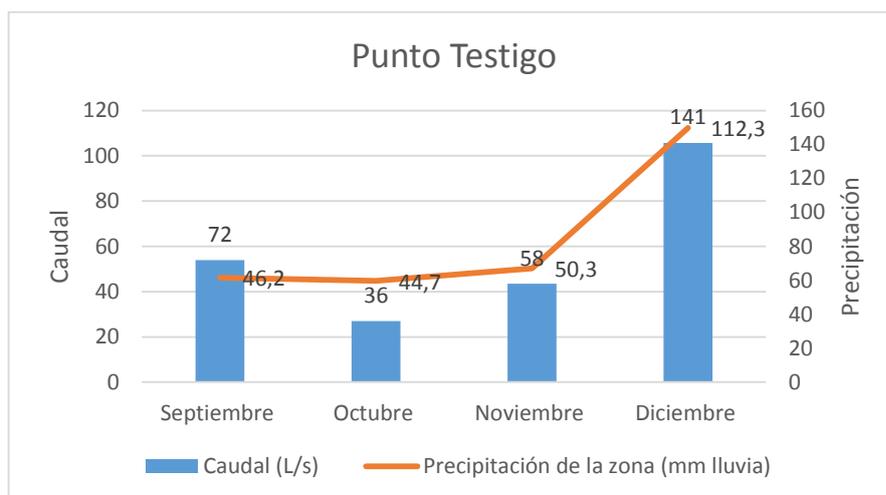
### Relación Caudal vs Precipitación

**Tabla 3-13** Relación Caudal vs Precipitación del PUNTO TESTIGO

Mes de Monitoreo	Caudal (L/s)	Precipitación de la zona (mm lluvia)
Septiembre	72	46,2
Octubre	36	44,7
Noviembre	58	50,3
Diciembre	141	112,3

**Realizado por:** Verónica Núñez

**Gráfico 3-3** Relación Caudal vs Precipitación de la zona



Realizado por: Verónica Núñez

En los 4 meses de monitoreo en el punto testigo el caudal muestra la curva detallada en el gráfico 3; que representa la relación entre el caudal (L/s) vs la precipitación (mm), el caudal más alto registrado en este punto es en el mes de diciembre con 112 L/s, mientras que en el mes de octubre registra 36 L/s siendo éste el más bajo; datos que se relacionan con la precipitación ya que a mayor precipitación se incrementara el caudal, pese a que septiembre es catalogado como período seco pero se puede observar que no influye en el caudal ya que por ser el páramo regulador natural existirá una compensación para impedir la sequía y pérdida de cobertura vegetal.

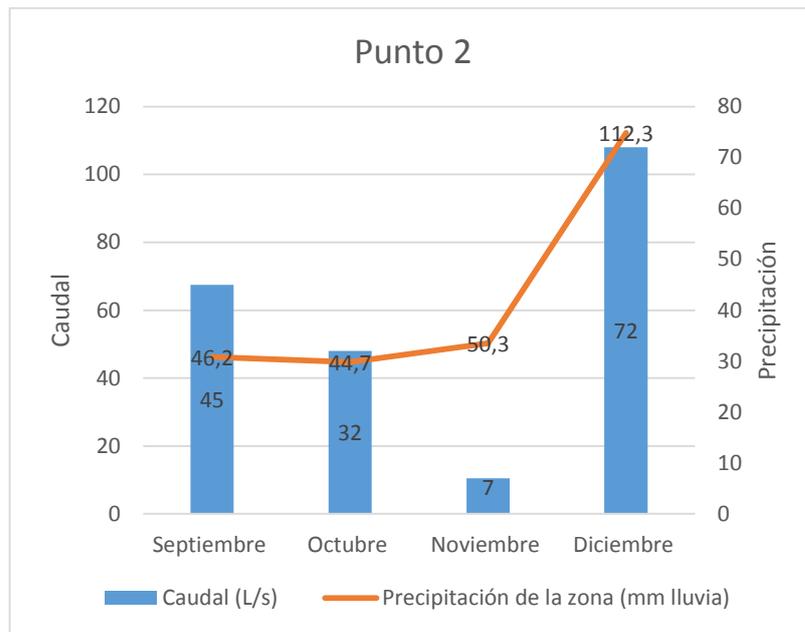
Un estudio realizado en el páramo de la provincia de Tungurahua en el sector de Colorado en el año 2010, muestra un comportamiento semejante entre la relación caudal vs precipitación; lo que indica que los páramos poseen características similares las cuales se ven influenciadas y alteradas por la presencia del hombre.

**Tabla 3-14** Relación Caudal vs Precipitación del PUNTO 2

Mes de Monitoreo	Caudal (L/s)	Precipitación de la zona (mm lluvia)
Septiembre	45	46,2
Octubre	32	44,7
Noviembre	7	50,3
Diciembre	72	112,3

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-4. Relación Caudal vs Precipitación de la zona**



Realizado por: Verónica Núñez

El gráfico 4 muestra que los meses de septiembre y diciembre fueron los de mayor caudal, debido a la presencia de precipitación; mientras que en el mes de noviembre disminuye gradualmente, ya que existió una disminución en la precipitación en el lugar de estudio; pese a esto se mantiene un equilibrio entre el caudal y la precipitación de la zona.

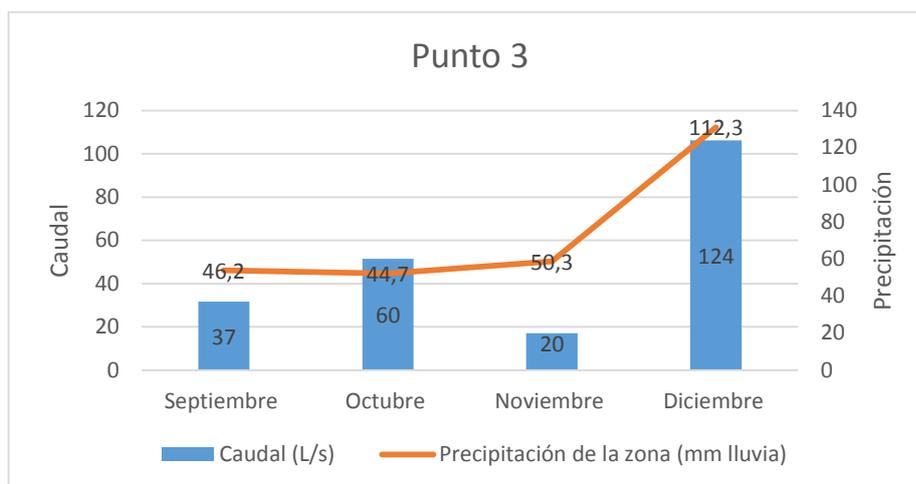
Al ser el páramo un reservorio natural de agua, este retiene la mayor cantidad de agua en periodos lluviosos que para época seca es liberada gradualmente.

**Tabla 3-15 Relación Caudal vs Precipitación del PUNTO 3**

Mes de Monitoreo	Caudal (L/s)	Precipitación de la zona (mm lluvia)
Septiembre	37	46,2
Octubre	60	44,7
Noviembre	9	50,3
Diciembre	124	112,3

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-5.** Relación Caudal vs Precipitación de la zona



Realizado por: Verónica Núñez

El punto 3 corresponde a la zona que existe actividad antrópica y como se observa en el gráfico 5, en los meses de noviembre y diciembre presentan el mayor y menor caudal respectivamente, la razón es que se ve influenciado por dicha actividad antrópica del lugar ya que se dedican a la agricultura y ganadería, actividades que influyen en el caudal pese a que la precipitación haya sido constante durante el tiempo de estudio.

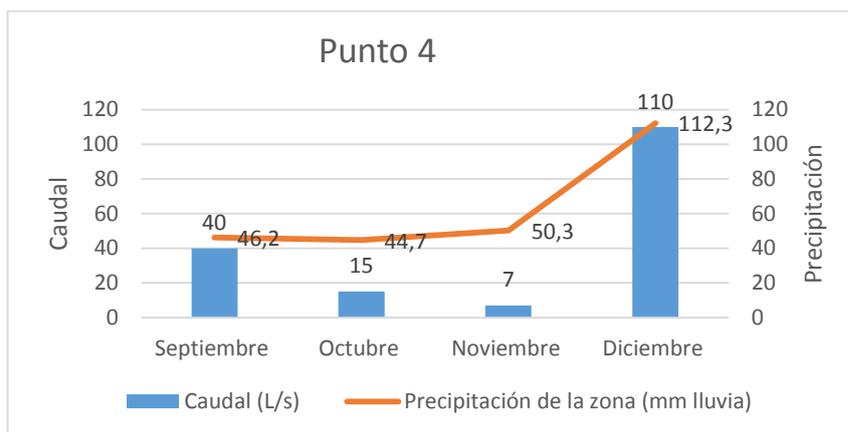
En estudios realizados en los páramos de la provincia de Tungurahua en el sector del río Pachalica en periodo catalogado como seco da a conocer, que por ser páramos las precipitaciones no influyen en el caudal ya que la existencia o no de actividades antrópicas e industriales son las principales fuentes de variación del caudal.

**Tabla 3-16.** Relación Caudal vs Precipitación del Punto 4

Mes de Monitoreo	Caudal (L/s)	Precipitación de la zona (mm lluvia)
Septiembre	40	46,2
Octubre	15	44,7
Noviembre	7	50,3
Diciembre	150	112,3

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-6** Relación Caudal vs Precipitación de la zona PUNTO 4



**Realizado por:** Verónica Núñez

Durante el período de aforo en el punto 4, se evidencia una baja considerable de caudal en el mes de octubre y noviembre, que se debe a la sobreprecipitación que generan sobre el curso hídrico debido las actividades que se realizan en el sector como son: riego, cultivo, ganadería y consumo humano. La relación para los meses de septiembre y diciembre se mantiene acorde con la precipitación, siendo los de mayor caudal durante el tiempo de estudio, que se ve reflejado en el gráfico 6.

Los resultados expuestos en los cuatro puntos anteriormente en la relación caudal vs precipitación de la microcuenca del río Zula, según estudios realizados en el año 2011 en los páramos de la provincia de Tungurahua indica un comportamiento semejante ya que por ser zonas altas la precipitación será constante y estará siempre en relación con el caudal, pese a la existencia de las distintas actividades de cada punto.

### 3.3.4 Oferta Hídrica del Río Zula

La oferta hídrica en el punto de monitoreo 4, significa la descarga del río Zula. Para determinar la oferta hídrica es importante analizar los caudales existentes de la microcuenca que reposan en el GDPCH.

**Tabla 3-17** Demanda de uso de la microcuenca del río Zula

Jurisdicción	Cuenca	Subcuenca	Uso	Caudal (L/s)	%	Uso
Riobamba	Río Guayas	Río Yaguachi	R	12,825	100	Riego
Total Litros				12,825	100	
Total m <sup>3</sup> /s				0,012825		

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-7** Demanda de uso de la microcuenca del río Zula



Realizado por: Verónica Núñez

El gráfico 7 indica las adjudicaciones de la microcuenca del río Zula, que es en su totalidad para riego es un 12,825L/s que representa el 100% siendo la agricultura la actividad socioeconómica.

**Oferta hídrica media** de la microcuenca del río Zula es de 65L/s, resultado obtenido en los cuatro meses de investigación.

**Oferta hídrica total** es de 74,45L/s, información obtenida de la suma de la oferta hídrica media y los caudales concesionados, a los cuales se les realizó algunos ajustes debido a errores existentes; aplicando el factor de corrección 0,8 para determinar el caudal concesionado aproximado que es de 10, 47L/s.

**Oferta neta** este valor se obtiene aplicando la reducción del 40% (avalado por la UNESCO) de la oferta total, que representa el caudal para mantener el régimen hidrológico mínimo que nos da como resultado el 48,68L/s como oferta neta.

**Tabla 3-18** Índice de escasez respecto a la oferta

<b>Microcuenca</b>	<b>Oferta media (L/s)</b>	<b>Caudal concesionado en uso (L/s)</b>	<b>Caudal concesionado aproximado (L/s)</b>	<b>Oferta total (L/s)</b>	<b>Oferta neta (L/s)</b>	<b>Índice de escasez %</b>
Río Zula	65	12,825	10,47	74,46	48,68	19,33

Realizado por: Verónica Núñez

La microcuenca del Río Zula muestra su oferta total de 74,46L/s y su caudal concesionado en uso es de 12,825L/s que según el índice de escasez está dentro de una categoría media, que denota una demanda baja con respecto a la oferta.

### 3.3.5 CALIDAD DEL AGUA

#### 3.3.5.1 Parámetros para la determinación del índice WQI

#### 3.3.5.2 Oxígeno Disuelto

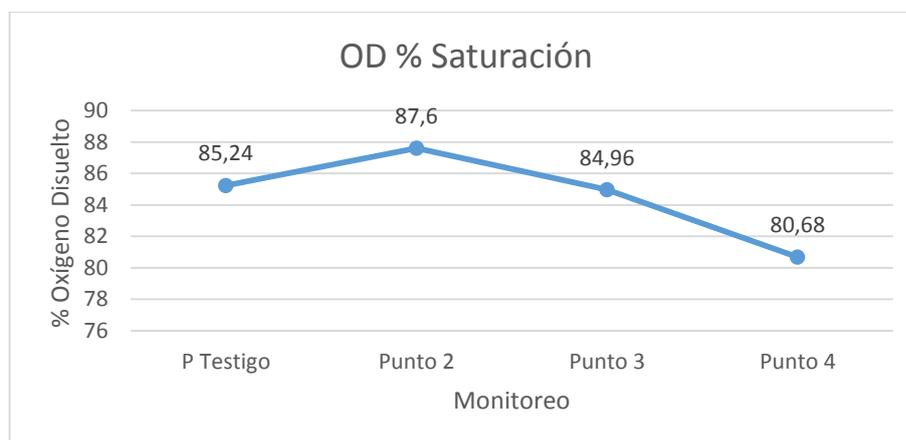
La presencia de materia orgánica presente en los afluentes permite conocer los niveles de Oxígeno Disuelto el que es importante para la vida acuática.

**Tabla 3-19** Resultados de OD

Resultados de Oxígeno Disuelto en % de Saturación					
Mes Monitoreo	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Promedio OD
P testigo	90	81	92	93,2	89,05
Punto 2	94	86	90,2	93,6	90,95
Punto 3	92	85	82	82,4	85,35
Punto 4	92	85	83	93	88,25

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-8** Valoración del Oxígeno Disuelto Promedio



Realizado por: Verónica Núñez

En el gráfico 8 se puede observar representado en % de saturación, los valores obtenidos de Oxígeno disuelto en los cuatro puntos de monitoreo de la microcuenca del río Zula, denotando claramente que en el punto testigo y 2 hay un alto porcentaje de saturación por encontrarse en la zona alta y ni presenta mayor intervención antrópica existiendo mayor aireación del agua; se

evidencia también en el punto 3 y 4 un decremento debido a que en esta zona existe actividad humana, agrícola, ganadera, encontrándose en la zona baja del sector de estudio.

Estos datos fueron comparados con un estudio efectuado en el sector de Cunuyacu de la provincia de Tungurahua en año 2010 y nos indica que el comportamiento del oxígeno disuelto está influenciado directamente con las actividades antrópicas ya que al existir la presencia de estas se verá afectado el % de saturación de OD.

### 3.3.5.3 Coliformes Fecales

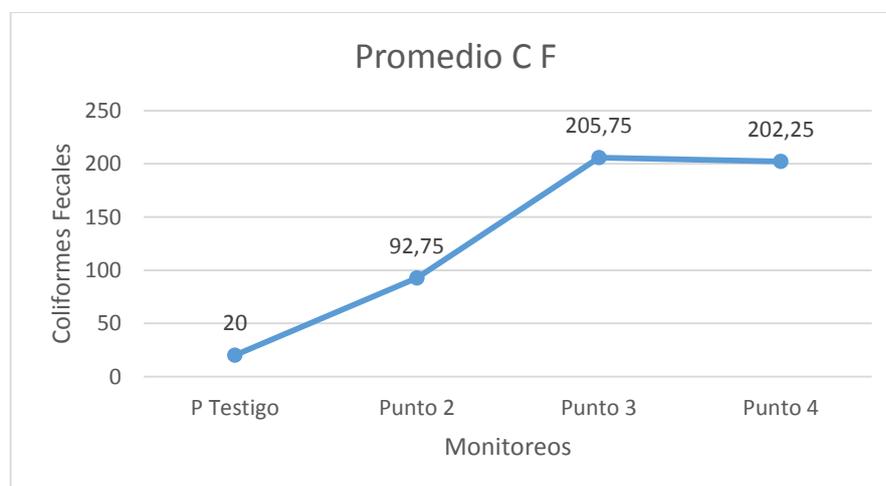
La presencia de coliformes fecales por medio de la bacteria *Escherichia coli* en el agua superficial es un indicador de contaminación por residuos humanos, animales o erosión del suelo.

**Tabla 3-20** Resultados de análisis de Coliformes Fecales

Resultados de Coliformes Fecales (UFC/100mL)					
Mes Monitoreo	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio C F
P testigo	0	35	20	25	20
Punto 2	70	25	88	188	92,75
Punto 3	362	312	60	89	205,75
Punto 4	315	276	146	80	202,25

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-9** Variación de Coliformes Fecales (UFC/100mL)



Realizado por: Verónica Núñez

El gráfico 9 muestra la variación de coliformes fecales existentes en los cuatro puntos de monitoreo de la microcuenca del río Zula, y se puede observar claramente un incremento en los puntos 3 y 4 el cual se debe a la presencia de actividades antrópicas, agrícolas y ganaderas en la zona; lo contrario sucede en el sector más alta que son los puntos 1 y 2 que se ve un descenso significativo ya que estas zonas no están intervenidas por el hombre.

Este parámetro analizado con otros estudios nos indica, que la presencia de CF se debe a la existencia de asentamientos humanos y las diferentes actividades que realizan, ya que, al no poseer conocimientos de prevención, efectúan sus descargas directo al curso hídrico provocando su contaminación.

#### 3.3.5.4 Potencial de Hidrógeno (pH)

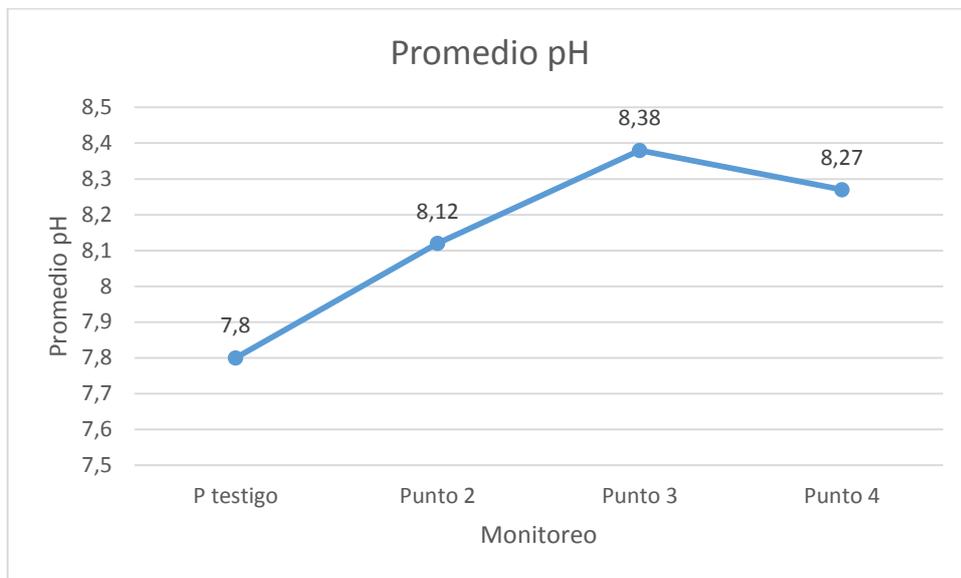
El potencial de hidrógeno o más conocido como pH es expresado en concentración de hidrógeno; el pH puede afectarse por componentes químicos en el agua lo que a su vez influye en la vida animal y vegetal del lugar.

**Tabla 3-21** Resultados de pH

<b>Resultados de Potencial de Hidrogeno (pH)</b>					
<b>Mes Monitoreo</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>Promedio pH</b>
P testigo	7,94	7,7	7,72	7,85	7,8
Punto 2	8,52	8,01	7,86	8,09	8,12
Punto 3	8,76	8,56	8,12	8,11	8,38
Punto 4	8,18	8,31	8,14	8,46	8,27

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-10** Variación de pH promedio



**Realizado por:** Verónica Núñez

El gráfico 10 representa la variación de pH de cada punto de monitoreo de la microcuenca del río Zula y se puede evidenciar un comportamiento alcalino encontrándose dentro de los límites permisibles para aguas de consumo. En el punto 3 se evidencia un pH mayor debido a que en el sector realizan las descargas directas al curso hídrico y a la existencia de actividades agrícolas y ganaderas por lo que el agua es más alcalina que en los anteriores puntos.

Los valores de pH estarán en relación directa con la existencia de actividades antrópicas que realizan cerca del curso hídrico.

#### 3.3.5.5 *Temperatura*

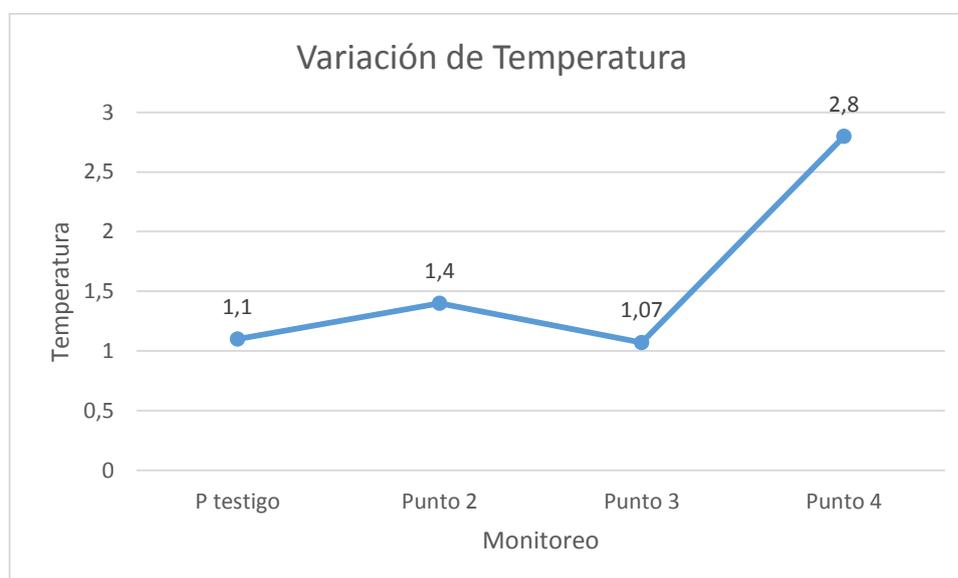
La determinación de este parámetro es importante para el análisis de laboratorio y los diferentes tratamientos en calidad del agua como estudios de polución de ríos, estudios limnológicos.

**Tabla 3-22** Resultados de temperatura promedio

Resultados de Temperatura					
Mes Monitoreo	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio T°
P testigo	0,6	1,2	0,4	2,2	1,1
Punto 2	1,5	1,2	0,8	2,08	1,4
Punto 3	1,2	0,7	0,9	1,5	1,07
Punto 4	1,2	1,3	6,2	2,5	2,8

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-11** Variación de temperatura promedio



Realizado por: Verónica Núñez

La variación de la temperatura se ve reflejada en el gráfico 11 en el que se puede observar por ser zona de páramo ésta no aumenta de forma considerable. Cabe señalar que a menor altura existirá un incremento de temperatura.

### 3.3.5.6 Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

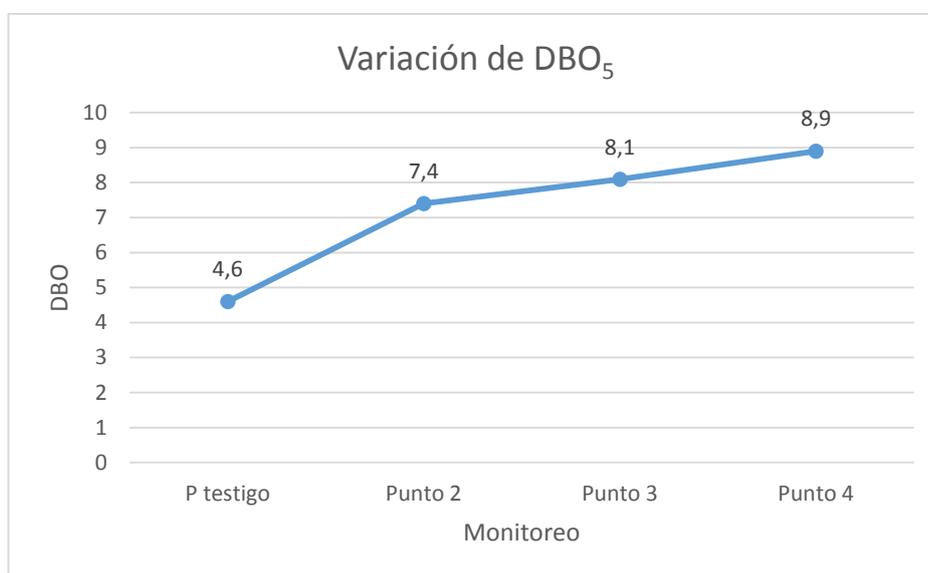
La DBO<sub>5</sub> es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas en cinco días a una temperatura de 20 °C.

**Tabla 3-23** Resultados de DBO<sub>5</sub>

Resultados de la Demanda Biológica de Oxígeno					
Mes Monitoreo	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio de DBO <sub>5</sub>
P testigo	4,62	4,85	4,52	4,52	4,6
Punto 2	7,2	6,73	7,57	8,19	7,4
Punto 3	9,65	7,43	6,56	8,7	8,1
Punto 4	9,65	7,89	8,32	9,72	8,9

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-12** Variación de la DBO<sub>5</sub>



Realizado por: Verónica Núñez

En el gráfico 12 se observa la variación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de la microcuenca del río Zula evidenciándose una tendencia ascendente en los últimos puntos ya que contiene mayor cantidad de materia orgánica lo que se atribuye a que en los sectores bajos hay la presencia de asentamientos humanos que realizan actividades agrícolas y ganaderas y el agua del río necesita mayor cantidad de oxígeno para poder degradar esta materia orgánica.

Se puede hacer una comparación clara con un estudio similar e indican que la existencia de actividades antrópicas es la principal afectación en la variación de la DBO<sub>5</sub> ya que necesitan más cantidad de OD para poder degradar la materia orgánica generada por las personas que habitan cerca del sector de la zona de estudio.

### 3.3.5.7 Turbidez

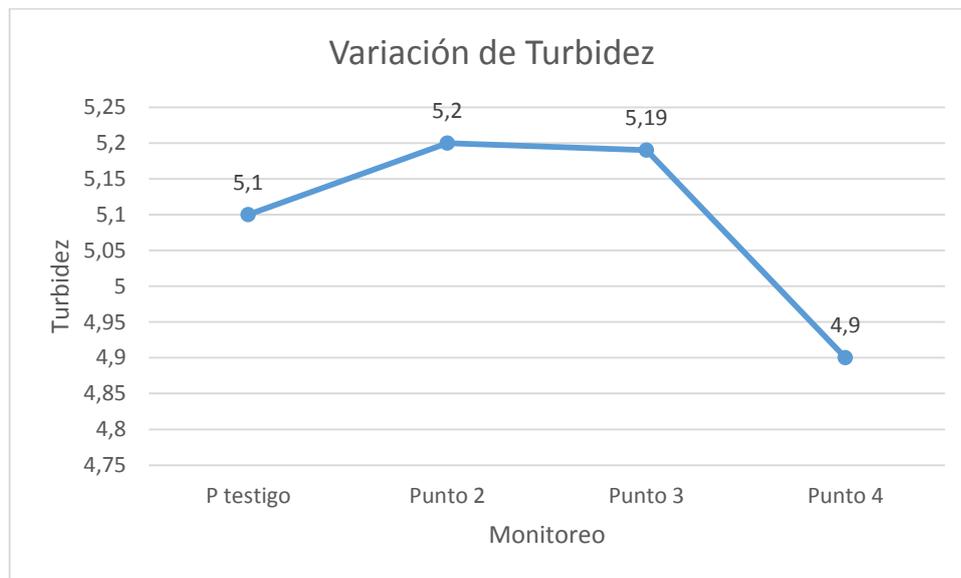
Indica la cantidad de materia solida suspendida en el agua y es medida por la luz que se refleja a través de esta materia, puede ser de diferentes tamaños como arena o partículas coloidales.

**Tabla 3-24** Resultado de Turbidez

Resultados de Turbidez					
Mes Monitoreo	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio turbidez
P testigo	6,49	4,26	2,61	7,03	5,1
Punto 2	8,17	8,12	1,91	2,77	5,2
Punto 3	8,04	6,24	2,03	4,45	5,19
Punto 4	7,44	5,4	1,76	5,02	4,9

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-13** Valoración de Turbidez



Realizado por: Verónica Núñez

En la gráfica 13 se nota un comportamiento estable de turbidez hasta llegar al punto 4, donde se observa una disminución lo que puede darse porque el recurso hídrico arrastra mayor cantidad de sólidos.

### 3.3.5.8 Nitratos

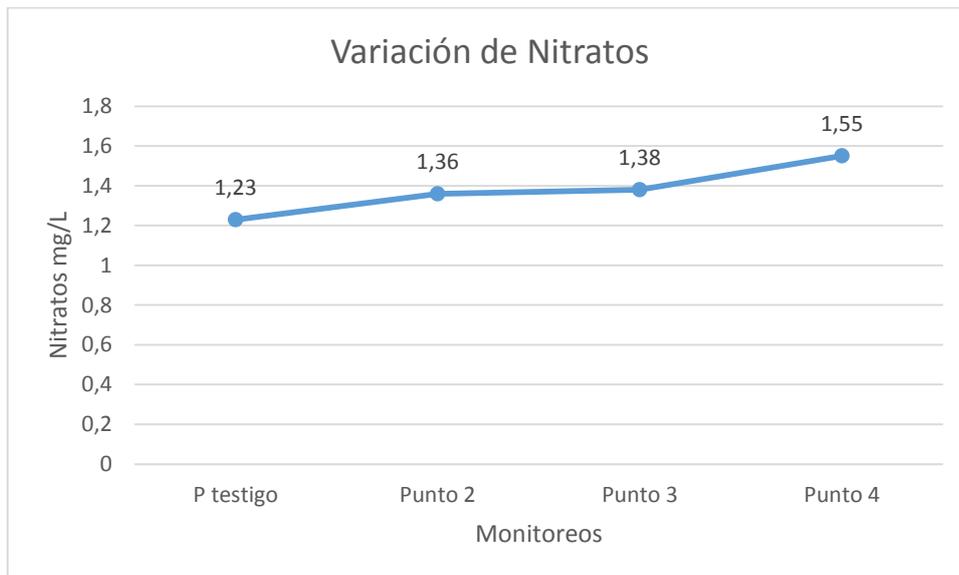
Los nitratos pueden provenir de fertilizantes, aguas negras o desechos industriales, y puede causar la eutrofización de lagos o pozas.

**Tabla 3-25** Resultados de nitratos

Resultados de Nitratos					
Mes Monitoreo	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio de Nitratos
P testigo	1,5	1,19	1,36	0,89	1,23
Punto 2	1,7	1,53	1,29	0,92	1,36
Punto 3	1,9	1,76	0,95	0,93	1,38
Punto 4	1,9	1,74	1,36	1,23	1,55

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-14** Variación de Nitratos



Realizado por: Verónica Núñez

Se observa en el gráfico 14 la variación de nitratos en la microcuenca del río Zula que son bajos y estables lo que indica que la depuración del río es buena, se puede apreciar un pequeño incremento en el punto 3 y 4 debido a que en este lugar existe actividad antrópica que se dedica a la agricultura y ganadería.

Se relaciona con estudios en otros páramos, podemos decir que tiene un comportamiento similar, es decir sólo en ciertos puntos existe un elevado nivel de nitratos por actividades agropecuarias realizadas por habitantes del sector.

### 3.3.5.9 Fosfatos

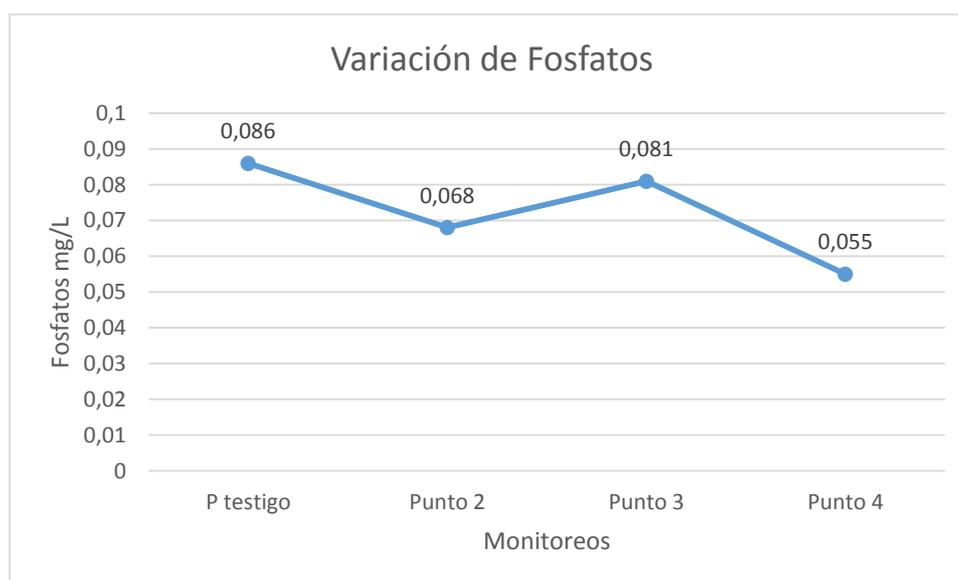
Los fosfatos se los encuentra en fertilizantes; el fósforo está presente en aguas naturales en forma de fosfatos y actúan como nutrientes para las plantas.

**Tabla 3-26** Resultados de fosfatos

Resultados de Fosfatos					
Mes Monitoreo	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio de Fosfatos
P testigo	0,15	0,07	0,07	0,054	0,086
Punto 2	0,1	0,03	0,09	0,099	0,068
Punto 3	0,1	0,05	0,115	0,061	0,081
Punto 4	0,1	0,03	0,04	0,05	0,055

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-15** Variación de fosfatos



Realizado por: Verónica Núñez

El gráfico 15 muestra que los valores de fosfatos en los 4 puntos de monitoreo en la microcuenca del río Zula, son estables y bajos, pese a que en la zona 3 y 4 existe actividad antrópica dedicadas a actividades agrícolas y ganaderas lo que indica que el curso hídrico tiene una buena capacidad de recuperación, siendo una condición buena para el río.

### 3.3.5.10 Sólidos Totales.

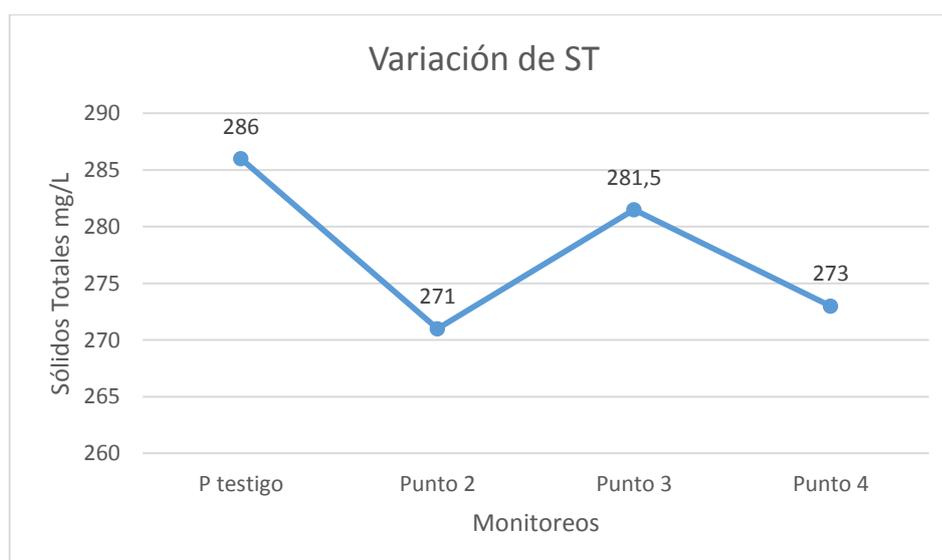
Este parámetro representa es la cantidad de materia sólida presente en el agua, que luego de ser sometidos a procesos de evaporación y secado a 103 °C queda en forma de residuos.

**Tabla 3-27** Resultado de Sólidos Totales

Resultados de Sólidos Totales					
Mes Monitoreo	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio de ST (ppm)
P testigo	248	250	322	324	286
Punto 2	328	284	228	244	271
Punto 3	296	396	268	166	281,5
Punto 4	296	228	232	336	273

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-16** Variación de Sólidos Totales



Realizado por: Verónica Núñez

En el gráfico 16 se puede observar que los valores de sólidos totales de la microcuenca tienen una tendencia decreciente, en el punto 3 es alto lo que se da por la presencia de una carretera de segundo orden y existe contaminación un alto contenido de sólidos influenciados por las características del terreno.

### 3.3.6 Relación entre parámetros Físicos – Químicos

Para el estudio de la microcuenca del río Zula se realiza las siguientes relaciones entre los parámetros físico -químicos más importantes.

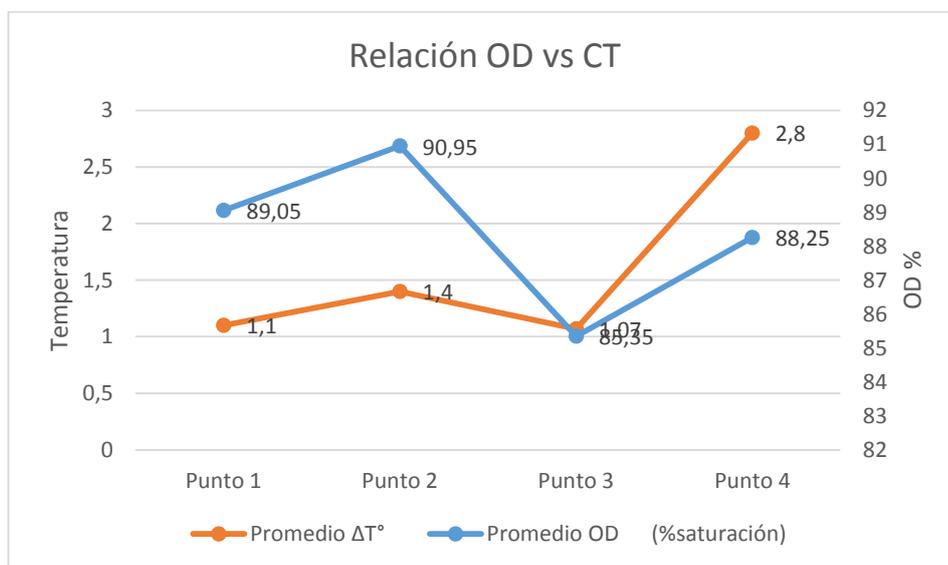
#### 3.3.6.1 Oxígeno Disuelto – Cambio de Temperatura

**Tabla 3-28** Relación OD vs  $\Delta T$

Monitoreo	Promedio OD (%saturación)	Promedio $\Delta T^\circ$
Punto 1	89,05	1,1
Punto 2	90,95	1,4
Punto 3	85,35	1,07
Punto 4	88,25	2,8

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-17** Relación Oxígeno Disuelto vs Cambio de Temperatura



Realizado por: Verónica Núñez

La relación de Oxígeno Disuelto vs el Cambio de Temperatura es representada en el gráfico 17, en el que se puede evidenciar un comportamiento típico en el cuarto punto ya que se nota un incremento de temperatura lo cual produce una disminución de porcentaje de oxígeno disuelto, este comportamiento es lo contrario en los tres puntos anteriores ya que se nota una baja temperatura que se puede dar la presencia de afluentes que influyen en una mejor oxigenación.

En relación con el estudio efectuado en la provincia de Tungurahua, este parámetro tiene una concordancia con la relación proporcional entre el cambio de temperatura y oxígeno disuelto ya que a menor temperatura mayor será la concentración de OD y viceversa; es decir nuestro estudio y el análisis de este parámetro están desarrollados correctamente.

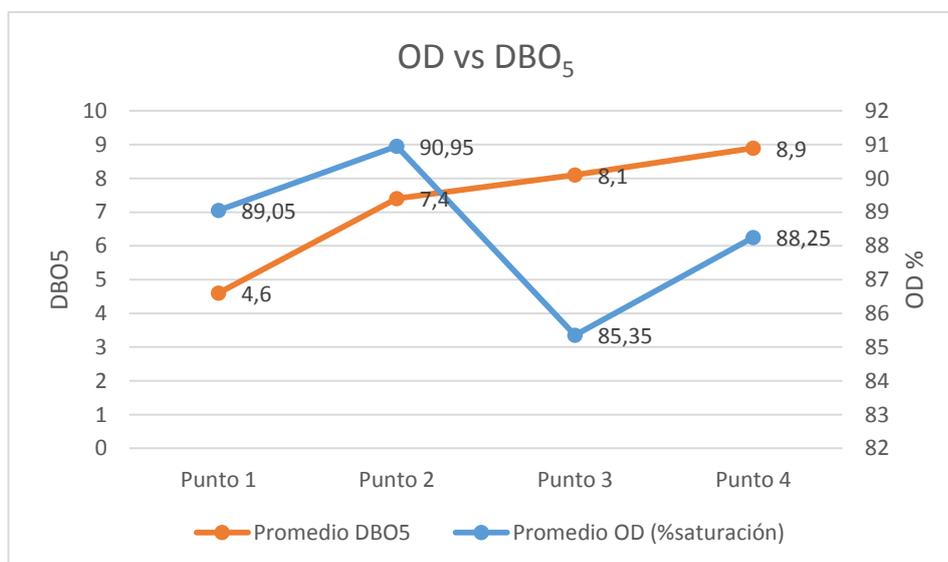
### 3.3.6.2 Oxígeno Disuelto – DBO<sub>5</sub>

**Tabla 3-29** Relación OD vs DBO<sub>5</sub>

Monitoreo	Promedio OD (%saturación)	Promedio DBO <sub>5</sub>
Punto 1	89,05	4,6
Punto 2	90,95	7,4
Punto 3	85,35	8,1
Punto 4	88,25	8,9

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-18** Relación Oxígeno Disuelto vs DBO<sub>5</sub>



Realizado por: Verónica Núñez

El gráfico 18 representa la relación inversa de Oxígeno Disuelto con la DBO<sub>5</sub>, es decir que mientras más cantidad de oxígeno disuelto hay en el agua, menor será el requerimiento de DBO; pero si existe mayor cantidad de materia orgánica como es el caso del punto 3, menor es la cantidad de OD en el agua del río.

Al relacionar este parámetro con el estudio efectuado en la provincia de Tungurahua, podemos decir que por ser páramos y su poca actividad antrópica poseen un comportamiento similar, pero con distintos valores, que nos indican el estado de este sector importante para el ecosistema.

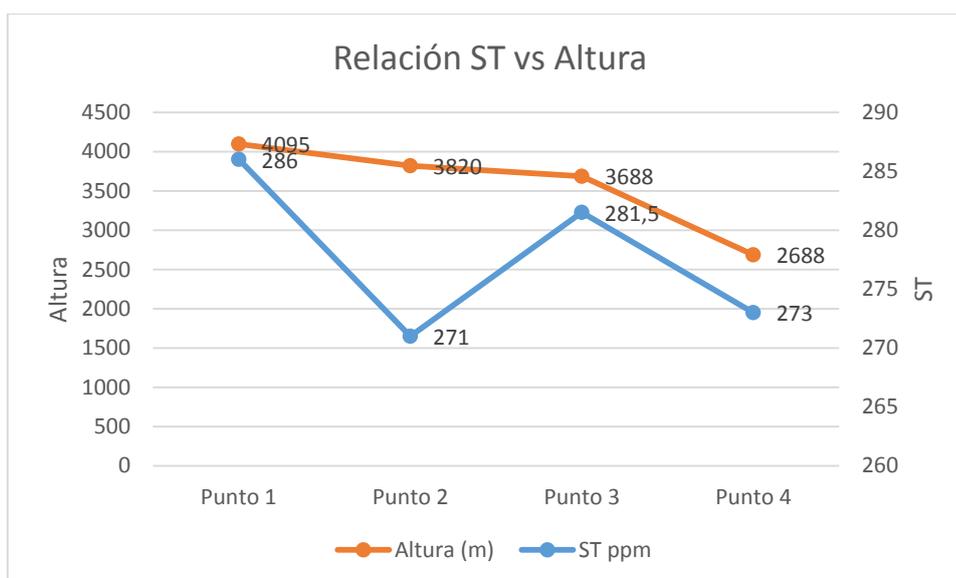
### 3.3.6.3 Sólidos Totales – Altura

**Tabla 3-30** Relación solidos totales vs altura

Monitoreo	ST ppm	Altura (m)
Punto 1	286	4095
Punto 2	271	3820
Punto 3	281,5	3688
Punto 4	273	2688

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-19** Relación Sólidos Totales vs Altura



Realizado por: Verónica Núñez

En la relación de Sólidos Totales con la Altura se da por el arrastre de partículas por la corriente del río desde la zona altas hasta llegar al punto 4 en donde existen carreteras.

Al comparar esta relación denota una variación en la provincia de Tungurahua por que el cauce del río en el sector de Colorado tiene la desembocadura al río principal que es el río Ambato y durante el trayecto final sufre descargas industriales.

### 3.3.7 Índice de Calidad del Agua

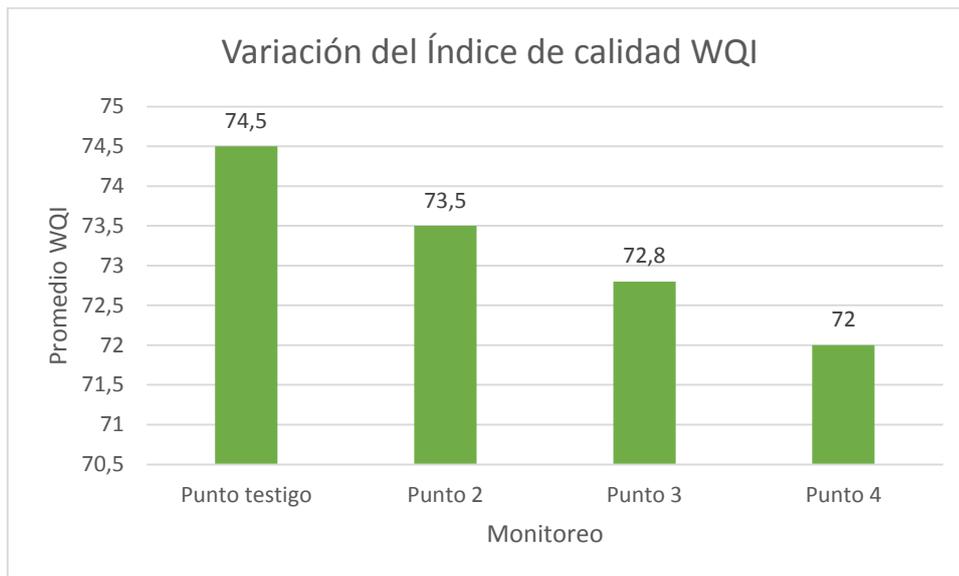
El índice de calidad del agua (WQI), da a conocer el grado de contaminación que posee el recurso hídrico en el momento que se realiza el monitoreo; si un valor de WQI es cercano a 0 % indica que el agua está altamente contaminada, pero si su valor es cercano a 100% el agua es de excelentes condiciones.

**Tabla 3-31** Resultados de índice de calidad del agua

<b>Resultados de índice de calidad del agua (WQI) encontrados en los puntos de monitoreo</b>					
<b>Puntos</b>	<b>Monitoreo 1</b>	<b>Monitoreo 2</b>	<b>Monitoreo 3</b>	<b>Monitoreo 4</b>	<b>Promedio</b>
<b>Punto testigo</b>	74	76	71	77	74,5
<b>Punto 2</b>	70	75	74	75	73,5
<b>Punto 3</b>	71	72	74	74	72,8
<b>Punto 4</b>	72	72	72	72	72

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-20** Variación WQI



**Realizado por:** Verónica Núñez

Los resultados del Índice de Calidad del Agua en los diferentes puntos de monitoreo se detalla en el gráfico, los cuales se obtuvo del análisis de parámetros físico – químico y microbiológicos, desarrollados en el transcurso de la investigación de la Microcuenca del Río Zula, dando como resultado un índice de calidad **BUENA**, pero se evidencia una disminución en la puntuación en el punto 4 que se da por la evidente actividad humana del sector, pero pese a esto no afecta el WQI en el último punto.

### 3.3.8 Índice Biológico

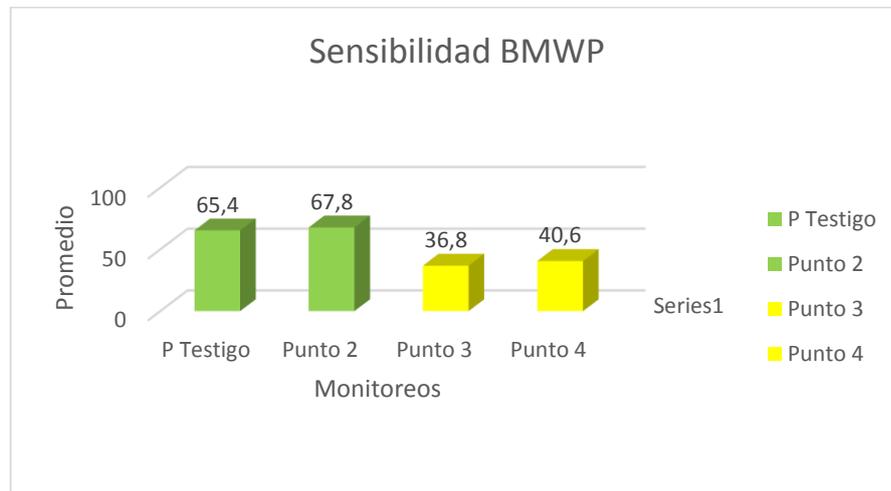
El índice biológico BMWP se caracteriza por la valoración de los grupos existentes de macroinvertebrados que será identificado hasta el nivel de familia. Si existe un valor cercano a 10 es porque las aguas del curso hídrico son limpias, lo contrario sucederá si su valor es cercano a cero indica un grado de contaminación.

**Tabla 3-32** Resultados de monitoreo del índice BMWP

Punto	Puntuación	Calidad
P Testigo	65,4	Aceptable
Punto 2	67,8	Aceptable
Punto 3	36,8	Dudosa
Punto 4	40,6	Dudosa

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-21** Variación del Índice BMWP



Realizado por: Verónica Núñez

De acuerdo a los resultados obtenidos para el Índice de Sensibilidad BMWP en los puntos monitoreados durante el periodo de muestreo en la microcuenca del río Zula la calidad varía de ACEPTABLE en los meses de septiembre y octubre a DUDOSA en noviembre y diciembre, este comportamiento está ligado a la presencia de macroinvertebrados de alta y baja sensibilidad y el caudal de la zona ya que este arrastra a los microorganismos por lo que el índice disminuye. La existencia de carreteras y actividad humana cercana al curso hídrico, influyendo en la contaminación y disminución de macroinvertebrados.

### 3.3.8.1 Macroinvertebrados encontrados

**Tabla 3-33** Ordenes y familias encontradas

ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	VALOR BMWP	OBSERVACIÓN
Coleoptera	<i>Scirtidae</i>	208	7	Mayor número encontrado Punto Testigo
Anfípoda	<i>Hyaellidae</i>	920	7	Mayor número encontrado Punto Testigo
Díptera	<i>Simuliidae</i>	552	7	Mayor número encontrado Punto Testigo
Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	2294	7	Mayor número encontrado Punto Testigo
Trichoptera	<i>Leptoceridae</i>	313	8	Mayor número encontrado Punto Testigo
Coleóptera	<i>Elmidae</i>	864	6	Mayor número encontrado Punto 2
Plecoptera	<i>Gypopterygidae</i>	17	10	Mayor número encontrado Punto 2
Plecoptera	<i>Perlidae</i>	117	10	
Trichoptera	<i>Calomoceratidae</i>	3	8	Mayor número encontrado Punto 2
Trichoptera	<i>Hydrobiosidae</i>	101	9	Mayor número encontrado Punto 2
Annelida	<i>Hirudinea</i>	64	1	Mayor número encontrado Punto 4
Annelida	<i>Tubificidae</i>	269	1	Mayor número encontrado Punto 4
Díptera	<i>Ceratopogonidae</i>	35	2	Mayor número encontrado Punto 4

Realizado por: Verónica Núñez

En la tabla se detalla los macroinvertebrados existentes en un curso hídrico que se los clasificó en órdenes o familias dando un valor, que indica que las condiciones en general de la microcuenca son aceptables para el desarrollo de vida de estos bioindicadores.

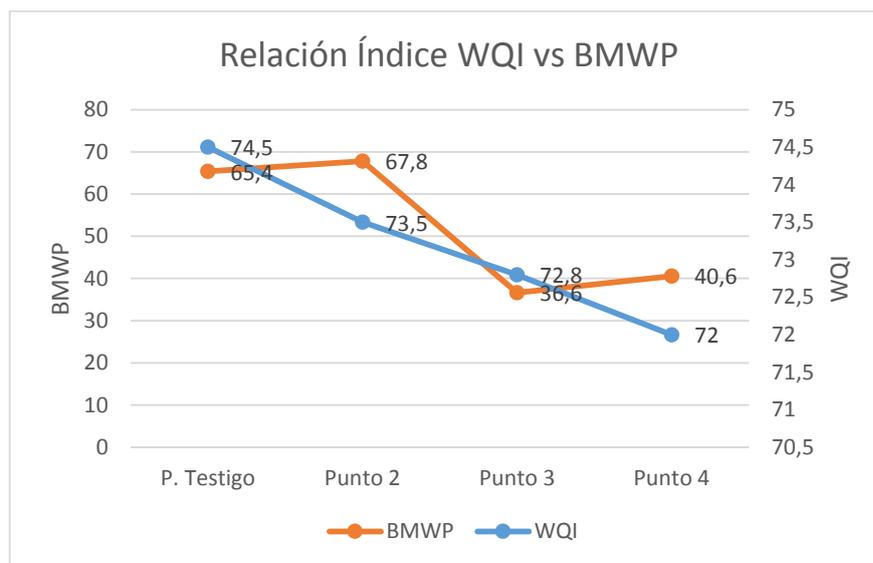
## Relación de índice WQI vs índice BMWP

**Tabla 3-34** Valores de índice WQI vs índice BMWP de la microcuenca del río Zula

Puntos	WQI	BMWP
P. Testigo	74,5	65,4
Punto 2	73,5	67,8
Punto 3	72,8	36,6
Punto 4	72	40,6

Realizado por: Verónica Núñez

**Gráfico 3-22** Relación de los índices WQI y BMWP



Realizado por: Verónica Núñez

El gráfico 22 denota la relación existente con el Índice de Sensibilidad BMWP vs el Índice de Calidad WQI en los 4 puntos de monitoreo de la microcuenca del Río Zula; aquí se puede apreciar un comportamiento similar en los dos parámetros, es decir que al disminuir el WQI también baja el BMWP. En el punto 4 se observa que hay un aumento de BMWP que puede darse por condiciones favorables para un incremento de familias de macroinvertebrados. Los factores físicos– químicos y bacteriológicos debido a la temporalidad estos se alteran.

## Relación Calidad – Cantidad – Actividades Antrópicas

**Tabla 3-35** Valoración de la cantidad – calidad y actividades antrópicas de la microcuenca

Zona	Cantidad L/s	Calidad		Actividades antrópicas
		WQI	BMWP	
Alta	140 – 36	Buena	Aceptable	No intervenida
Media	70 -9	Buena	Aceptable	Actividades agropecuarias
Baja	150 -7	Buena	Dudosa	Asentamientos humanos, presencia de carreteras

Realizado por: Verónica Núñez

En la tabla desarrollada anteriormente se observa la relación de la calidad y cantidad de agua con las actividades antrópicas dando como resultado, que en la zona alta de la microcuenca no está intervenido por el hombre, lo cual es favorable para el caudal y calidad del agua siendo sus condiciones naturales. En la parte media existe actividades humanas lo que afecta en la disminución de caudal porque es utilizado para las actividades agropecuarias de la zona, pero pese a esto la calidad del agua es buena. En la zona baja, la calidad del agua se ve afectada por la existencia de carreteras y la actividad humana dedicada a la ganadería y la agricultura lo cual se ve reflejado en sus valores con la presencia de macroinvertebrados.

## CONCLUSIONES

- Según los requerimientos técnicos del lugar se identificaron cuatro puntos de monitoreo en la microcuenca siendo estos (en coordenadas WGS84-TABLA2-1) en la zona alta (punto testigo) pastoreo silvestre; zona media (punto 2 y 3) agricultura, pastoreo; zona baja (punto 4) ganadería, agricultura, pastoreo y descargas domésticas.
- La oferta hídrica de la microcuenca del Río Zula, según el método del flotador presenta un caudal de 10,46 L/s el cual es destinado para riego; la oferta hídrica total es de 74,46 L/s, y la oferta neta es de 48,68 L/s; valores que demuestran un equilibrio favorable en la microcuenca.
- La evaluación de la calidad del agua en la microcuenca mediante el Índice BMWP determina que en los dos primeros puntos de monitoreo el agua es de calidad ACEPTABLE con un valor promedio de 66,6%; mientras que en los dos últimos puntos la calidad DUDOSA con un promedio de 38,7%. Mientras que según el Índice WQI en los 4 puntos analizados la calidad del agua es BUENA con un promedio de 73,18%.
- En función a los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, se concluye que las actividades antropogénicas no tienen influencia directa en la calidad y cantidad del agua de la microcuenca y que el curso hídrico posee una buena autodepuración.

## **RECOMENDACIONES**

- Mantener un seguimiento durante un año en la microcuenca del Río Zula, para obtener mayor información en estación seca y estación húmeda para poder realizar una comparación del comportamiento del curso hídrico y corroborar los resultados de la investigación realizada.
- Para futuras investigaciones la toma de punto testigo se realice a mayor altura ya que por la creciente población y sus actividades se verá influenciado en la obtención de datos
- Socializar los resultados de la investigación con los habitantes del sector para que conjuntamente se aplique métodos de conservación y desarrollo sustentables del páramo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**CAMAREN, AVSF.** *Clasificación utilizada en el proceso de capacitación en la Sistematización de las tesis sobre Páramos Camaren.* 2006 -2007

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS.** *Parámetros y Características Microbiológicas.* [En línea] 06 de 2015. Disponible en [http://www.navarra.es/home\\_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/CaracteristicasMicrobiologicas.htm](http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/CaracteristicasMicrobiologicas.htm).

**CARRERA, Carlos y FIERRO, Karol.** *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua.* Quito - Ecuador : Ecociencia, 2009. págs. 27-32; 43-57

**LEIVA, J.** *Macroinvertebrados Bentónicos como bioindicadores de calidad del agua.* Perú : Universidad Católica de Temuco, 2004. pág. 150.

**LOBOS, José.** *La calidad del agua del Río Sucio en la zona del Valle San Andrés.* (2 ed.). El Salvador : s.n., 2005. pág. 14.

**MENA, Patricio y HOFSTEDE, Robert.** *Los Páramos Ecuatorianos.* [ed.] Ollgaard, L.P. Kvist, F. Borchsenius. H. Balslev M. Morales R. Quito : s.n., 2006.

**MENA, Patricio y MEDINA, Galo.** *Biodiversidad de los páramos.* Quito : Abya-Yala, 2000.

**ROJAS, Oscar.** *Manual básico para medir caudales.* Quito -Ecuador : FONAG, 2006. págs. 8-13.

**ROLDÁN, Gabriel.** *Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la Calidad del Agua* . Departamento de Biología . Medellín , Universidad de Antioquia, Colombia : s.n., 1999.

**ROLDÁN, Gabriel.** *Biological Monitoring Working Party (BMWP)*. 2002.

**ROMERO, Jairo.** *Calidad del Agua*. Colombia : Nomos, 2007. págs. 67-68; 71-94; 133-135; 173.

**SHENG, T.C.** *Manual de Campo para la Ordenacion de Cuneca hidrograficas*. 1992.

**STUDHOLME, Ashley.** *Manual metodologico para el monitoreo de calidad de agua con macroinvertebrados*. Riobamba - Ecuador : Graficas Basantes, 2012. pág. 35.

**WORLD, Vision.** *Manual de manejo de Cuencas*. s.l. : Oficina de Word Vision, 2010. págs. 10-12;42-45.

**ZURY, William.** *Manual de Planificación y Genti3n Participativa de Cuencas y Microcuencas*. Ibarra - Ecuador : Soboc, 2008. págs. 6-60.

## ANEXOS

**Anexo A.** Hoja de datos para la caracterización de la microcuenca del río Zula

<b>Caracterización de Microcuencas</b>						
Microcuenca:		Parroquia:		Cantón:		
Subcuenca:		Cuenca:		Latitud:		
				Longitud:		Altitud:
Tema de Investigación:						
Responsable:						
Fecha:		Hora:		Mes		

<b>Características del Área de Estudio</b>			
Uso del Suelo	Topografía	Carreteras	Aledaños

Bosque	Urbano	Plana	Ondulada	Quebrada		1er. O	
Rastrojo	Petreo		Presencia de animales			2do. O	
Agrícola	Otro	Vacuno	Ovino-Bovino	Porcino		3ro. O	
<b>Tipo de Textura</b>			<b>Tipos de Erosión</b>			<b>Condiciones climáticas</b>	
Arenoso	Arcilloso	Laminar	Cárcavas/derrumbes			Lluvia (24 horas)	
Fr-arenoso	Limoso	S.sin protección	Roca madre		No	Poca	Mucha

<b>Características del cuerpo de Agua</b>									
<b>Ancho del Río (m)</b>		<b>Largo del río (m)</b>	<b>Profundidad (m)</b>		<b>Vegetación</b>			<b>Zona de muestreo</b>	
1	5 a 10		0.1	0.5 a 0.75	Algas	Detritos orgánicos		Poza	Rabión
1 a 2	10 a 20	Medida/Regleta(m)	0.1 a 0.3	0.75 a 1	Musgos	Plantas emergentes		Plano	Cascada
2 a 5	20		0.3 a 0.5	1				Rápido	

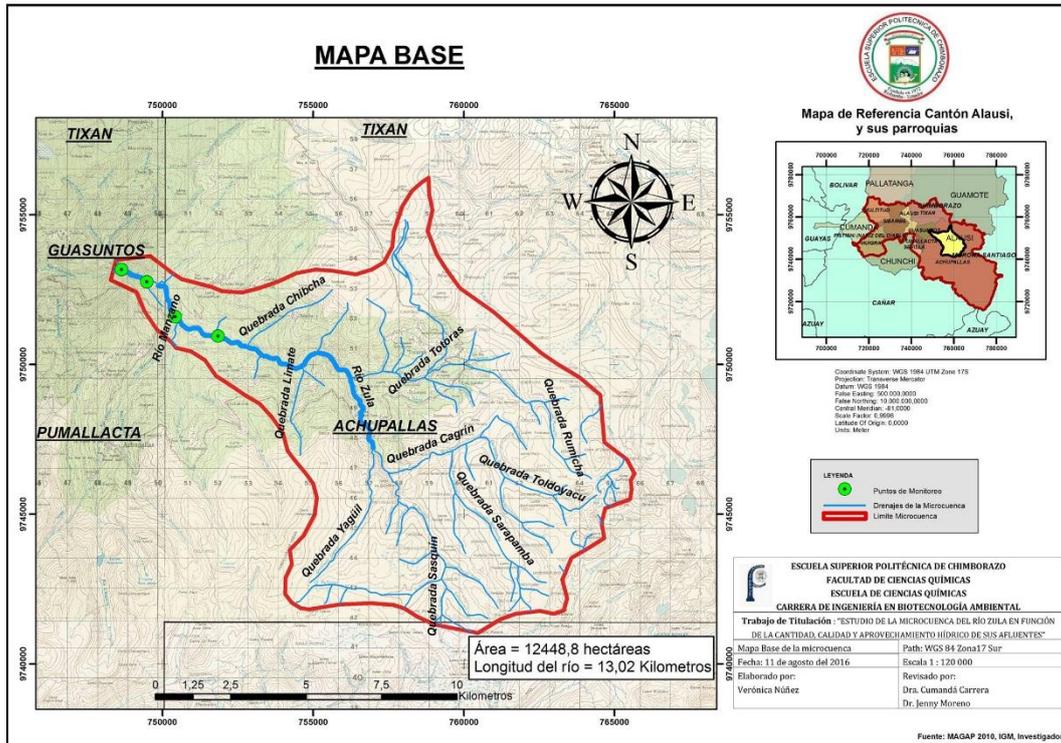
**Anexo B.** Hoja de datos para determinación de caudal

<b>HOJA DE CAMPO PARA DATOS DE CAUDAL</b>		
<b>Fecha:</b>		
<b>Punto de monitoreo:</b>		
<b>Datos:</b>		
<b>Distancia Recorrida (m)</b>		
<b>Tiempos (s)</b>	<b>T 1</b>	
	<b>T 2</b>	
	<b>T 3</b>	
	<b>T 4</b>	
<b>Profundidades (m)</b>	<b>P 1</b>	
	<b>P 2</b>	
	<b>P 3</b>	
	<b>P 4</b>	
<b>Ancho del Río (m)</b>		
<b># Subsecciones del ancho</b>		
<b>Factor de correccion</b>		<b>0,66</b>





# Anexo E Mapa base



**Anexo F.** Interpolación de temperatura y oxígeno para obtener el porcentaje de saturación

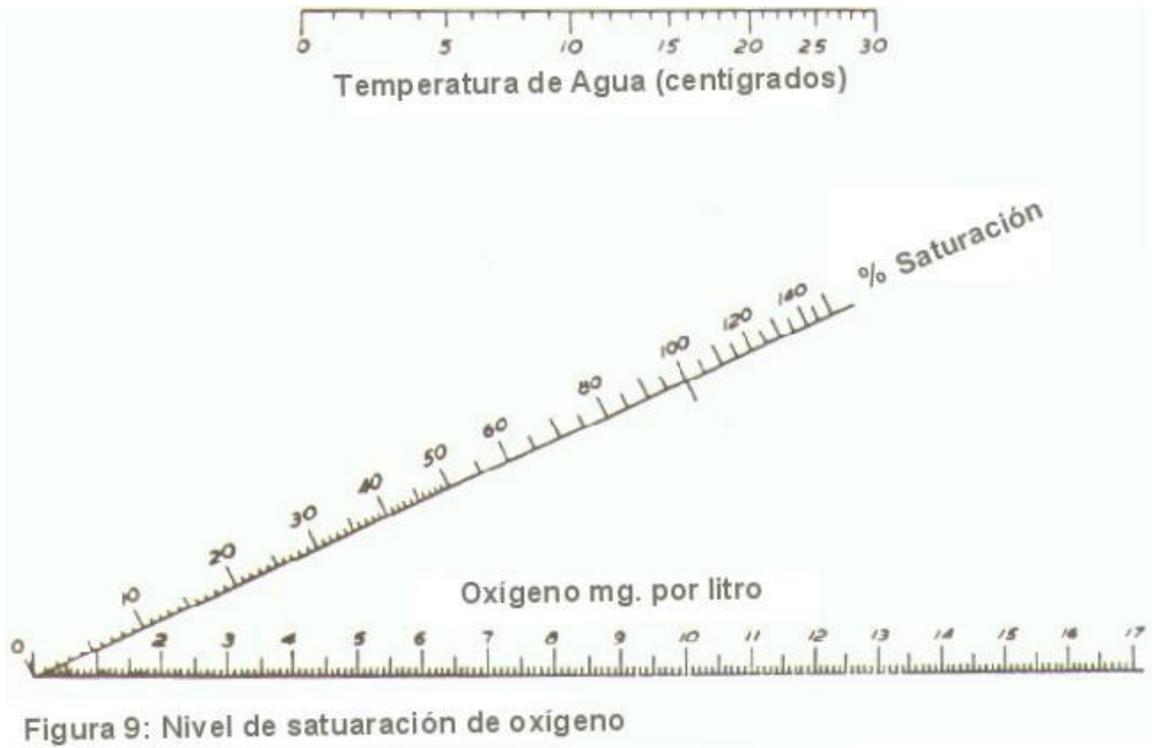


Figura 9: Nivel de saturación de oxígeno

**Anexo G.** Análisis de los parámetros físico –químicos.

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA  
PROVINCIA DE CHIMBORAZO  
PROMAREN  
INFORME DE ANÁLISIS DE LABORATORIO**

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (P Testigo)

Fecha de análisis: 14/09/2015

Parámetros	Unidad	Valor Promedio		I	W*I
		Valor	V. Análisis		
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	90	90	15,3
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	189	35	5,6
pH	pH	0.11	7,94	81	8,91
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	4,62	53	5,83
Temperatura	°C	0.1	0,6	91	9,1
Fosfatos	mg/L	0.1	0,15	90	9
Nitratos	mg/L	0.1	1,5	94	9,4
Turbidez	NTU	0.08	6,49	80	6,4
Sólidos Totales	mg/L	0.07	248	61	4,27
Valor WQI				<b>74</b>	
Calidad de Agua				<b>Buena</b>	

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto 2)

Fecha de análisis: 14/11/2015

Parámetros	Unidad	Valor Promedio		I	W*I
		Valor	V. Análisis		
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	94	98	16,66
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	987	25	4
pH	pH	0.11	8,52	64	7,04
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	7,2	43	4,73
Temperatura	°C	0.1	1,5	86	8,6
Fosfatos	mg/L	0.1	0,1	95	9,5
Nitratos	mg/L	0.1	1,7	94	9,4
Turbidez	NTU	0.08	6,17	79	6,32
Solidos Totales	mg/L	0.07	248	55	3,85
Valor WQI					<b>70</b>
Calidad de Agua					<b>Buena</b>

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto 3)

Fecha de análisis: 14/09/2015

Parámetros	Unidad	Valor Promedio		I	W*I
		Valor	V. Análisis		
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	92	98	16,66
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	500	31	4,96
pH	pH	0.11	8,76	56	6,16
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	9,65	36	3,96
Temperatura	°C	0.1	1,2	88	8,8
Fosfatos	mg/L	0.1	0,1	97	9,7
Nitratos	mg/L	0.1	1,9	94	9,4
Turbidez	NTU	0.08	8,04	86	6,88
Solidos Totales	mg/L	0.07	296	68	4,76
Valor WQI					<b>71</b>
Calidad de Agua					<b>Buena</b>

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto 4)

Fecha de análisis: 14/09/2015

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	92	99	16,83
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	500	35	5,6
Ph	pH	0.11	8,76	61	6,71
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	9,65	38	4,18
Temperatura	°C	0.1	1,2	88	8,8
Fosfatos	mg/L	0.1	0,1	96	9.6
Nitratos	mg/L	0.1	1,9	94	9,4
Turbidez	NTU	0.08	8,04	80	6,4
Solidos Totales	mg/L	0.07	296	62	4,34
Valor WQI					72
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (P testigo)

Fecha de análisis: 18/10/2015

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	81	87	14,79
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	85	45	7,2
pH	pH	0.11	7,7	87	9,57
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	4,85	56	6,16
Temperatura	°C	0.1	1,2	87	8,7
Fosfatos	mg/L	0.1	0,07	95	9,5
Nitratos	mg/L	0.1	1,19	97	9,7
Turbidez	NTU	0.08	4,26	86	6,02
Solidos Totales	mg/L	0.07	250	65	4,55
Valor WQI					76
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto 2)

Fecha de análisis: 18/10/2015

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	86	92	15,64
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	264	35	5,6
pH	pH	0.11	8,01	84	9,24
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	6,73	47	5,17
Temperatura	°C	0.1	1,2	88	8.8
Fosfatos	mg/L	0.1	0,03	99	9.9
Nitratos	mg/L	0.1	1,53	95	9,5
Turbidez	NTU	0.08	8,12	80	6,4
Solidos Totales	mg/L	0.07	284	62	4,34
Valor WQI					75
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto 3)

Fecha de análisis: 18/10/2015

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	85	90	15,3
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	150	45	7,2
pH	pH	0.11	8,56	63	6,93
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	7,43	42	4,62
Temperatura	°C	0.1	0,7	89	8,9
Fosfatos	mg/L	0.1	0,05	98	9,8
Nitratos	mg/L	0.1	1,76	96	9,6
Turbidez	NTU	0.08	6,24	83	6,64
Solidos Totales	mg/L	0.07	396	48	3,36
Valor WQI					72
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto 4)

Fecha de análisis: 18/10/2015

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	85	91	15,47
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	800	24	3,84
pH	pH	0.11	8,31	73	8,03
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	7,89	46	5,06
Temperatura	°C	0.1	1,3	88	8,8
Fosfatos	mg/L	0.1	0,03	99	9,9
Nitratos	mg/L	0.1	1,74	95	9,5
Turbidez	NTU	0.08	5,4	86	6,88
Sólidos Totales	mg/L	0.07	228	69	4,83
Valor WQI					72
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (P Tetigo)

Fecha de análisis: 22/11/2016

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	92	96	16,32
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	53	51	8,16
pH	pH	0.11	7,72	89	9,79
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	4,52	56	6,16
Temperatura	°C	0.1	0,4	90	9,0
Fosfatos	mg/L	0.1	0,07	96	9,6
Nitratos	mg/L	0.1	1,36	95	9,5
Turbidez	NTU	0.08	2,61	90	7,2
Sólidos Totales	mg/L	0.07	322	55	3,85
Valor WQI					71
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto 2)

Fecha de análisis: 22/11/2016

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	90,2	95	16,15
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	64	36	5,76
pH	pH	0.11	7,86	83	9,13
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	7,57	37	4,07
Temperatura	°C	0.1	0,8	84	8,4
Fosfatos	mg/L	0.1	0,09	95	9,5
Nitratos	mg/L	0.1	1,29	94	9,4
Turbidez	NTU	0.08	1,91	91	7,28
Sólidos Totales	mg/L	0.07	228	65	4,55
Valor WQI					74
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto 3)

Fecha de análisis: 22/11/2016

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	82	87	14,79
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	270	43	6,88
pH	pH	0.11	8,12	78	8,58
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	6,56	40	4,4
Temperatura	°C	0.1	0,9	85	8,5
Fosfatos	mg/L	0.1	0,115	96	9,6
Nitratos	mg/L	0.1	0,95	94	9,4
Turbidez	NTU	0.08	2,03	84	6,72
Sólidos Totales	mg/L	0.07	268	75	5,25
Valor WQI					74
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto 4)

Fecha de análisis: 22/11/2016

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	83	88	14,96
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	210	35	5,6
pH	pH	0.11	8,14	76	8,36
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	8,32	41	4,51
Temperatura	°C	0.1	6,2	65	6,5
Fosfatos	mg/L	0.1	0,04	96	9,6
Nitratos	mg/L	0.1	1,36	97	9,7
Turbidez	NTU	0.08	1,76	94	7,52
Solidos Totales	mg/L	0.07	232	68	4,76
Valor WQI					72
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (P Tetigo)

Fecha de análisis: 12/12/2016

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	93,2	96	16,32
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	57	48	7,68
pH	pH	0.11	7,85	85	9,35
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	4,52	56	6,16
Temperatura	°C	0.1	2,2	84	8,4
Fosfatos	mg/L	0.1	0,054	98	9,8
Nitratos	mg/L	0.1	0,894	94	9,4
Turbidez	NTU	0.08	7,03	81	6,48
Solidos Totales	mg/L	0.07	324	56	3,92
Valor WQI					77
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto 2)

Fecha de análisis: 12/12/2016

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	93,6	98	16,66
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	185	35	5,6
pH	pH	0.11	8,09	80	8,8
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	8,19	36	3,96
Temperatura	°C	0.1	2,08	85	8,5
Fosfatos	mg/L	0.1	0,099	97	9,7
Nitratos	mg/L	0.1	0,924	95	9,5
Turbidez	NTU	0.08	2,77	91	7,28
Solidos Totales	mg/L	0.07	244	67	4,69
Valor WQI					75
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto3)

Fecha de análisis: 12/02/2016

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	82,4	87	14,79
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	130	41	6,56
pH	pH	0.11	8,11	80	8,8
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	8,7	41	4,51
Temperatura	°C	0.1	1,5	85	8,5
Fosfatos	mg/L	0.1	0,061	97	9,7
Nitratos	mg/L	0.1	0,938	98	9,8
Turbidez	NTU	0.08	4,45	87	6,96
Solidos Totales	mg/L	0.07	166	76	5,32
Valor WQI					74
Calidad de Agua					Buena

Nombre del Río: Zula

Tipo de muestra: Agua río Zula (Punto 4)

Fecha de análisis: 12/12/2016

Parámetros	Unidad	Valor Promedio			
		Valor	V. Análisis	I	W*I
Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17	93	95	16,15
Coliformes fecales	UFC/100mL	0.16	120	42	6,72
pH	pH	0.11	8,46	67	7,37
DBO <sub>5</sub>	mg/L	0.11	9,72	35	3,85
Temperatura	°C	0.1	2,5	82	8,2
Fosfatos	mg/L	0.1	0,05	98	9,8
Nitratos	mg/L	0.1	1,23	95	9,5
Turbidez	NTU	0.08	5,02	85	6,8
Sólidos Totales	mg/L	0.07	336	55	3,85
Valor WQI				72	
Calidad de Agua				Buena	

**Nota.** - informe realizado con equipos del GAD Provincial

Ing. Karina Bautista

Responsable Proyecto