



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

APLICACIÓN COMBINADA DEL MÉTODO BMWP –ABI – ICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUCNCA DEL RÍO ATAPO-POMACHACA PARROQUIA PALMIRA

Trabajo de Titulación presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: EDITH ABIGAIL ZURITA HARO

TUTOR: DRA. CUMANDÁ CARRERA

Riobamba-Ecuador

2016

DECLARACIÓN DE AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, **EDITH ABIGAIL ZURITA HARO**, en calidad de autora del Trabajo de Titulación realizada sobre: **APLICACIÓN COMBINADA DEL MÉTODO BMWP –ABI – ICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATAPO-POMACHACA PARROQUIA PALMIRA**; por la presente autorizo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, hacer uso de todos o parte de los contenidos que me pertenecen de esta obra, con fines específicamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en la ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Riobamba, 01 de Diciembre de 2016

EDITH ABIGAIL ZURITA HARO

C.C. N° 060458071-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **APLICACIÓN COMBINADA DEL MÉTODO BMWP –ABI – ICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATAPO-POMACHACA PARROQUIA PALMIRA**, de responsabilidad de la señorita Edith Abigail Zurita Haro ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Cumandá Carrera
DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN

Dra. Susana Abdo
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, **Edith Abigail Zurita Haro**, 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**.

EDITH ABIGAIL ZURITA HARO

DEDICATORIA

A mi hermano mayor Adrián por haberme motivado a culminar mis metas en el transcurso de mi vida, por su amor de frente que me ha formado como una persona auténtica, por defenderme en todo momento, y darme tiempo de calidad. Aunque no esté físicamente ahora quiero que sepa que lo tengo presente en todo momento, en cada paso, en cada aliento, cada sueño, cada montaña, cada cima. Te amo hermano mío.

A mi mamá por ser la persona que ha estado siempre presente aportándome valores, contándome su vida, preguntándome si estoy bien, por darme la mano, mirarme a los ojos con amor, darme consejos en cada paso de mi vida, pero sobre todo por dejarme tomar la decisión final a mí con riesgos de equivocarme.

A mi papi por ser el hombre de mi vida, por abrazarme, decirme bonita, darme ánimos que todo estará bien, decirme que tenga paciencia y sobre todo por darme siempre su bendición y el ejemplo correcto con amor para ser no solo una profesional sino una persona con valores humanos.

A mi hermano Oscar por su amor incondicional, por sus celos de hermano temiendo verme llorar, por hacer de mí su saco de cuñibolo para practicar sus artes marciales y lo más importante escucharme y a pesar de ser menor a mí darme los mejores consejos. Gracias.

Abigail.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a Dios porque siempre ha permanecido fiel con su amor infinito en los momentos duros y los momentos de felicidad, por darme ese gozo inexplicable, porque si él está conmigo yo lo puedo lograr todo.

A mis padres y hermanos por su cariño y apoyo incondicional siendo los pilares fundamentales en construir los cimientos de mi vida e impulsarme a cumplir mis sueños.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por ser el escenario donde se desarrolló mi vida universitaria.

A los docentes por ser los actores en transmitir la pasión por la carrera, inspirándonos a buscar nuestro papel principal en la vida profesional.

A mi Tutora y Asesora de Tesis la Dra. Cumandá Carrera y la Dra. Susana Abdo por dar seguimiento al trabajo de titulación.

Abigail

ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
%OD	Porcentaje de oxígeno disuelto
pH	Potencial de hidrógeno
SDT	Sólidos Disueltos Totales
UNT	Unidad nefelométrica de turbidez
NMP/100 ml	Número más probable de Colonias por cada 100 mililitros
NO ₃ ⁻	Nitratos
PO ₄ ⁻	Fosfatos
EC	<i>Escherichia Coli</i>
m	Metros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mg/L	Miligramos por litro
mL	Mililitros
L	Litros
WQI	Water Quality Index
ABI	Andean Biotic Index/ Índice Biótico Andino
BMWP/Col	Biological Monitoring Working Party/ Colombia Grupo de Trabajo de Control Biológico/Colombia

TABLA DE CONTENIDOS

PORTADA	
DERECHO DE AUTOR.....	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ABREVIATURAS.....	vii
TABLA DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xviii
SUMARY	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	5
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Calidad del Agua.....	5
1.1.1 Impurezas presentes en el Agua	5
1.1.2 ¿Qué es calidad del agua?	5
1.1.2.1 Criterios de Calidad del Agua.....	6
1.2 Métodos de determinación de la Calidad del Agua.....	6
<input type="checkbox"/> Método Biológico.....	6
<input type="checkbox"/> Método físico-químico	7
1.2.1 Los macroinvertebrados como indicadores biológicos de calidad del agua	7
1.2.1.1 Índice Biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party).....	7
1.2.1.2 Índice ABI (Andean Biotic Index).....	8
1.2.2 Índice de Calidad del Agua ICA o WQI como método físico químico	8
1.2.2.1 Parámetros para la determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA).....	9
FÍSICOS	9
<input type="checkbox"/> Turbiedad	9
<input type="checkbox"/> Temperatura	9
QUÍMICOS	10

□	<i>pH</i>	10
□	<i>Oxígeno Disuelto</i>	10
□	<i>Sólidos Totales Disueltos</i>	10
□	<i>Nitratos</i>	11
□	<i>Fosfatos</i>	11
	BIOLÓGICOS	11
□	<i>DBO₅</i>	11
□	<i>Coliformes Fecales</i>	11
	<i>1.2.2.2 Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA)</i>	12
1.3	Cuenca Hidrográfica	13
1.3.2	<i>Definición de Cuenca Hidrográfica</i>	13
1.3.3	<i>División de la Cuenca Hidrográfica como unidad de Gestión</i>	13
1.3.3.2	<i>Subcuenca</i>	13
1.3.3.3	<i>Microcuenca</i>	13
1.3.3.4	<i>Quebrada</i>	13
1.3.4	<i>Subsistemas de una Cuenca Hidrográfica</i>	14
1.3.5	<i>Importancia de las Cuencas Hidrográficas</i>	14
1.3.6	<i>División Hidrográfica del Ecuador</i>	15
1.3.7	<i>Gestión de Cuencas Hidrográficas en el Ecuador</i>	15
1.3.8	<i>Evaluación de Cuencas Hidrográficas</i>	15
1.3.9	<i>Importancia del agua dentro de las Cuencas Hidrográficas</i>	16
1.3.9.1	<i>Gestión del recurso hídrico dentro de las cuencas hidrográficas</i>	17
1.4	Microcuenca del Río Atapo Pomachaca	17
1.4.1	<i>Suelos</i>	17
1.4.1.1	<i>Tipos de Suelos</i>	17
1.4.1.2	<i>Cobertura de los suelos de la Microcuenca Atapo-Pomachaca</i>	18
1.4.1.3	<i>Uso de Suelos</i>	18
1.4.2	<i>Fauna y Flora de la Microcuenca Atapo-Pomachaca</i>	19
1.4.3	<i>Socio-economía de la Población en la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca</i>	20
1.4.4	<i>Problemas Ambientales en la Microcuenca</i>	21
	CAPÍTULO II	23
2.	MARCO METODOLÓGICO	23
2.1	Compilación de Información	23
2.1.1	<i>Reunión inicial con Autoridades de Apoyo</i>	23

2.1.2	Socialización del Proyecto de Investigación	23
2.2	Área de Estudio	23
2.3	Materiales y Equipos	24
2.4	Selección de los puntos de monitoreo	25
2.4.1	<i>Monitoreo del río Atapo-Pomachaca</i>	26
2.4.2	<i>Muestreo de Macroinvertebrados</i>	26
2.4.3	<i>Identificación de Macroinvertebrados</i>	27
2.4.4	<i>Métodos de determinación de los parámetros del ICA</i>	33
2.5	Cálculos Correspondientes	34
2.5.1	<i>Determinación de Oxígeno Disuelto OD (mg/L)</i>	34
2.5.2	<i>Determinación del Cambio de Temperatura</i>	35
2.5.3	<i>Determinación del Índice Biológico BMWP/Col</i>	35
2.5.4	<i>Determinación del Índice Biológico ABI</i>	35
2.5.5	<i>Determinación del Índice de Calidad del Agua</i>	35
2.6	Presentación de Resultados	39
 CAPÍTULO III		40
3.	MARCO DE RESULTADOS	40
3.1	Microcuenca del río Atapo Pomachaca.....	40
3.1.1	<i>Localización</i>	40
3.2	Características Representativas de la Microcuenca.....	40
3.2.1	<i>Clima y Precipitación</i>	40
3.2.2	<i>Topografía de la Microcuenca</i>	40
3.2.3	<i>Hidrología</i>	41
3.2.4	<i>Servicios Básicos de la Parroquia Palmira</i>	41
3.2.5	<i>Uso de suelos de la Parroquia Palmira</i>	42
3.2.6	<i>Uso del recurso hídrico</i>	43
3.2.7	<i>Puntos de muestreo Seleccionados</i>	43
3.3	Análisis y Resultados de los Parámetros del Índice ICA	46
3.3.1	<i>Temperatura</i>	48
3.3.2	<i>Turbidez</i>	49
3.3.3	<i>pH</i>	50
3.3.4	<i>Sólidos Totales Disueltos</i>	51
3.3.5	<i>Oxígeno Disuelto</i>	52
3.3.6	<i>Nitratos</i>	53

3.3.7	<i>Fosfatos</i>	54
3.3.8	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	55
3.3.9	<i>Coliformes Fecales</i>	56
3.4	<i>Cálculo del Índice ICA</i>	57
3.4.1	<i>Punto de Referencia</i>	57
3.4.2	<i>Primer Monitoreo</i>	58
3.4.3	<i>Segundo Monitoreo</i>	60
3.4.4	<i>Tercer Monitoreo</i>	62
3.4.5	<i>Cuarto Monitoreo</i>	64
3.4.6	<i>Quinto Monitoreo</i>	66
3.5	<i>Análisis y Resultados Índice de Calidad del Agua (ICA)</i>	68
3.6	<i>Análisis y Resultados del Índice Biológico BMWP/Col y ABI</i>	69
3.6.1	<i>Resultados de los Índices BMWP/Col y ABI en cada punto de Monitoreo</i>	71
3.7	<i>Análisis y Resultados Prueba Estadística para los índices ABI, BMWP/Col e ICA</i>	71
3.7.1	<i>Análisis y Resultados Prueba Estadística ANOVA de un factor</i>	71
 CAPÍTULO IV		75
PROPUESTA TÉCNICA EN RELACIÓN A LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATAPO-POMACHACA		75
 CONCLUSIONES		81
RECOMENDACIONES		81
GLOSARIO		82
BIBLIOGRAFÍA		83
ANEXOS		90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Escala de Clasificación del Índice de Calidad del Agua en función del uso	12
Tabla 2-1: Listado de Especies de Mamíferos que integran la fauna de la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca	19
Tabla 3-1: Listado de Especies de Aves que integran la fauna de la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca.....	19
Tabla 4-1: Listado de Especies de Peces que integran la fauna de la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca	20
Tabla 5-1: Listado de Especies de Flora de la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca	20
Tabla 1-2: Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua	28
Tabla 2-2: Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de baja calidad del agua	29
Tabla 3-2: Clasificación de la Calidad del Agua según el índice de Calidad del Agua BMWP/Col.....	30
Tabla 4-2: Puntuación de las Familias de Macroinvertebrados para obtener el Índice BMWP/Col.....	30
Tabla 5-2: Escala de la calidad del agua según el Valor Total del Índice ABI.....	31
Tabla 6-2: Puntuaciones del Índice Biótico Andino ABI	32
Tabla 7-2: Métodos para la Determinación de los parámetros que conforman el ICA	33
Tabla 8-2: Pesos Relativos para los parámetros del ICA	38
Tabla 9-2: Clasificación del ICA propuesto por Brown	39
Tabla 1-3: Topografía de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca	42
Tabla 2-3: Codificación y Ubicación Geográfica de los Puntos de Monitoreo.....	44
Tabla 3-3: Variables físicas, químicas y biológicas evaluadas en los 5 Monitoreos	47
Tabla -3: Resultados de Temperatura (°C) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca.....	49
Tabla 5-3: Resultados obtenidos de Turbiedad (NTU) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca	50
Tabla 6-3: Resultados obtenidos de pH (unidades de pH) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca	51
Tabla 7-3: Resultados obtenidos de Sólidos Totales Disueltos (mg/L) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca.....	52
Tabla 8-3: Resultados obtenidos de Oxígeno Disuelto (% de Saturación) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca.....	53
Tabla 9-3: Resultados obtenidos de Nitratos (NMP/mg/L) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca	54
Tabla 10-3: Resultados obtenidos de Fosfatos (mg/L) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca	55
Tabla 11-3: Resultados obtenidos de DBO5 (mg/L) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca	56
Tabla 12-3: Resultados obtenidos de Coliformes Fecales (NMP/100mg/L) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca.....	57
Tabla 13-3: Cálculo del índice ICA para el punto de Referencia (PR) del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca.....	58
Tabla 14-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Primero Monitoreo del Primer Punto AP-1	58
Tabla 15-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Primero Monitoreo del Segundo Punto AP-2.....	59

Tabla 16-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Primero Monitoreo del Tercer Punto AP-3	59
Tabla 17-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Primero Monitoreo del Cuarto Punto AP-4.....	60
Tabla 18-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Primer Punto AP-1.....	60
Tabla 19-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Segundo Punto AP-2.....	61
Tabla 20-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Tercer Punto AP-3	61
Tabla 21-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Cuarto Punto AP-4.....	62
Tabla 22-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Tercer Monitoreo del Primer Punto AP-1	62
Tabla 23-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Tercer Monitoreo del Segundo Punto AP-2	63
Tabla 24-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Tercer Monitoreo del Tercer Punto AP-3.....	63
Tabla 25-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Tercer Monitoreo del Cuarto Punto AP-4	64
Tabla 26-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Primer Punto AP-1.....	64
Tabla 27-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Segundo Punto AP-2.....	65
Tabla 28-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Tercer Punto AP-3	65
Tabla 29-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Cuarto Punto AP-4.....	66
Tabla 30-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Primer Punto AP-1	66
Tabla 31-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Segundo Punto AP-2.....	67
Tabla 32-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Tercer Punto AP-3	67
Tabla 33-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Cuarto Punto AP-4.....	68
Tabla 34-3: Índice ICA en los distintos puntos de Monitoreo	68
Tabla 35-3: Familias de macroinvertebrados identificados y su abundancia en cada punto de monitoreo de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca	70
Tabla 36-3: Resultados de los Índices ABI y BMWP/Col evaluados en cada punto durante los 5 monitoreos en la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca.....	71
Tabla 37-3: Prueba Estadística ANOVA para los índices ABI, BMWP/Col e ICA.....	71
Tabla 38-3: Prueba Post hoc de Tuckey b para los índices ABI, BMWP/Col e ICA durante los 5 Monitoreos en los diferentes puntos de Monitoreo	72
Tabla 39-3: Subconjuntos Homogéneos de la prueba Post hoc de Tuckey b para los índices ABI, BMWP/Col e ICA durante los 5 Monitoreos en los diferentes puntos de Monitoreo.....	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1-1: Gráfico del tipo de suelos en porcentaje de la parroquia Palmira	19
Figura 1-2: Gráfico del Subi-Temperatura.....	36
Figura 2-2: Gráfico del Subi-Turbidez.....	36
Figura 3-2: Gráfico del Subi-pH.....	36
Figura 4-2: Gráfico del Subi-STD	36
Figura 5-2: Nomograma de %satu OD	37
Figura 6-2: Gráfico del Subi-Oxígeno Disuelto.....	37
Figura 7-2: Gráfico del Subi-Nitratos	37
Figura 8-2: Gráfico del Subi-Fosfatos	37
Figura 9-2: Gráfico del Subi-DBO ₅	38
Figura 10-2: Gráfico del Subi-CF	38
Figura 1-3: Gráfico de la Temperatura del río Atapo-Pomachaca.....	49
Figura 2-3: Gráfico de la Turbidez del río Atapo-Pomachaca.....	50
Figura 3-3: Gráfico del pH del río Atapo-Pomachaca	51
Figura 4-3: Gráfico de los Sólidos Totales Disueltos del río Atapo-Pomachaca.....	52
Figura 5-3: Gráfico del Oxígeno Disuelto del río Atapo-Pomachaca.....	53
Figura 6-3: Gráfico del Oxígeno Disuelto del río Atapo-Pomachaca.....	54
Figura 7-3: Gráfico de los Fosfatos del río Atapo-Pomachaca.....	55
Figura 8-3: Gráfico de la Demanda Bioquímica de Oxígeno del río Atapo-Pomachaca.....	56
Figura 9-3: Gráfico de Coliformes Fecales presentes en el río Atapo-Pomachaca.....	57

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-2: Recopilación información de los puntos críticos.....	25
Fotografía 2-3: Punto 2 de Monitoreo-Puente Vía Panamericana.....	44
Fotografía 3-3: Punto 3 de Muestreo-Ganado y Lavandería.....	45
Fotografía 4-3: Punto 4 de Muestreo Bosques-Sembríos alfalfa.....	45
Fotografía 5-3: Punto de Referencia/-Naciente de Agua de la Microcuenca Atapo-Pomachaca	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Matriz de Campo.....	110
Anexo B: Matriz de Laboratorio Índice ABI.....	111
Anexo C: Matriz de Laboratorio-Valoración Índice ABI.....	112
Anexo D: Matriz de Laboratorio índice BMWP/Col.....	113
Anexo E: Condiciones de Referencia para puntos de monitoreo en ríos Andinos	114
Anexo F: Mapa de la Ubicación Geográfica de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca parroquia Palmira	115
Anexo G: Tipos de Clima de la Parroquia Palmira	116
Anexo H: Mapa de la Ubicación Geográfica de los puntos de monitoreo de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca parroquia Palmira	117
Anexo I: Fotografías Espacial	118
Anexo J: Fotografías de los Monitoreos en el río Atapo-Pomachaca.....	119
Anexo K: Fotografías Análisis de los índices en laboratorio	123

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue aplicar la combinación del método BMWP (Grupo de Trabajo de Control Biológico) –ABI (Índice Biótico Andino) – ICA (Índice de Calidad del Agua) para la Evaluación de la Calidad del Agua de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca parroquia Palmira. Se utilizó los índices de calidad del agua BMWP, ABI e ICA durante 5 monitoreos del agua, período Mayo-Julio en 5 puntos seleccionados. Se analizó en el laboratorio los 9 parámetros del índice ICA y las muestras de macroinvertebrados para los índices BMWP y ABI, cuyos resultados se recogieron en inventarios. Los resultados obtenidos de calidad del agua según los índices se analizaron estadísticamente en el programa IBM SPSS mediante el Anova unifactorial y Tuckey b ubicándose diferencias significativas de la calidad del agua en el Monitoreo 2 con respecto al Monitoreo 4 y 5. El aporte de esta investigación dio como resultado una Buena calidad del agua según el índice ICA con el valor de 79,62, una Dudosa calidad del agua según el índice BMWP/Col con un valor de 68 y Aceptable calidad del agua en el índice ABI con el valor de 64, además la comparación de los parámetros del índice ICA con la norma de calidad del agua TULSMA libro VI anexo I indica que están bajo los límites permisibles de calidad del agua para los usos de: consumo humano, agricultura, ganadería así preservación de flora y fauna. Por lo cual concluimos que la calidad del agua es aceptable para los usos que se le da al recurso hídrico en la parroquia Palmira. Se recomienda utilizar el índice ABI en posteriores estudios en la microcuenca donde se determine la calidad del agua con el empleo de indicadores biológicos con macroinvertebrados debido a que éste índice fue adaptado del original BMWP para zonas andinas.

Palabras Clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA AMBIENTAL>, <ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)>, <ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI)>, <GRUPO DE TRABAJO DE CONTROL BIOLÓGICO (BMWP)>, <CALIDAD DEL AGUA>, <MACROINVERTEBRADOS>.

SUMMARY

The objective of this research was to apply the combination of the BMWP (Biological Monitoring Working Party) -ABI (Andean Biotic Index) - ICA (Water Quality Index) for the Water of the micro-basin of the river Atapo-Pomachaca parish Palmira. The water quality indexes BMWP, ABI and ICA were used during 5 water monitorizations, for the period May-July in 5 selected points. The 9 parameters of the ICA index and the samples of macroinvertebrates for the BMWP and ABI indexes were analyzed in the laboratory, the results of which were collected in inventories. Results obtained from water quality according to the indexes were analyzed statistically in the IBM SPSS program by the Anova unifactorial and Tuckey b, with significant differences of water quality in Monitoring 2 with respect to Monitoring 4 and 5. The contribution of this research resulted in Good water quality according to the ICA index with the value of 79.62, a Doubtful water quality according to the BMWP/Col index with a value of 68 and Acceptable water quality in the ABI index with the value of 64, In addition the comparison of the parameters of the index ICA with the standard of water quality for the uses of: human consumption, agriculture, livestock and the preservation of flora and fauna. Therefore, we conclude that the water quality is acceptable for the uses that are given to the water resource in the Palmira parish. It is recommended to use the ABI index in subsequent studies in the micro watershed where the water quality is determined using biological indicators with macroinvertebrates because this index was adapted from the original BMWP for Andean zones.

Key Words: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES> <ENVIRONMENTAL ENGINEERING>, <WATER QUALITY INDEX (ICA)>, <ANDEAN BIOTIC INDEX (ABI)>, <BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (BMWP)>, <WATER QUALITY>, <MACROINVERTEBRATES>.

INTRODUCCIÓN

A través de los años el agua ha sido un recurso necesario en el desarrollo de las civilizaciones. Los asentamientos humanos han sido siempre atraídos a las proximidades del agua. Los lugares escogidos eran principalmente los océanos y las partes bajas de los ríos. De esta manera las personas podían aprovechar el suelo de gran riqueza agrícola y el fácil acceso al agua. (Franquet B, 2001, pp.8-9)

El agua juega un papel fundamental en las actividades cotidianas de las personas como la agricultura para producir alimentos, en los procesos industriales, generación de electricidad entre otras. Sobre todo representa el 75% del cuerpo humano y es uno de los constituyentes principales en la mayoría de los seres vivos, adicionalmente otros que no contienen agua desarrollan su vida en ella. (Ramos, 2010, p. 119)

Al ignorar la importancia en la gestión de los recursos hídricos, la disponibilidad del agua se hace cada vez más escasa originando crisis por el uso del agua desencadenando en enfermedades, conflictos sociales y ambientales causados por la contaminación del agua y aprovechamiento inadecuado. Se hace necesario el uso de tecnologías y estudios de monitoreo constante de aspectos como calidad del agua, disponibilidad del agua, demanda hídrica, cantidad de agua entre otros. (CEPAL, 2014a, pp. 10-12)

En el Ecuador de la distribución hídrica el 88% se encuentra en la Vertiente Amazónica en contraste con el 4% de su población, a diferencia de la cuenca del río Guayas que tiene menor potencial hídrico mientras el crecimiento poblacional es mayor al igual que en la Sierra con sus pequeñas cuencas que desembocan en esta Vertiente. (CEPAL, 2014a, pp. 10-12)

El desconocimiento en cuanto a estadísticas del agua constituye un inconveniente en la gestión del agua del Ecuador. Partiendo de esto se han emprendido en los últimos años varios proyectos para la estimación estadística de los recursos hídricos en cuanto a su distribución, calidad y demanda hídrica, sin embargo los estudios de impacto ambiental del Ecuador generan una gran cantidad de información, donde es escasa la evaluación de macroinvertebrados. (CEPAL, 2014b, pp. 4-5)

Los estudios de impacto ambiental en Ecuador generan una gran cantidad de información, donde es escasa la evaluación con macroinvertebrados. Entre estos estudios está la propuesta de un Protocolo de Evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos y su aplicación en Ecuador y Perú realizado por un grupo de investigadores F.E.M Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona. (Acosta R, 2009, p. 36)

Es por ésta razón que la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca ubicada en la parroquia Palmira está siendo objeto de estudio junto con otras 4 microcuencas por parte del Consejo Provincial de Chimborazo para generar una adecuada gestión del agua y mejorar su aprovechamiento hídrico.

Según Chuquimarca y su equipo técnico en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Palmira desarrollado en el año 2015 los problemas ambientales de la parroquia se derivan de las actividades antrópicas. El suelo es alterado por un inadecuado pastoreo, la introducción de maquinaria y el uso de agroquímicos aceleran la erosión de los suelos y pérdida de cobertura vegetal, lo cual resulta en la acumulación de efectos negativos que afectan el recurso hídrico. (Chuquimarca et al, 2015, pp. 25-27)

Este estudio tiene como objetivo aplicar la combinación del método BMWP –ABI – ICA para la Evaluación de la Calidad del Agua de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca, los métodos BMWP y ABI corresponden a dos índices biológicos que determinan la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados, en cambio el índice ICA corresponde a una determinación de calidad del agua en base a 9 parámetros físicos, químicos y biológicos.

Se pretende responder y aportar información que responda la pregunta: ¿De qué manera la aplicación combinada del método BMWP –ABI – ICA permitirá conocer el estado de la calidad del agua para establecer las fuentes de su contaminación?, para brindar información pertinente a los pobladores que utilizan éste recurso en el desarrollo de sus actividades sobre la calidad de sus aguas, ya que no se han hecho estudios previos sobre la determinación de la calidad del agua en ésta microcuenca.

La evaluación de la calidad del agua de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca se basa en las metodologías de identificación de macroinvertebrados como indicadores de la calidad de la misma, estos organismos son de suma importancia debido a que cada grupo de macroinvertebrados viven en un tipo concreto de hábitat, cualquier tipo de alteración que provoque una eliminación de estos hábitats, provoca la alteración de las comunidades de macroinvertebrados.

La identificación de macroinvertebrados, la determinación de índices biológicos así como la determinación del índice de calidad del agua, representan metodologías sencillas de bajo costo que pueden ser reproducidas por parte de las comunidades en el seguimiento de la calidad del agua de la microcuenca. Para este estudio se cuenta con la viabilidad y el aporte técnico necesarios con facilidad de acceso a la microcuenca por la apertura de vías en la parroquia Palmira.

Los beneficios de este estudio se verán reflejados en el fortalecimiento de los páramos y fuentes de agua de la microcuenca dirigidos por un adecuado manejo de los recursos hídricos. En base a la propuesta técnica derivada de este estudio, el avance de la frontera agrícola y las comunidades podrían llevar un control de las actividades pecuarias de manera que el riego y abrevadero de animales no afecten la calidad del agua.

Al tener un conocimiento sobre la importancia de mantener una óptima calidad del agua, las comunidades optarán por estrategias que dirijan los asentamientos humanos de las comunidades que en la actualidad se encuentran en forma dispersa y desordenada sin seguir criterios de ordenamiento territorial. Las comunidades podrán ser dotadas de los servicios básicos, que en el caso del agua es abastecida por un sistema entubado sin tratamiento previo.

La información del estado actual del recurso hídrico de la microcuenca derivada del estudio, beneficiará directamente a los 14474 habitantes de la parroquia Palmira quienes utilizan el agua como principal fuente de abastecimiento para consumo y para realizar sus actividades cotidianas y de producción. A largo plazo el conocimiento de la calidad del agua tendrá un impacto positivo en el ahorro del abastecimiento del agua como resultado de su gestión adecuada.

Indirectamente esta información servirá de base para proyectos futuros en la microcuenca. (Chuquimarca et al, 2015, p. 2)

OBJETIVOS

General

Aplicar la combinación del método BMWP –ABI – ICA para la Evaluación de la Calidad del Agua de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca parroquia Palmira.

Específicos

- Identificar los puntos de muestreo representativos de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca mediante un reconocimiento de campo.
- Realizar la evaluación comparativa de los resultados obtenidos a partir del cálculo de los índices biológicos BMWP-ABI junto con el índice físico químico de la calidad del agua ICA.
- Determinar las principales fuentes de contaminación de la zona a los recursos hídricos.
- Establecer una propuesta técnica para el manejo adecuado del recurso hídrico de la Microcuenca en estudio.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 *Calidad del Agua*

1.1.1 *Impurezas presentes en el Agua*

El agua además de ser un componente primordial en el cuerpo humano, es útil para el abastecimiento humano y el desarrollo económico de un territorio. Los diferentes usos del agua son: Agua Potable, Saneamiento, Riego y Drenaje, Energía hidroeléctrica entre otros.

Hablando de cifras estadísticas, la producción de alimentos representa el 80% en consumo de agua. La Organización de las Naciones Unidas afirma que El Agro uno de los principales proveedores de servicios y productos agrícolas utiliza el 70% de toda el agua extraída del mundo. (Romero R, 2002, p. 343)

El agua potable es transportada por sistemas de tuberías hacia su destino principal, el consumo doméstico que se ubica en el segundo lugar como gran consumidor con el 1,2% del agua dulce. La actividad industrial ocupa el tercer lugar en el uso de agua dulce para sus diversos procesos, además utiliza el agua como receptor de aguas contaminada que deterioran la calidad del agua. La contaminación del agua imposibilita su disponibilidad para el desarrollo de la vida. (CARE, 2012, p. 22)

El agua pura existe de forma teórica, pero naturalmente no existe. Debido a que el agua es el disolvente universal, recoge impurezas cuando recorre el ciclo hidrológico. Si hablamos de aguas en zonas altas donde no hay población o ésta es escasa, el agua de igual forma va a contener impurezas pero en menor proporción. (Romero R, 2002, p. 344)

Los ríos y quebradas recogen impurezas de las rocas, del suelo y de las descargas de aguas de carácter doméstico e industrial; transportándoles a través de su drenaje. El agua subterránea contiene impurezas debido a los estratos por los que recorre. Las impurezas del agua se encuentran de forma diluida o en suspensión. Estas impurezas deben ser removidas si hacen el agua inadecuada para uso doméstico o industrial. (Romero R, 2002, p. 345)

1.1.2 *¿Qué es calidad del agua?*

Calidad del agua es el conjunto de características, composición, concentraciones, especificaciones y el estado de la biota las cuales influyen sobre su idoneidad para un uso específico. Los requerimientos de la calidad del agua varían para ciertos usos, es decir que el

agua que se destinará al consumo humano no son los mismos que la calidad del agua para riego por ejemplo. (Romero R, 2002, p. 345)

La evaluación de la calidad del agua de un río se centra en las características físicas y químicas del agua. Sin embargo para una valoración completa se toma en cuenta otros factores como las condiciones climáticas, cultivos aledaños que ocupan el agua para riego, el tipo de suelo, si se utiliza para uso doméstico. La calidad del agua de un río indica el estado de salud en el que se encuentra. (López M et al, pp. 78-91)

1.1.2.1 Criterios de Calidad del Agua

Los diferentes usos que se le da al agua son los que determinan los criterios de calidad del agua. El establecimiento de criterios de calidad del agua sirve para que las autoridades que se encargan del control de la contaminación, puedan regular las descargas de aguas residuales sobre cuerpos de agua superficiales y subterráneos. De esta manera los profesionales pueden ejercer sus trabajos de tratamientos de agua, de protección de los ecosistemas, etc. (Romero R, 2005, pp. 372-413)

Debido a que generalmente las aguas de los ríos se utilizan para preservación de flora y fauna en aguas, como para consumo humano, riego, agricultura y ganadería (pecuario), se consideran los criterios según el Libro VI Anexo 1 Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua del TULSMA-Políticas Básicas Ambientales del Ecuador. (TULSMA Libro VI Anexo I, pp. 10-55)

1.2 Métodos de determinación de la Calidad del Agua

Los métodos de determinación de la calidad del agua se encargan del análisis de un agua con el objetivo de conocer sus características físicas, químicas y biológicas, de manera que se pueda definir su aptitud para uso doméstico, industrial, agrícola, recreacional, etc. De ésta manera se puede aplicar los requerimientos legales, económicos, de gestión adecuada o tratamiento según lo amerite. Estos métodos son los siguientes:

- ***Método Biológico***

Hace uso de especies de organismos vivos como indicadores de la calidad del agua. Se basan en la composición de comunidades de especies específicas, los más utilizados son las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en estudios de calidad de agua en ríos. Estos macroinvertebrados son identificados con índices bióticos.

Este método es complementario al método físico-químico, debido a que los seres vivos pueden integrar periodos largos en el tiempo, a diferencia de los métodos físico-químicos que son más puntuales. (Yungán Z, 2010, pp. 15-35)

- ***Método físico-químico***

Se refiere a la medición de parámetros físico-químicos del agua, éste método es el único en determinar los contaminantes presentes en el agua. La valoración de la calidad del agua solamente por éste método no ofrece datos sobre la alteración biótica del agua. (Yungán Z, 2010, pp. 15-35)

1.2.1 Los macroinvertebrados como indicadores biológicos de calidad del agua

Los macroinvertebrados son especies de invertebrados, su tamaño es visible al ojo humano entre 0,5 mm y 3 mm. Pueden ser artrópodos, las formas larvianas de los insectos, los oligoquetos, hirudíneos, moluscos, celentéreos, briozoos o platelmintos. Esta fauna responde a las alteraciones del ecosistema, cambios en la composición del agua y la contaminación del medio. Los macroinvertebrados como mejores indicadores de calidad del agua presentan las siguientes ventajas:

- La variedad de hábitats que ocupan, y su abundancia.
- Al ser sedentarios la mayoría, reflejan las condiciones locales y son fáciles de recolectar.
- Se pueden identificar fácilmente debido a que son visibles al ojo humano, en comparación con otros organismos como bacterias por ejemplo.
- Sus ciclos de vida son largos por eso son sensibles a los cambios que se den en su entorno. No varían tanto genéticamente. (Castellón G, 2013, pp. 1-73)

1.2.1.1 Índice Biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party)

Este Índice que en español significa Grupo de Trabajo de Control Biológico se basa en la identificación de familias por su taxonomía. Inicialmente los macroinvertebrados como indicadores fueron ordenados en familias y ubicados en 10 grupos referentes a la gradiente de tolerancia a la contaminación acuática. A cada familia se le asignó los valores de 1 a 10, finalmente con ésta información se pudo comparar la calidad del agua entre los puntos de muestreo. La información obtenida dio paso a la creación del Índice BMWP.

La identificación de los macroinvertebrados es cuantitativa y es hasta el nivel de familia. Ya que se basa en la presencia/ausencia de los macroinvertebrados. Es uno de los métodos más utilizados debido a sus ventajas económicas, además de ser sencillo y rápido de realizar. Éste índice ha tenido múltiples adaptaciones. Una de las adaptaciones se hizo para Latinoamérica obteniéndose el índice BMWP/Col. (Yungán Z, 2010, pp. 15-35)

1.2.1.2 Índice ABI (Andean Biotic Index)

El Índice ABI en español Índice Biótico Andino es un índice biológico cuantitativo que se aplica específicamente para la evaluación del estado de salud de los ecosistemas de los ríos altoandinos. Los ecosistemas altoandinos se ubican entre los 2000 a 4000 msnm. Éste índice fue adaptado a partir del BMWP Ibérico, la adaptación permite utilizar el índice con facilidad según el entorno de los páramos a estudiarse.

Según la tolerancia a las condiciones ambientales y del entorno, los macroinvertebrados tienen valores en el índice ABI, al final todas las calificaciones se suman y el resultado corresponde a la calidad del agua. Los niveles de calidad del agua van del 1 al 100. (Rosero, D & Fossati, O, 2009, pp. 1-21)

1.2.2 Índice de Calidad del Agua ICA o WQI como método físico químico

Dependiendo del uso que se le vaya a dar al agua ya sea para consumo humano, riego, recreación, crecimiento de peces o preservación de los ecosistemas, se puede calcular un Índice de Calidad del Agua para usos específicos. Los usos específicos del agua generan componentes de carácter básico para los índices de calidad del agua. (De la paz, 2012, pp. 2-50)

El Water Quality Index (WQI) que se conoce en español como el Índice de Calidad del Agua ICA, fue ideado por la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. con el fin de comparar ríos en varios lugares del país. Luego posteriormente Brown modificó éste índice, el ICA es el más utilizado entre los demás índices de calidad del agua. Este índice se usa principalmente para comparar la calidad del agua en diferentes tramos de un río.

El Índice de calidad del agua es una expresión simple que consta de la combinación de un número de parámetros físico-químicos que determinan la calidad del agua. Estos índices como sus resultados sobre calidad del agua son de fácil interpretación desde personas que conocen poco sobre el tema hasta profesionales relacionados y especializados con la calidad del agua y sus interacciones. (De la paz, 2012, pp. 2-50)

Los índices de calidad del agua son útiles para mejorar la calidad del agua o maximizarla según sea el caso. Permiten la Investigación científica para conocer los problemas y fenómenos de los ecosistemas, de manera que sus recursos naturales e hídricos puedan tener un adecuado manejo y ser regulados con la normativa legal según las áreas geográficas donde se apliquen. (De la paz, 2012, pp. 2-50)

1.2.2.1 Parámetros para la determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA)

En la determinación del ICA se utilizan 9 parámetros:

FÍSICOS

- *Turbiedad*

Es una propiedad física del agua que refleja el efecto óptico influenciado por la dispersión y absorción de los rayos de la luz al atravesar una muestra de agua. Las partículas coloidales y en suspensión son las responsables de la turbidez en el agua como materia orgánica e inorgánica, arcilla, limo, microorganismos, y bacterias. (Romero R, 2002, pp. 107-108)

Históricamente el método estándar para determinar la turbiedad se basó en el turbidímetro creado por Jackson, sin embargo los instrumentos preferidos en la medición de turbidez son los Nefelómetros electrónicos. Ya que usan métodos visuales con mayor precisión y sensibilidad. Estos métodos se informan en Unidades nefelométricas de turbidez (NTU), que utilizan una luz blanca y un detector de 90°. (Rice E, 2012, p. 2-12)

Las unidades FAU son medidas en base a las unidades de atenuación de formazina Las unidades FAU indican una lectura utilizando una fuente de luz infrarroja y un detector de 180° por medio de un medidor. 1 FAU=1 NTU=1 FTU Cuando se mide con formazina. (Rice E, 2012, p. 2-13)

- *Temperatura*

La temperatura es una propiedad física del agua, se refiere a la medida de la energía térmica de las partículas del agua. Los organismos acuáticos requieren determinadas condiciones de temperatura para sobrevivir. Por ejemplo las temperaturas elevadas de los vertidos en cuerpos de agua tienen un impacto ambiental significativo en esos ecosistemas. La temperatura se relaciona con otros indicadores como el grado de saturación del Oxígeno disuelto, pH y otras variables. (Romero R, 2002, p. 111) (Rice E, 2012, p. 2-69)

QUÍMICOS

- *pH*

El pH se define como la concentración del ión hidrógeno presente en el agua. Es una propiedad química del agua que indica su acidez o basicidad. La acidez de un agua es su capacidad cuantitativa para reaccionar con una base fuerte, con iones hidróxido, para ceder protones, o su contenido de sustancias ácidas a un pH designado. (Romero R, 2002, pp. 123-128)

El pH del agua puede variar en una escala de 0 a 14, cuando el valor es mayor de 7 es un pH básico, en cambio cuando está por debajo de 7 se designa como ácido. Juega un papel primordial en el desarrollo de la vida acuática por participar en varios procesos químicos y biológicos, además que a ésta propiedad se debe la capacidad de autodepuración de los ríos y corriente determinando de ésta manera su contenido de materia orgánica DBO y DQO. (Rice E, 2012, p. 2-31)

- *Oxígeno Disuelto*

Esta propiedad del agua determina las condiciones de un medio ya sean anaerobias o aerobias. La cantidad de oxígeno disuelto presente en el agua es directamente proporcional a la concentración de material orgánico del medio, siendo muy importante para que los ríos se auto depuren. El OD disminuye con el aumento de la temperatura. (Romero R, 2002, pp. 173-174)

La fotosíntesis aumenta el oxígeno disuelto. Si la oxidación de la demanda bioquímica de oxígeno es rápida y si existe nitrificación el OD suele disminuir. Aguas de buena calidad tienen mayor nivel de oxígeno disuelto, por lo que la determinación de oxígeno disuelto representa un indicador clave en la calidad del agua. (Rice E, 2012, p. 4-137)

- *Sólidos Totales Disueltos.*

También conocidos como residuo filtrable hace referencia a toda materia contenida en el agua. Esta propiedad indica la cantidad total de sustancias disueltas en el agua, según esto se puede saber la calidad del agua de una forma general. Las sustancias disueltas se pueden encontrar como cationes: Calcio, Magnesio, Amonio, etc.; o como aniones: Sulfatos, Bicarbonatos, Nitratos, Fosfatos, etc. (Romero R, 2002, p. 111) (Rice E, 2012, p. 2-65)

- *Nitratos.*

Es un compuesto inorgánico producto de la combinación de un átomo de nitrógeno y tres átomos de Oxígeno. La concentración de nitratos aumenta con la contaminación procedente de actividades agrícolas, ganaderas e industriales. En concentraciones elevadas puede provocar la conocida enfermedad de los bebés azules o metahemoglobinemia. (Romero R, 2002, p. 143) (Rice E, 2012, p. 4-122)

- *Fosfatos.*

Los fosfatos naturalmente se producen en los sedimentos del fondo y en los lodos biológicos, también pueden estar presentes en las rocas siendo un nutriente esencial para todos los organismos y sus procesos metabólicos. Se determina a partir de los ortofosfatos. Están presentes en gran cantidad en fertilizantes y otros químicos agrícolas. Puede ocasionar eutrofización si se encuentra en exceso en cuerpos de agua. (Romero R, 2002, pp. 169-173) (Rice E, 2012, p. 4-148)

BIOLÓGICOS

- *DBO₅*

La DBO₅ es la cantidad de oxígeno necesaria para la degradación de materia orgánica presente en el agua por parte de los microorganismos aerobios. El tiempo en que ocurre la acción bioquímica aerobia de los microorganismos supera los 20 días, sin embargo la determinación de la DBO₅ al ser un procedimiento empírico se ha normalizado en 5 días de incubación en la oscuridad o en botellas oscuras para evitar la interferencia del aire en el proceso. (Romero R, 2002, pp. 175-182) (Rice E, 2012, p. 4-122)

- *Coliformes Fecales*

Son patógenos que pertenecen al grupo coliforme, estas bacterias son de forma bacilar, aerobias y anaerobias facultativas, Gram negativas. Las coliformes no forman esporas y pueden fermentar la lactosa formando un gas en un tiempo de 2 días a una temperatura de 35 o 37 °C. Las unidades son NMP/100 mL que determina el número más probable por unidad de volumen de agua. (Romero R, 2002, p. 217)

Debido a que los excrementos humanos contienen gran número de coliformes, su presencia en cuerpos de agua indica la existencia de contaminación fecal. Otras fuentes de coliformes son animales y suelo. Así que una contaminación de agua por estos patógenos puede ser de origen

animal, humano o provenir del suelo. Para diferenciar las coliformes fecales de las del suelo se utiliza un medio EC para incubación. (Rice E, 2012, p. 9-93)

1.2.2.2 Determinación del Índice de Calidad del Agua (ICA).

La estimación del índice de calidad del agua adopta valores distribuidos en 5 niveles (Tabla 9-2), el nivel superior tiene el valor máximo de calificación 100, valor que va en descenso cuando la contaminación del curso de agua aumenta.

1.2.3 Evaluación de la Calidad del Agua en función de su uso

La evaluación de Calidad del Agua se refiere al análisis de la determinación del valor de calidad del agua respecto a la escala de clasificación del índice de Calidad del Agua en función de su uso (Tabla 1-1), determinando para que uso es apta esa calidad del agua de la Microcuenca y si coincide con los usos que le están dando actualmente.

Tabla 1-1: Escala de Clasificación del Índice de Calidad del Agua en función del uso

ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Agrícola
100	No contaminado	No requiere Purificación	Aceptable para cualquier Deporte Acuático	Aceptable para todos los Organismos	No requiere purificación
95					
90		Ligera Purificación			Ligera purificación para algunos procesos
85					
80	Aceptable	Mayor necesidad de Tratamiento	Aceptable pero no Recomendable	Aceptable excepto para Especies Sensibles	Sin tratamiento para la industria normal
75					
70					
65	Poco Contaminado	Mayor necesidad de Tratamiento	Aceptable pero no Recomendable	Dudoso para Especies Sensibles	Sin tratamiento para la industria normal
60					
55					
50	Contaminado	Dudoso	Dudoso para el Contacto Directo	Solo Organismos Resistentes	Tratamiento en la mayor parte de la industria
45					
40					
35	Altamente Contaminado	No Aceptable	Sin contacto con el agua	No Aceptable	No aceptable
30					
25			Señal de Contaminación		
20					
15					
10					
5					
0					

Fuente: Reolón L, 2010. (Índices de Calidad).

1.3 Cuenca Hidrográfica

Las cuencas hidrográficas como unidades territoriales permiten la adecuada gestión de los recursos naturales y de los recursos hídricos.

1.3.2 Definición de Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica se define como un territorio geográficamente bien definido, donde toda el agua ya sea superficial o subterránea proveniente de las diferentes formas de precipitación (lluvia, nieve, granizo) drena cuesta abajo hacia un mismo cuerpo de agua ya sea un río, lago, mar o pantano. En éste territorio geográfico viven relacionándose seres humanos, animales y plantas. Las cuencas hidrográficas no tienen un tamaño limitado. (Umaña G, 2002, p. 3) (Tolón, A & Lastra, J, 2009; pp. 48-50)

Los territorios se encuentran separados por cuencas hidrográficas, de ésta manera se logra la gestión adecuada de sus recursos naturales. Esto permite una interacción social y territorial por medio del agua. (Umaña G, 2002, pp. 4-6)

1.3.3 División de la Cuenca Hidrográfica como unidad de Gestión

Una cuenca se divide en unidades más pequeñas: subcuenca, microcuenca y quebradas, para facilitar la gestión de las mismas.

1.3.3.2 Subcuenca

Es toda área que desarrolla su drenaje directamente al río principal o curso principal de la cuenca. Hay cuencas que al ser muy grandes se subdividen en subcuencas. (Umaña G, 2002, pp. 6-8)

1.3.3.3 Microcuenca

Una microcuenca es toda área que desarrolla su drenaje directamente al cauce principal o río principal de una Subcuenca. Varias microcuencas forman una Subcuenca. Son las unidades más adecuadas para el manejo de cuencas. (Umaña G, 2002, pp. 6-8)

1.3.3.4 Quebrada

Una quebrada es toda área que desarrolla su drenaje directamente hacia el río principal de una microcuenca. Varias quebradas pueden conformar una microcuenca. (Umaña G, 2002, pp. 6-8)

1.3.4 Subsistemas de una Cuenca Hidrográfica

Al ser la cuenca un sistema está formado por subsistemas que a su vez se componen de elementos. Estos elementos varían de acuerdo al factor de intervención humana y al medio donde se encuentre la cuenca.

- *Biológico.*- conformado por la flora y la fauna nativos de la zona, y también se incluyen los cultivos de la actividad humana.
- *Físico.*- conformado por la geología, el suelo, recursos naturales, recursos hídricos y clima.
- *Económico.*- se refiere a las actividades que realiza el hombre para la producción como: agricultura, ganadería, servicios de accesibilidad como caminos, carreteras, servicios básicos como energía.
- *Social.*- conformado por elementos culturales, organizacionales, institucionales, políticos y legales como tenencia de la tierra, vivienda, agua potable, salud, educación, etc. (Ordóñez G, 2011, pp. 31-32)

1.3.5 Importancia de las Cuencas Hidrográficas

Como territorio de ordenamiento ya se hablaba de las cuencas hidrográficas años atrás. En las conferencias de las Naciones Unidas y las Conferencias sobre el Agua y el Medio Ambiente que se han ido realizando se reafirmó el establecimiento de cuencas fluviales como territorio geográfico apropiado en la gestión de recursos naturales y del agua.

La función ambiental que cumplen las cuencas es muy importante, ya que actúan como un sistema depurador de aire, ayuda a conservar las características de los suelos, regula los procesos biogeoquímicos e hidrológicos, lo cual ayuda a preservar la biodiversidad. Las cuencas mantienen el equilibrio de los ecosistemas, los cuales proveen los conjuntos habitacionales para el desarrollo de la flora y fauna que interactúan con la calidad del agua.

Las cuencas constituyen un enorme sistema de captación de agua proveniente de la precipitación para formar distintos cuerpos de agua. Provee abastecimiento de recursos naturales que utiliza la humanidad en las actividades productivas para satisfacer sus necesidades. Permite el desarrollo sociocultural de las poblaciones humanas. Por estas razones es importante mantener las cuencas saludables. (Ordóñez G, 2011, p. 6-8)

1.3.6 División Hidrográfica del Ecuador

Tomándose en cuenta el área total del Ecuador las cuencas hidrográficas se dividen así: la Vertiente del Amazonas con 7 Cuencas Hidrográficas y la Vertiente del Pacífico con 72 Cuencas Hidrográficas, dando un total de 79 Cuencas Hidrográficas. Del total de cuencas hidrográficas se han identificado 137 subcuencas y aproximadamente 890 microcuencas. (SENAGUA, 2009, pp. 5-6)

1.3.7 Gestión de Cuencas Hidrográficas en el Ecuador

En un inicio el manejo de cuencas hidrográficas se orientó a las acciones que regulaban el recurso hídrico de la cuenca. Una de las medidas tomadas fueron convertir los suelos en esponjas absorbentes de agua y así regular el movimiento del agua asegurando su cantidad y calidad a mediano y largo plazo. Pero en el transcurso del tiempo éste término así como las medidas de manejo de las cuencas ha ido evolucionando, ahora no se centra solamente en el recurso hídrico, sino en los recursos naturales, recursos humanos, económicos, social, cultural de manera integrada. (Cordero D, 2013, pp. 19-21)

La gestión y manejo de cuencas incluyen su identificación, delimitación, levantamiento de línea base, análisis y monitoreo de sus componentes tanto naturales, sociales, económico, como culturales. Estas medidas buscan implementar acciones con el objetivo de mejorar los medios de vida, la seguridad alimentaria y la preservación de las cuencas. (Cordero D, 2013, pp. 19-21)

Desde 1980 la FAO se ha involucrado en el manejo y gestión de cuencas hidrográficas del Ecuador. Ha promovido varios proyectos. Se han desarrollado 19 proyectos. El primer estudio que apoyó fue el “Estudio de las cuencas hidrográficas de Azuay y Cañar”. En la actualidad se encuentran dos proyectos en desarrollo en la provincia de Chimborazo y Napo. Los estudios de estos proyectos han incluido la identificación y desarrollo de la localidad, el monitoreo de los recursos suelo, agua, bosques para su posterior manejo. (FAO, 2014, pp. 5-8)

El manejo de las cuencas debe ser integral incluyendo tanto la cabecera, parte alta, parte media y parte baja de las mismas. Un manejo inadecuado en las partes altas trae repercusiones en el desarrollo de los procesos y componentes integrales de las cuencas. (Cordero D, 2013, pp. 19-21)

1.3.8 Evaluación de Cuencas Hidrográficas

La evaluación de las cuencas, microcuencas, subcuencas se lo realiza mediante el diagnóstico de sus componentes conectados integralmente, que fueron identificados por SENPLADES en el año 2011.

- *Componente Ambiental.*- corresponde a los subsistemas biológico y físico de las cuencas, es decir sus recursos naturales. Las actividades de las poblaciones se determinan por este componente.
- *Componente Económico.*- se refiere al estudio de las actividades económicas de las poblaciones, los modos de producción buscando el Buen Vivir.
- *Componente Sociocultural.*- se refiere a la organización de la provincia y el papel que juega cada organización dentro del territorio. El componente sociocultural también se compone de los bienes patrimoniales de la provincia que son regulados mediante políticas públicas.
- *Componente Político-institucional.*- la institución pública y los actores de los diversos territorios tienen la capacidad para guiar los procesos de desarrollo y gestión de las cuencas. (SENPLADES, 2011, pp. 28-30)

1.3.9 Importancia del agua dentro de las Cuencas Hidrográficas

Gran parte de microorganismos tienen vida acuática. Las plantas utilizan el agua en su proceso de fotosíntesis. El agua regula la temperatura del Planeta, además interviene en los procesos metabólicos de los seres vivos. Se utiliza en múltiples actividades industriales, agricultura y otras más.

El agua es un regulador de los ecosistemas y componente integrador dentro de las cuencas hidrográficas, definiendo sus límites. Constituye un elemento indicador de la administración y aprovechamiento de los recursos dentro de la unidad geográfica que representan las cuencas. (VEGA G, 2008, pp. 1-2)

Las necesidades de utilizar el agua van en aumento por el continuo desarrollo de la humanidad. Es cierto que la cantidad total de agua no desaparece, sin embargo el agua fresca y limpia está disminuyendo. La demanda de agua en algunos lugares ya excede el abastecimiento.

Es una costumbre el ubicar los asentamientos humanos junto con sus actividades de industria, agricultura, ganadería, entre otras en las orillas de los ríos. Y se ha acostumbrado equívocamente verter los residuos de estas actividades directamente en los ríos contaminándolos. (VEGA G, 2008, pp. 1-2)

En la actualidad ha aumentado la preocupación y las medidas de conservación del agua, las cuales prohíben la descarga de estos residuos y existen leyes que exigen el tratamiento de estos residuos antes de ser descargados. Es una obligación y una responsabilidad conservar y proteger

el recurso hídrico evitando su contaminación o disminuyéndola en un grado que no sea nocivo a su ciclo dinámico. (VEGA G, 2008, pp. 1-2)

1.3.9.1 Gestión del recurso hídrico dentro de las cuencas hidrográficas

La gestión de los recursos hídricos es la administración y toma de decisiones con respecto a la forma de aprovechamiento de éste recurso. Con el establecimiento de procedimientos, planes de gestión, programas que muestren las acciones pertinentes para cumplir con la ley referente a los recursos hídricos.

El proceso integral de manejo adecuado del agua en relación con la gestión coordinada de la tierra y los recursos naturales lo constituye la gestión integral de los recursos hídricos. El objetivo de la Gestión es lograr el bienestar económico y social en equilibrio con la sostenibilidad de los ecosistemas naturales.

Una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos integra los usos del agua con su función social, ambiental y económica en conjunto con los actores y autoridades responsables de la administración del agua como recurso natural. (CARE, 2012, pp. 56-60)

1.4 Microcuenca del Río Atapo Pomachaca

La Microcuenca del Río Atapo Pomachaca se encuentra limitando a la parroquia de Palmira de la parroquia Alausí, ésta microcuenca sirve de abastecimiento de aguas para las comunidades Atapo Santa Cruz, Atapo Santa Elena, Atapo el Carmen, Atapo Sillacajas, Atapo San Francisco, Atapo Quilloturo, Atapo Quichalán, Aso. Atapo Dolorosa, San Fco. 4 Esquinas, Atapo Culebrillas, Atapo Larcapamba. (Chuquimarca et al, 2015, pp. 2-29)

1.4.1 Suelos

1.4.1.1 Tipos de Suelos

El Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Palmira clasifica los tipos de suelos según sus características químicas, biológicas y físicas.

- **DYSTRANDEPT.-** estos suelos cubren el 26% del territorio de Palmira, son franco-arenosos de color muy negro que se caracterizan por la gran retención de agua que poseen.
- **HAPLUSTOLL.-** estos suelos representan el 7% de la superficie del territorio de la parroquia, se caracterizan por ir de molisoles superficiales a moderadamente profundos, generalmente presentan pendientes muy pronunciadas.

- **HAPLUDOL.**-representan el 21% del territorio parroquial, son suelos molisoles discretamente profundos con horizonte cambiante.
- **USTORTHENT.**- Representan el 46% del territorio, son suelos que se caracterizan por ser arenosos, tienen una baja retención de agua. (Chuquimarca et al, 2015, pp. 19-20)

1.4.1.2 Cobertura de los suelos de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

La vegetación que se encuentra cubriendo los suelos define el tipo de cobertura vegetal, que se describen a continuación:

- **Agropecuaria.**- Este tipo de cobertura ocupa 8178,1 hectáreas que se caracterizan por su uso agrícola, pecuario, de protección y conservación: un 50% cubierto con cultivos de ciclo corto, 50% páramo en la zona alta de la Microcuenca, en la parte media 30% vegetación arbustiva y 70% con pasto cultivado, en la parte baja 30% cultivos de ciclo corto y 70% pasto natural.
Algunas comunidades de la parroquia Palmira han sido beneficiadas con un sistema de riego que ha generado un avance en la producción agrícola.
- **Vegetación herbácea y arbustiva.**- Tiene un uso de conservación y protección con una extensión de 2035,7 hectáreas. Se encuentra cubierto por páramo, forestal y agropecuario.
En la actualidad los páramos son protegidos por la comunidad de Atapo-Quichalánque forma parte del programa Socio Páramo en el Ministerio del Ambiente.
- **Bosque.**- Tiene una extensión de 10782,12 hectáreas que corresponde al uso forestal con plantaciones de pino en la Zona de Galtes principalmente.
- **Eriales.**- corresponden a áreas erosionadas que no producen nada con 6456 hectáreas, ubicadas en las comunidades: GalteMiraloma, GalteCachipata, GaltePaccha. (Chuquimarca et al, 2015, p. 21)

1.4.1.3 Uso de Suelos

El 57% de la extensión total (27451,2 hectáreas) son utilizados en cultivos de ciclo corto como papas, cebada, chochos, maíz melloco. Los páramos están siendo conservados en un 9%. Las plantaciones de pino corresponden al 3% y zona poblada un 4% de la extensión total. Estos son los principales usos que se dan a los suelos. (Chuquimarca et al, 2015, pp. 21-22)

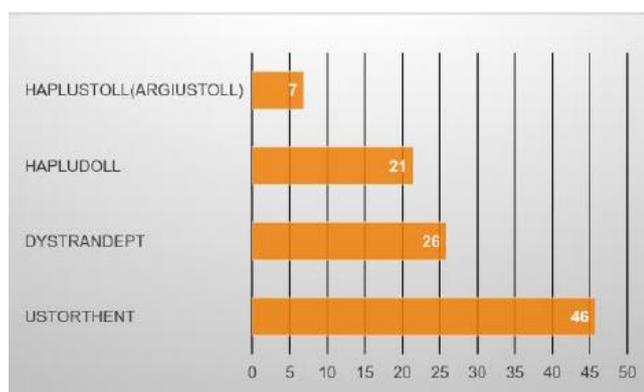


Figura 1-1: Gráfico del tipo de suelos en porcentaje de la parroquia Palmira

Fuente: (Chuquimarca, 2015, p. 19)

1.4.2 Fauna y Flora de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

Tabla 2-1: Listado de Especies de Mamíferos que integran la fauna de la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Conejo Silvestre	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Leporidae
Chucuri	<i>Mustela frenata</i>	Mustelidae
Lobo	<i>Psudalopex culpaeus</i>	Canidae
Ratón de páramo	<i>Oryzomys sp.</i>	Cricetidae
Venado	<i>Odocoileus irginianus</i>	Cervidae

Realizado por: Zurita Edith, 2016

Fuente: Zarate Piray Juan, 2008. (PROYECTO DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES DE CHIMBORAZO-Evaluación Ambiental).

Tabla 3-1: Listado de Especies de Aves que integran la fauna de la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Colibrí	<i>Oreotrochillus stella</i>	Trochilidae
Curiquingue	<i>Phalcoboenus carunculatus</i>	Falconidae
Gavilán	<i>Buteo</i>	Falconidae
Gli-gli	<i>Vanellus resplendens</i>	Charadriidae
Guarro	<i>Buteo polyosoma</i>	No identificado
Mirlo	<i>Turdus fuscater</i>	No identificado
Perdiz	No identificado	No identificado
Tórtola	<i>Zenaida auriculata</i>	No identificado

Realizado por: Zurita Edith, 2016

Fuente: Zarate Piray Juan, 2008. (PROYECTO DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES DE CHIMBORAZO-Evaluación Ambiental).

Tabla 4-1: Listado de Especies de Peces que integran la fauna de la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Truchas	<i>No identificado</i>	Centrarquidae
Preñadilla	<i>Astroblepus ubidiai</i>	Astroblepidae

Realizado por: Zurita Edith, 2016

Fuente: Zarate Piray Juan, 2008. (PROYECTO DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES DE CHIMBORAZO-Evaluación Ambiental). Comunicación Social Admin-Gobierno de Pichincha, 2014. (Proyecto Prometeo – Preñadilla).

Tabla 5-1: Listado de Especies de Flora de la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Achupalla	<i>Puya sp</i>	NI
Almohadilla	<i>Azorella pedunculata</i>	Fabaceae
Arquitecto	<i>Calcitium reflexion</i>	NI
Ashpa Chocho	<i>Lupinus pubescens</i>	Equisetáceae
Chuquiragua	<i>Chuquiraga jussieui</i>	Asteraceae
Caballo chupa	<i>Equisetum bogotense</i>	NI
Chilca	<i>Bacharis floribunda</i>	Asteráceae
Diente de León	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteráceae
Mortiño	<i>Vaccinium floribundum</i>	NI
Pantza o Yagual	<i>Polylepis incana</i>	Rosaceae
Pumamaqui	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	Araliaceae
Quishuar	<i>Buddleja incana</i>	Buddlejaceae
Taraxaco	<i>Taraxacum officinale</i>	NI
Tipillo	<i>Bistropogon mollis</i>	NI
Valeriana	<i>Valeriana mycrophylla</i>	Velerianaceae

Realizado por: Zurita Edith, 2016

Fuente: Zarate Piray Juan, 2008. (PROYECTO DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES DE CHIMBORAZO-Evaluación Ambiental). Comunicación Social Admin-Gobierno de Pichincha, 2014. (Proyecto Prometeo – Preñadilla).

1.4.3 Socio-economía de la Población en la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca

La Socio-economía integra los subsistemas Económico y Social de la Microcuenca. La actividad productiva de mayor porcentaje que realizan las comunidades es la labranza y el establecimiento de pastos que ocupan superficies pequeñas debido a la calidad del suelo, por lo cual estas actividades no sustentan la economía de las comunidades. (Chuquimarca et al, 2015, p. 71)

En el aspecto social la tenencia de la tierra en las Zonas Altas, es decir el páramo de la Microcuenca es perteneciente a la comunidad. Por otro lado en las Zonas Baja y Media la forma de tenencia de la tierra es individual. (Chuquimarca et al, 2015, p. 71)

Las especies introducidas corresponden a la actividad productiva de ganadería. El ganado ovino representa el mayor porcentaje 52,6 %, luego está el ganado bovino con 31,7% y el ganado porcino con 15%. La Microcuenca constituye el sustento para estos rebaños de ganado, sin embargo en la Zona Media hay una pérdida de vegetación progresiva. El ganado de leche se sitúa en la Zona baja y el ganado de engorde en la Zona Alta. (Chuquimarca et al, 2015, p. 71)

1.4.4 Problemas Ambientales en la Microcuenca

Desde el punto de vista ambiental los problemas encontrados en la Zona Media y Baja son el manejo inadecuado del recurso hídrico, erosión progresiva de los suelos, mal manejo de bosques y tala indiscriminada y mal manejo de la basura. En la Zona Alta no existen problemas ambientales significativos debido a que las comunidades protegen los páramos de dónde provienen las nacientes de agua del Río que les abastece. (Zarate P, 2008, pp. 6-12)

Los ecosistemas, recursos naturales e hídricos de ésta parroquia presentan afectaciones por las actividades antrópicas de las comunidades que realizan un inadecuado pastoreo de animales, una inadecuada agricultura con el ingreso de maquinaria agrícola y uso de abonos químicos provocando la erosión de los suelos y contaminación del recurso agua. Así también contribuyen a la erosión, las plantaciones de los bosques exóticos por causa de las acículas de los pinos. (Chuquimarca et al, 2015, p. 24)

Debido a los usos del suelo sin un conocimiento previo como el avance de la frontera agrícola, el pastoreo, la deforestación y el descuido de los páramos ha traído consigo una calidad del agua en deterioro. (Chuquimarca et al, 2015, p. 24)

En la agricultura debido a la pérdida en cosechas de papas se ha optado por añadir abonos químicos y fertilizantes como es la urea, los cuales se infiltran a través del suelo llegando por escorrentía al río contaminándolo. Siendo de preocupación ya que los habitantes utilizan el agua del río directamente para consumo humano sin un tratamiento adicional por eso se ve la presencia de enfermedades gastrointestinales, parasitosis y diarreicas. (Chuquimarca et al, 2015, p. 25)

En cuanto a las plantaciones de árboles de pino se lo hace sin una planificación previa en las riberas de los ríos ocasionando la erosión de las mismas, además el pino es una especie

introducida que tiene la característica de absorber agua en grandes cantidades. (Chuquimarca et al, 2015, p. 24)

El suelo de la microcuenca tiene áreas erosionadas, afloramientos rocosos, otras áreas con cultivos, plantaciones de pino, pastoreo y vegetación autóctona. Debido a esto las comunidades utilizan el suelo para cultivos de alfalfa, papa, chocho, habas, cebada y hortalizas. Otras áreas de la Microcuenca aledañas al río principal se utilizan para el ganado vacuno, ovino y especies menores. (Chuquimarca et al, 2015, p. 24)

El recurso agua juega un papel primordial en éstas actividades de agricultura, ganadería, riego de los cultivos y por supuesto en el consumo humano. (Chuquimarca et al, 2015, p. 24)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Compilación de Información

2.1.1 Reunión inicial con Autoridades de Apoyo

Se mantuvo una reunión inicial con el Consejo Provincial de Chimborazo en conjunto con los técnicos encargados de los proyectos de Gestión Ambiental de las Microcuencas de la provincia que proporcionaron la información pertinente para el desarrollo del proyecto de titulación y la planeación para socializar la investigación con las autoridades de las comunidades de la Parroquia Palmira y las actividades a realizarse en la misma.

2.1.2 Socialización del Proyecto de Investigación

Junto con el Consejo Provincial de Chimborazo se realizó la planificación para la reunión de socialización del Proyecto con las autoridades de la zona involucrada: el Presidente de la parroquia Palmira, la vicepresidenta, el promotor de Proyectos de Gestión de la Microcuenca y los propietarios de tierras cercanas al río Atapo-Pomachaca; así como los presidentes de las comunidades entre ellos el presidente de la comuna Sillacaja.

En la reunión se dio a conocer el proyecto de investigación, la importancia de llevarlo a cabo, los objetivos que se desean alcanzar y beneficios para sus habitantes. De ésta manera se obtuvo la autorización por parte de la Parroquia Palmira para realizar el estudio en la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca, de igual forma se recopiló la información acerca de la parroquia y sus actividades productivas, educación, servicios básicos y salud.

2.2 Área de Estudio

Se identificó la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca que corresponde al área de estudio del proyecto de investigación con la ayuda del IGM que proporcionaron las cartas topográficas, su localización geográfica. (Anexo F) (Anexo G)

En base a la observación de campo utilizando la Matriz de Campo (Anexo A) y la investigación de fuentes de información de carácter secundario, se obtuvo información respecto a la Microcuenca que comprende: clima y precipitación, topografía, hidrografía, uso de suelos y servicios básicos.

2.3 Materiales y Equipos

Se utilizaron los materiales y equipos señalados en el Manual metodológico para el monitoreo de calidad de agua con macroinvertebrados escrito por Studholme Ashley, año 2012.

EQUIPO DE CAMPO PARA EL MONITOREO

- Red tipo D
- Botella Wheaton
- Botellas pvc 1L
- Frascos para los macroinvertebrados
- Pinzas
- Bandeja
- Guantes
- Cooler
- Botas
- GPS Garmin
- Cámara
- Termómetro
- Cedazo y cucharas
- Lupa
- Etiquetas
- Marcador

Es importante llevar hielo para conservación de las muestras.

EQUIPO DE LABORATORIO

- Estereoscopio TRINOCULAR NEXIUS ZOOM NZ.1903-S
- pH metro CONSORT C562
- Fotómetro HACH DR 2800
- Digestor de DBO₅ BOD TRAK II
- Turbidímetro HACH RATOR XR
- Incubadora IGS750 MARCA THERMO SCIENTIFIC
- Bureta

Es importante mantener la inocuidad de las muestras y protección personal durante el análisis de muestras, por lo tanto se debe utilizar:

- Mandil
- Guantes
- Mascarilla.

2.4 Selección de los puntos de monitoreo

Con el Manual metodológico para el monitoreo de calidad de agua con macroinvertebrados escrito por Studholme en el año 2012 llevado a cabo en Riobamba y las Condiciones de Referencia para puntos de Monitoreo en Ríos Andinos mencionado por Acosta (2009) (Anexo E), se seleccionaron los puntos de monitoreo en base a un recorrido de campo con la guía de los pobladores de la parroquia. Observando las siguientes características para la representatividad de estos puntos:

- Alta actividad antrópica: se visualizó los usos del suelo: presencia de cultivos, ganado, plantación de bosques y los usos del agua: abrevadero de animales, regadío de cultivos y lavadero de ropa.
- Nula actividad antrópica: en la cabecera o nacimiento del río se ubicó un punto de referencia donde no existe alteración alguna del entorno.
- Presencia de una alteración notoria del río: ausencia de vegetación, ausencia de peces y otros animales, residuos sólidos.
- Accesibilidad a los distintos puntos de monitoreo: existen varias vías de acceso.
- Existe la presencia de mezcla de las masas de agua en los puntos seleccionados de manera que las características de las muestras son homogéneas. (Studholme, 2012, pp. 20-22) (Acosta, et al, 2009, pp. 35-64)



Fotografía 1-2: Recopilación información de los puntos críticos.

En base los criterios tomados del reconocimiento de campo de la Microcuenca se seleccionaron 4 puntos de monitoreo y un punto de referencia con sus respectivas coordenadas geográficas mediante la utilización del GPS Garmin (Anexo H). Posteriormente se llenó la Matriz de Campo (Anexo A).

2.4.1 Monitoreo del río Atapo-Pomachaca

En base a las normas NTE INEN 2169:9: Agua: calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras; y la Norma NTE INEN 2176:98: Agua: calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Monitoreo se llevó a cabo el monitoreo del río Atapo-Pomachaca. Para el Programa de Monitoreo se seleccionó el mes de Mayo, Junio y Julio debido a que el Mes de Mayo es el último mes de lluvia y en el mes de Junio empieza el verano. La frecuencia entre los monitoreos fue de 15 días teniendo en cuenta las lluvias del sector.

Se tomó muestras simples debido a que los parámetros de pH y OD no pudieron analizarse in situ, y estos pueden cambiar durante el transporte y conservación de la muestra.

Las muestras fueron tomadas corriente arriba en un punto alejado y seguro de la orilla, se limpió los envases enjuagándolos 3 veces con la misma agua de muestreo antes de conseguir la muestra. Luego se tapó herméticamente con cuidado de no contaminar la muestra. El tipo de envase que se utilizó fue de polietileno de 1 L de volumen. Para los muestreos de OD se utilizó botellas específicas, las botellas Wheaton.

Debido a que las muestras no pueden ser analizadas inmediatamente en laboratorio se conservaron en un cooler con hielo a 4 °C para mantener la temperatura, desde su recolección hasta el siguiente día (Anexo J). (NTE INEN 2169 & NTE INEN 2176, 1978, pp. 6-20)

2.4.2 Muestreo de Macroinvertebrados.

En base al Manual metodológico para el monitoreo de calidad de agua con macroinvertebrados escrito por Studholme en el año 2012, se tomaron los criterios recomendados para el muestreo de macroinvertebrados:

En cada sitio de muestreo se seleccionó 3 lugares específicos de monitoreo debido a que el área corresponde a rápidos, los 3 lugares fueron: uno del rápido y otro de las orillas, que son las submuestras de la muestra compuesta de macroinvertebrados.

Se consideró la consistencia de las muestras. El monitoreo se realizó 48 horas después de un evento de lluvia, ya que las lluvias tienden a aumentar la velocidad y el caudal llevando los macroinvertebrados aguas abajo.

En el muestreo se sumergió la red tipo D de manera que la red se quedó tocando el lecho del río, mientras que un técnico se situó a 1 metro aguas arriba de la abertura de la red, se perturbó el sustrato con manos y pies, con las manos se raspó también el sustrato de rocas quedando los macroinvertebrados atrapados en la red. Este procedimiento se llevó a cabo por 1 minuto aproximadamente.

Luego se vaciaron las submuestras de la red en una bandeja parcialmente llena con agua. Cuidadosamente se observó la red para extraer cualquier espécimen que haya quedado en ella. Se extrajo los macroinvertebrados de la red con pinzas sin aplastarlos. Al finalizar se contaron los especímenes obtenidos y se colocaron en los recipientes etiquetados con el nombre, sitio, y fecha de muestreo. Se consideró que la muestra compuesta contenga un número igual a 100 especímenes. (Studholme, 2012, pp. 23-26)

2.4.3 Identificación de Macroinvertebrados

Se separaron y agruparon los macroinvertebrados en placas Petri según características similares. Luego con el uso del estereoscopio y la guía de macroinvertebrados del Protocolo Simplificado y Guía de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos, se verificó la clasificación preliminar. (Studholme, 2012, p. 27)

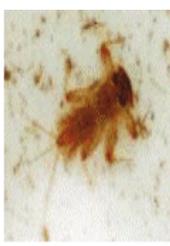
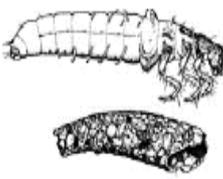
Se identificaron los especímenes según las características físicas descritas en la Tabla 1-2: Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua y la Tabla 2-2: Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de baja calidad del agua según el libro Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos (Domínguez y Fernández, 2001), para agruparlos a nivel de familia para el índice ABI, (Anexo B-Anexo C) y el Índice BMWP/Col (Anexo D).

- Se utilizó la hoja de campo (ANEXO A) de macroinvertebrados del Manual metodológico para el monitoreo de calidad de agua con macroinvertebrados escrito por Studholme en el año 2012 en Riobamba.
- La abundancia del espécimen se ubicó en la columna **Cantidad** de la hoja de campo.
- Posteriormente al lado derecho de la columna de **Cantidad** se ubicó el valor asignado para cada familia según la Tabla 4-2: Puntuación de las Familias de Macroinvertebrados para obtener el Índice BMWP/Col y la Tabla 6-2: Puntuaciones del Índice Biótico Andino ABI, al final de las columnas se realizó la sumatoria final.

Con el valor de la sumatoria final de cada del índice ABI y del índice BMWP/Col se determinó la calidad del agua según el criterio de la Tabla 3-2: Clasificación de la Calidad del Agua según

el índice de Calidad del Agua BMWP/Col y la Tabla 5-2: Escala de la calidad del agua según el Valor Total del Índice ABI. (Studholme, 2012, p. 27)

Tabla 1-2: Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad del agua

ORDEN	CARACTERÍSTICAS	RASGOS CLAVE
<i>Plecóptera</i> 	Nombre común: Moscas de las piedras	Presenta abdomen con un par de cercos multiarticulados.
	Familia más común: <i>Perlidae</i>	Uñas tarsales pares.
	Hábitat: lechos de grava, Ríos de aguas turbulentas	
	Fase indicadora: ninfas muy sensibles a la contaminación	
	Alimentación: ninfas carnívoras	
Ciclo de vida: ninfas acuáticas y adultos voladores		
<i>Ephemeroptera</i> 	Nombre común: Efímeras	Abdomen con un par de cercos alargados con un filamento central normalmente visible.
	Familia más común: <i>Baetidae</i> , <i>Leptophlebiidae</i> , <i>Leptohyphidae</i> , <i>Caenidae</i>	Uñas tarsales únicas.
	Hábitat: ríos y lagunas	
	Fase indicadora: ninfas	
	Alimentación: ninfas herbívoras	
Ciclo de vida: ninfas acuáticas y adultos voladores		
<i>Trichoptera</i> 	Nombre común: Frigáneas	Larvas acuáticas
	Familia más común: Hidropsiphidae, Hidroptilidae, Leptoceridae	Viven en estuches o refugios que contruyen según la familia.
	Hábitat: ríos ,aguas quietas y rápidas.	
	Fase indicadora: ninfas	
	Alimentación: ninfas depredadoras o herbívoras	
Ciclo de vida: ninfas acuáticas y adultos voladores		
<i>Odonata</i> 	Nombre común: Libélulas, caballitos del diablo.	Ojos compuestos prominentes.
	Familia más común: Libellulidae, Coeagrionidae	Branquias plumosas externas en la parte posterior del abdomen.
	Hábitat: ríos de aguas quietas	
	Fase indicadora: larvas	
	Alimentación: ninfas depredadoras	
Ciclo de vida: larvas acuáticas y adultos voladores		

Continuación:

<i>Coleóptera</i>	Nombre común: Escarabajos	Patatas grandes y caminan por el fondo del agua.
	Familia más común: Elmidae, Ptyldactilidae, Phesenidae, Dytiscidae, Hydrophilidae.	Respiran aire con el extremo del abdomen o disponen de branquias.
	Hábitat: amplio rango indicativo: salinidad, zonas lacustres.	
	Fase indicadora: larvas	
	Alimentación: ninfas herbívoras y depredadoras	
	Ciclo de vida: larvas, pupas y adultos	
<i>Díptera</i>	Nombre común: Moscas y mosquitos	Larva pequeña con protuberancias a los lados del cuerpo.
	Familia más común: Simuliidae, Tipulidae, Psychodidae, Dixidae, Athericidae, Blephariceridae.	
	Hábitat: ríos de aguas estancadas	
	Fase indicadora: larvas	
	Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras	
	Ciclo de vida: pupas, largas acuáticas, huevos y adultos voladores.	

Fuente: Domínguez & Fernández, 2001. (Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos)

Tabla 2-2: Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de baja calidad del agua

ORDEN DÍPTERA	CARACTERÍSTICAS	RASGOS CLAVE
Familia Culicidae	Nombre común: mosquitos	
	Hábitat: aguas estancadas	
	Fase indicadora: larvas	
	Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras	
	Ciclo de vida: huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores.	
Familia Ephydriidae	Nombre común: Moscas y mosquitos	
	Hábitat: ríos de aguas estancadas	
	Fase indicadora: larvas	
	Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras	
	Ciclo de vida: huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores.	
Familia Chironomidae	Nombre común: Moscas y mosquitos	
	Hábitat: ríos de aguas estancadas y lólicas	
	Fase indicadora: larvas	
	Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras	
	Ciclo de vida: pupas, largas acuáticas, huevos y adultos voladores.	

Continuación:

	Familia Psychodidae	Nombre común: Moscas	Cuerpo alargado con abundantes setas en todo el cuerpo.
	Hábitat: ríos de aguas estancadas		
	Fase indicadora: larvas		
	Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras		
	Ciclo de vida: pupas, larvas acuáticas, huevos y adultos voladores.		
	Familia Shirfidae	Nombre común: Moscas y mosquitos	Cuerpo robusto con un tubo respiratorio alargado y delgado.
	Hábitat: ríos de aguas estancadas		
	Fase indicadora: larvas		
	Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras		
	Ciclo de vida: pupas, larvas acuáticas, huevos y adultos voladores.		

Fuente: Domínguez & Fernández, 2001. (Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos)

Tabla 3-2: Clasificación de la Calidad del Agua según el índice de Calidad del Agua BMWP/Col

CLASE	VALOR DEL BMWP	CALIDAD	SIGNIFICADO	Color/Representación Geográfica
I	>150	Buena	Aguas muy limpias, no contaminadas	Azul
II	101-120	Aceptable	Se evidencia efectos de la contaminación	Verde
III	61-100	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	36-60	Crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	<15	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas/ situación crítica	Rojo

Fuente: Roldan, 2003. (Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia).

Tabla 4-2: Puntuación de las Familias de Macroinvertebrados para obtener el Índice BMWP/Col

FAMILIAS	SENSIBILIDAD
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessidae, Odontoceridae, Olilgoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae, Ptilodactylidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Calamoceratidae, Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Dolichopudidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae. .	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydroptilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae (cuando no es la familia dominante, si domina es 1), Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Tubificidae	1

Fuente: Roldan, 2003. (Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia).

Tabla 5-2: Escala de la calidad del agua según el Valor Total del Índice ABI

VALOR ABI	CALIDAD DEL AGUA
>74	Muy Buena
45-74	Aceptable
27-44	Dudosa
0-26	Crítica

Fuente: Studholme Ashley, 2012 (Manual Metodológico para el monitoreo de calidad del agua con macroinvertebrados).

Tabla 6-2: Puntuaciones del Índice Biótico Andino ABI

ORDEN	FAMILIA	ABI
Acari	Hydrachnidia	4
Amphipoda	Hyalellidae	6
Annelida	Oligochaeta	1
Coleóptera	Elmidae	5
	Lampyridae	5
	Psephenidae	5
	Scirtidae	5
	Staphylinidae	3
Díptera	Chironomidae	2
	Tabanidae	4
	Simuliidae	5
	Tipulidae	5
	Ceratopogonidae	4
	Blephariceridae	10
	Muscidae	2
	Empididae	4
	Psychodidae	3
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Oligoneuridae	10
	Leptohypidae	7
	Leptophlebiidae	10
Gastrópoda	Planorbidae	3
Heteróptera	Corixidae	5
	Gerridae	5
Lepidóptera	Pyralidae	4
Hirudínea	Glossiphoniidae	3
Odonata	Libellulidae	6
Plecóptera	Gripopterygidae	10
	Perlidae	10
Trichóptera	Odontoceridae	10
	Hydroptilidae	6
	Limnephilidae	7
	Hydrobiosidae	8
	Leptoceridae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropsychidae	5
Turbellaria	Planariidae	5

Fuente: Studholme Ashley, 2012 (Manual Metodológico para el monitoreo de calidad del agua con macroinvertebrados).

2.4.4 Métodos de determinación de los parámetros del ICA

Con los siguientes métodos se efectuó el análisis físico químico del agua (Anexo K):

Tabla 7-2: Métodos para la Determinación de los parámetros que conforman el ICA

VARIABLES	Método/Equipo	DESCRIPCIÓN
Turbidez/FAU o NTU	Nefelométricas/ Turbidímetro HACH RATOR XR	Se colocó el equipo en el Rango de 20. Celda+muestra de agua se coloca en el soporte con la tapa y esperamos un momento antes de leer el valor.
Cambio de la Temperatura / °C	Termómetro	Con el termómetro de mercurio para aguas, introduciendo el termómetro en el agua del río en contra de la corriente y se espera un momento hasta que se estabilice. Luego toma la temperatura ambiente.
pH/ unidades de pH	Potenciómetro/ pH metro Consort C562	Primero se coloca un volumen no definido de la muestra de agua en un vaso pequeño, luego se sumerge el electrodo de cristal en la muestra. Se selecciona MOD-pH-READ. Se espera a que se estabilice el valor antes de hacer la lectura.
Sólidos disueltos totales/ mg/ L	Potenciómetro/ pH metro Consort C562	Se sumerge los electrodos en la muestra. Se selecciona MOD-TDS-READ. Se espera a que se estabilice el valor antes de hacer la lectura.
Oxígeno Disuelto/ OD % de saturación	Volumétrico 4500- O C Modificación de Ácida	En la botella Wheaton + 1 mL de Sulfato Manganoso (MnSO ₄) +1mL Azida Sódica. Se forma un precipitado de Mn (OH) ₃ + 2 mL de Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) concentrado. A ésta muestra la vaciamos en un Erlenmeyer de 500 mL, titulamos con Tiosulfato de Sodio 0.025 N (color amarillo pálido)+ gotas de almidón (color azul). Seguimos titulando con Tiosulfato (transparente) y tomamos la lectura del Volumen de Tiosulfato utilizado para hacer el posterior cálculo.
Nitratos/ NO ₃ ⁻ en mg/L	Colorimétrico/ Espectrofotómetro HACH DR 2800	Seleccionar en la pantalla el test 355 N Nitrato RA PP. Llenamos una cubeta cuadrada hasta la marca de 10 mL con agua destilada (blanco). En otra cubeta añadir 10 mL de la muestra a evaluar+ 1 sobre de reactivo de Nitrato Nitrover 5+ temporizador (5 min-color ámbar). Colocamos el blanco en el equipo+Cero. Luego sacamos el blanco y colocamos la muestra en el equipo+MEDICIÓN
Fosfatos/PO ₄ ⁻ en mg/L	Colorimétrico/ Espectrofotómetro HACH DR 2800	Seleccionar el test 490 P React PV. Llenar una cubeta cuadrada con 10 mL con agua destilada (blanco). En otra cubeta añadir 10 mL de la muestra a evaluar+ 1 sobre de reactivo de Fosfato PhosVer 3+temporizador +OK (20 min-color azul) Colocamos el blanco en el equipo presionamos Cero y luego colocamos la muestra en el equipo+MEDICIÓN

DBO ₅ (Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días) en mg/L	Volumétrico/ Digestor de DBO en 5 días HACH BOD TRAK II	Botella ámbar+250 mL muestra de agua +nutrientes DBO NUTRIENTE BUFFER HACH+ tapón especial+KOH +cabezales con el valor 250 correspondiente al volumen de la muestra. Y se coloca la botella finalmente en el digestor HACH para la medición en 5 días.
Coliformes Fecales/ NMP/100 mL	Conteo total en Placa Petrifilm-Número más probable	Se utilizó medio EC Petrifilm. Se desinfecta primeramente el área a utilizar con alcohol. Con una pipeta 1 mL de muestra de agua y se coloca en el centro del medio EC de la placa evitando que se generen gotas+cubre cuidadosamente la placa+presión encima+ incubadora 48 h a 37 °C.

Realizado por: Zurita E, 2016.

Fuente: Guía de Laboratorio de la ESPOCH, NTE ISO 0971:84 Turbiedad, NTE ISO 0973:84 pH, NTE ISO 1202:85 DBO₅, NTE ISO 1106:84 OD.

2.5 Cálculos Correspondientes

2.5.1 Determinación de Oxígeno Disuelto OD (mg/L)

Para la obtención del valor de OD en mg/L se realizó un cálculo. Se calculó la corrección por la pérdida de muestra desplazada por los reactivos, así se tiene 1 mL de Sulfato Manganeso MnSO₄, 1 mL de álcali-yoduro-azida y 2 mL de Ácido Sulfúrico; dando un total de 4 mL de reactivos, en una botella de 300 mL (volumen botellas Wheaton), el cálculo corresponde a la siguiente ecuación:

$$\frac{mg}{L} OD = \frac{Volumen\ de\ Na_2S_2O_3 * Normalidad\ del\ Na_2S_2O_3 * 8000}{(Volumen\ de\ la\ Botella - Volumen\ de\ los\ reactivos)}$$

Dónde:

Volumen de Na₂S₂O₃ = Corresponde al volumen de titulación de la muestra

Normalidad del Na₂S₂O₃ = 0.025 N

Volumen de la Botella = 300 mL

Volumen de los reactivos = 4 mL

2.5.2 Determinación del Cambio de Temperatura.

La determinación del Cambio de Temperatura para la determinación del ICA, se realizó mediante el cálculo de la ecuación siguiente:

$$\text{Cambio de Temperatura } ^\circ\text{C} = (\text{Temp. ambiente} - \text{Temperatura de la muestra}) ^\circ\text{C}$$

2.5.3 Determinación del Índice Biológico BMWP/Col

El Cálculo del Índice BMWP/Col se realizó cuando los macroinvertebrados ya fueron identificados con una valoración correspondiente para cada grupo de familia (Tabla 5-1). Luego se sumó los valores de cada grupo identificado obteniéndose un valor total referente al Índice BMWP/Col. Este valor se comparó con los valores de los niveles de referencia de calidad del agua (Tabla 6-1).

El resultado obtenido puede ser de calidad buena, aceptable, dudosa, crítica, muy crítica.

2.5.4 Determinación del Índice Biológico ABI

El Cálculo del Índice ABI se realizó con las puntuaciones de sensibilidad que recibieron las familias presentes, indistintamente del número de especímenes de cada familia, ya que ésta no se ve influenciada por el factor de abundancia, sino más bien es un indicador de presencia/ausencia de macroinvertebrados. Si se identifica solamente 1 individuo en una familia, este recibe el puntaje que le corresponde.

Al finalizar ya cuando se tiene todas las puntuaciones de sensibilidad, se sumó todas las puntuaciones de la columna que dio el valor de la sensibilidad total. Luego este valor se comparó con la escala ABI (Tabla 8-1) que dio como resultado el nivel correspondiente a la calidad del agua ya sea muy bueno, aceptable, dudoso o crítico.

2.5.5 Determinación del Índice de Calidad del Agua

Para el cálculo del índice de calidad del agua propuesto por Brown (1970) se utilizó la función multiplicativa ponderada ICA_m , ya que refleja con más precisión un cambio en la calidad del agua debido a que las técnicas multiplicativas son más sensibles a la variación del valor de los parámetros del ICA. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$ICA_i = \prod_{i=1}^9 Sub_i^{W_i}$$

$$ICA = \sum_{i=1}^n ICA_i w_i$$

Dónde:

$i = \text{parámetro}$

$w_i = \text{son los pesos relativos asignados a cada parámetro. de de } 0 - 1$

$Sub_i = \text{subíndice del parámetro } i$

Los Sub_i se obtienen de distintas gráficas de Valoración de Calidad del agua en función de cada parámetro.

Para calcular los Sub_i se toma en cuenta algunas consideraciones:

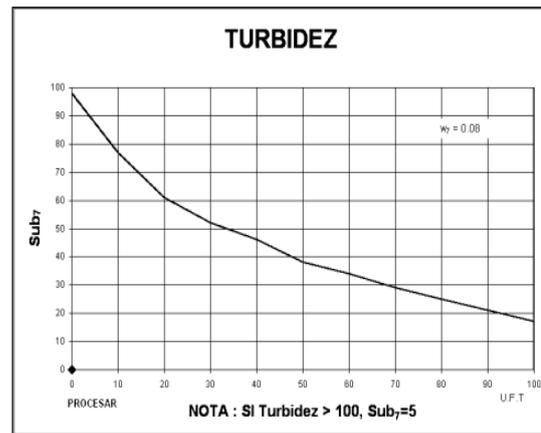
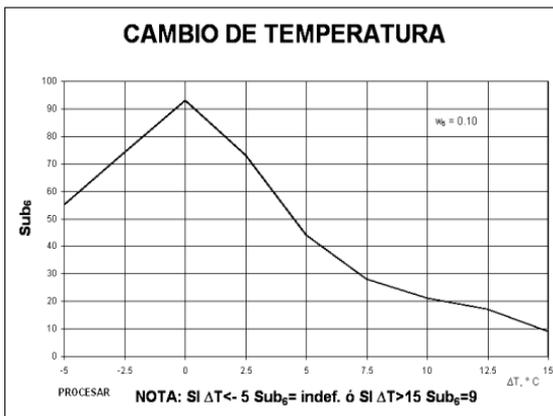


Figura 1-2: Gráfico del Sub_i -Temperatura

Figura 2-2: Gráfico del Sub_i -Turbidez

Fuente: Brown, 1970 (Curvas Funcionales para el ICA)

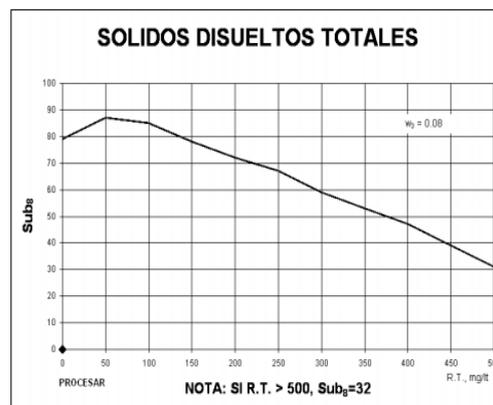
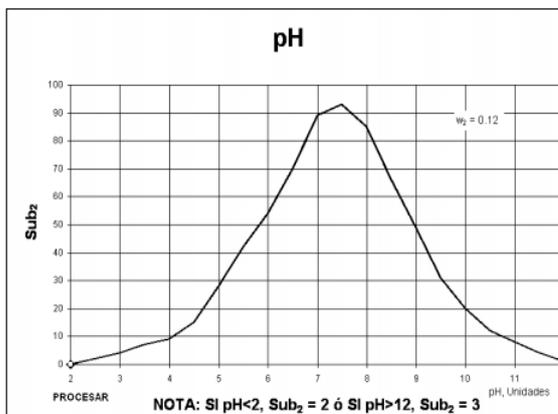


Figura 3-2: Gráfico del Sub_i -pH

Figura 4-2: Gráfico del Sub_i -STD

Fuente: Brown, 1970 (Curvas Funcionales para el ICA)

- **Oxígeno Disuelto**

Dado que para el cálculo del ICA el Oxígeno Disuelto debe estar en % de saturación, primero se calculó el porcentaje de saturación del OD en % de saturación mediante la identificación del valor en la Figura 2-2. En el que se interpoló el valor del OD en mg/L con una regla hacia la temperatura producto de la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura de la muestra de agua, 1 valor intersecado en el eje de % de saturación es el valor obtenido.

Posteriormente, a la obtención del % de saturación se procedió a la obtención del Sub_i .

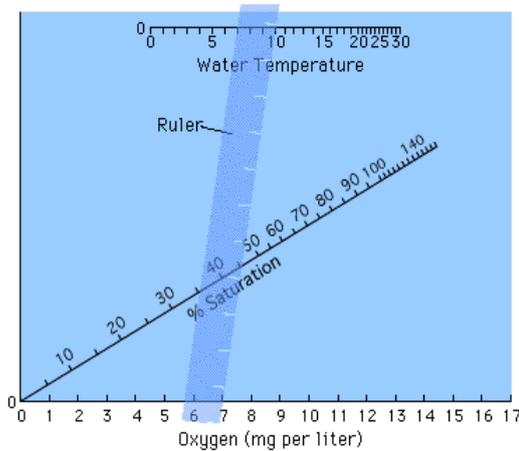


Figura 5-2: Nomograma del %satu OD

Fuente: Gonzáles F, 2013. (Laboratorio 12)

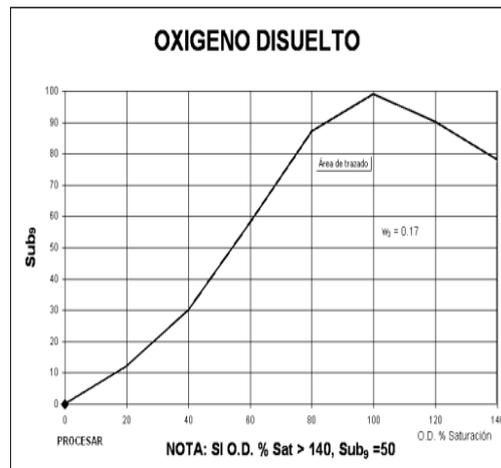


Figura 6-2: Gráfico del Sub_i -Oxígeno Disuelto

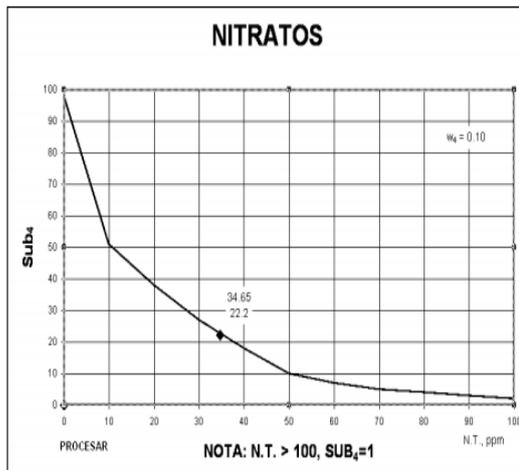


Figura 7-2: Gráfico del Sub_i -Nitratos

Fuente: Brown, 1970 (Curvas Funcionales para el ICA)

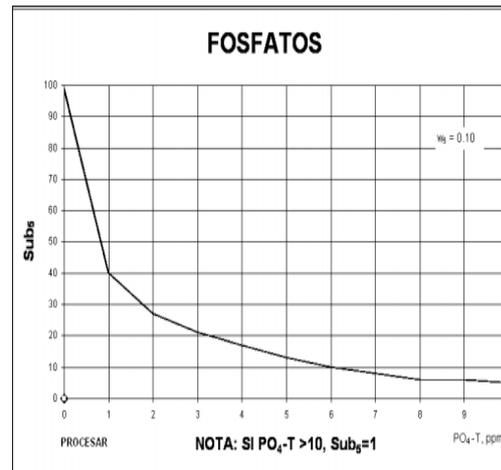


Figura 8-2: Gráfico del Sub_i -Fosfatos

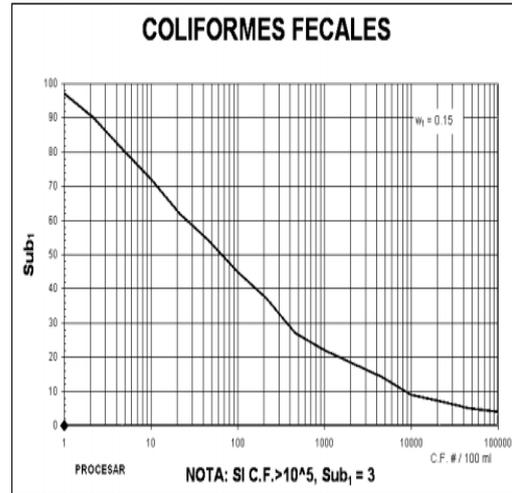
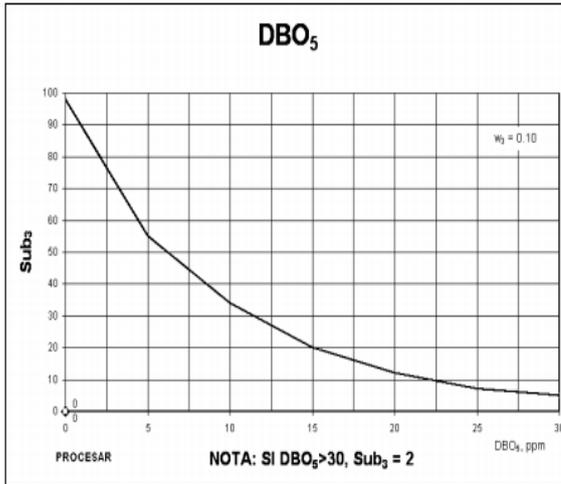


Figura 9-2: Gráfico del Sub₁-DBO₅

Figura 20-2: Gráfico del Sub₁-CF

Fuente: Brown, 1970 (Curvas Funcionales para el ICA)

Este valor de las gráficas se eleva a los pesos relativos (w_i) asignados para cada parámetro de la Tabla 8-2.

Los pesos asignados a cada parámetro son los siguientes:

Tabla 8-2: Pesos Relativos para los parámetros del ICA

No.	Parámetro	Variable	w _i
1	FÍSICOS	Temperatura	0,1
2		Turbidez	0,8
3	QUÍMICOS	Ph	0,12
4		Sólidos Totales Disueltos	0,8
5		Oxígeno Disuelto	0,17
6		Nitratos	0,1
7		Fosfatos	0,1
8	BIOLÓGICOS	DBO5	0,1
9		Coliformes Fecales	0,15

Realizado por: Zurita E, 2016

Fuente: Brown et al, 1970. (A Water Quality Index Do We Dare?" Water And Sewage Works.

Finalmente se suman los valores obtenidos de los 9 parámetros teniendo como resultado el ICA que luego se ubica en la Tabla 9-2 de valores de estimación del índice de calidad del agua distribuidos en 5 niveles, para ver a qué rango de calidad corresponde. (SNET, pp. 1-14)

Tabla 9-2: Clasificación del ICA propuesto por Brown

VALOR	CALIDAD DEL AGUA
91-100	Excelente
71-90	Buena
51-70	Regular
26-50	Mala
0-25	Pésima

Realizado por: Zurita Edith, 2016

Fuente: Lobos J, 2002 (Evaluación de los Contaminantes del Embalse del Cerrón Grande). PAES 2002. (Servicio Nacional de Estudios Territoriales)

2.6 Presentación de Resultados

Los resultados obtenidos se presentan a modo de tablas en el Capítulo III enmarcando el resultado final de cada índice, así como los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos los cuales serán presentados en forma gráfica. La discusión de resultados es presentada al final de cada tabla o gráfico. Posteriormente se realizó la prueba ANOVA para ver la diferencia significativa entre las medias de la calidad del agua de los 5 monitoreos en los 4 puntos de monitoreo.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS

3.1 Microcuenca del río Atapo Pomachaca

3.1.1 Localización

La ubicación del área de estudio se centra en la parte baja de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca ubicada en la parroquia Palmira provincia de Chimborazo (Anexo 1). Las coordenadas de su ubicación geográfica según (INAMI, 2010) corresponden a la proyección UTM de la zona 17 M, 755244 E en X y 9767635 S en Y, a una elevación de 2800-4280 msnm. Formando parte del Cantón Guamote y Alausí tiene una superficie de 14248,28 hectáreas. (Chuquimarca et al, 2015, p. 2)

3.2 Características Representativas de la Microcuenca

3.2.1 Clima y Precipitación

Las siguientes características dan como resultado los distintos factores ambientales y topográficos de la Microcuenca:

- *Clima:* El clima tiene dos estaciones invierno y verano. El invierno húmedo frío se presenta en los meses de Octubre a Mayo, mientras que de Junio a Septiembre se presenta el verano cálido seco y ventoso. Los pisos climáticos corresponden a la Región Interandina que incluye: PÁRAMO caracterizado por un piso frío a una altura de 3200 a 2700 msnm con una temperatura de 1 a 10 °C; El piso ECUATORIAL MESOTÉRMICO y el SECO ECUATORIAL DE ALTA MONTANA (Anexo G).
- *Temperatura:* 9-12 °C en la parroquia y partes bajas de la Microcuenca, en los páramos la temperatura oscila entre 4-10 °C. La hora de irradiación solar fue a las 12:28 en el mes de Marzo.
- *Precipitación:* La Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca receipta entre 500-1000 mm de precipitación al año.
- *Humedad relativa:* 96,8%, en la parte alta de la microcuenca.
(Chuquimarca et al, 2015, pp. 27-29) (AGENCIA ESPACIAL CIVIL ECUATORIANA, 9 Marzo 2010)

3.2.2 Topografía de la Microcuenca

La mayor parte de pendientes de la Microcuenca sobrepasan el 50% siendo pendientes pronunciadas, en cambio las pendientes superiores al 10% se encuentran en los territorios donde se asientan la mayor parte de comunidades, dando un relieve irregular a la parroquia. Las

siguientes pendientes de la microcuenca se presentan las características de su topografía. (Chuquimarca et al, 2015, p. 2)

Tabla 1-3: Topografía de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca

TIPO DE PENDIENTE	%	SUPERFICIE (has)
Suave regular	<12	1442,92
Regular o irregular	12 a 25	3594,52
Fuertes	25 a 50	4680,82
Muy fuertes	>50	4566,62

Fuente: Caguana J, 2013. (Determinación del Balance y Demanda Hídrica en la Microcuenca del río Atapo, parroquia Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo)

3.2.3 Hidrología

Las quebradas Ullacoshisha, Letra Huayco, Capa Huaycu, Pucarumi forman la Subcuenca del Río Chambo y al final la Cuenca del río Pastaza. Otras unidades hídricas como los ríos Citado, Coco, quebrada San Francisco de Bishud, quebrada Conventillo, Río Guagracorral y Atapo-Pomachaca que pertenecen a la Vertiente del Pacífico, formando la subcuenca de Yaguachi Todas éstas unidades conforman la red hídrica de la Parroquia Palmira con 164,73 Km de longitud aproximadamente.

El río Atapo-Pomachaca nace en los Páramos de los Atapos distribuyendo la mayor parte de agua de la parroquia Palmira, el 38,1% siendo la red hídrica más importante en comparación con las otras 9 que conforman el Sistema Hídrico de Palmira. (Chuquimarca et al, 2015, pp. 2-29)

3.2.4 Servicios Básicos de la Parroquia Palmira.

Según el CENSO de Población y Vivienda del año 2010, las necesidades básicas de los pobladores no se encuentran cubiertas ya que los pobladores presentan viviendas con infraestructura y servicios básicos inadecuados o inexistentes con niños que no asisten a un centro de educación.

Los servicios básicos corresponden al acceso de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, cobertura de desechos sólidos y vivienda, todos estos alineados en un marco que garantice una vida saludable.

Todas las comunidades tienen acceso al recurso agua, sin embargo no en la cantidad y calidad que se recomienda en la normativa, la cual es distribuida por un sistema entubado sin ningún tratamiento previo. Por ello hay cierta incidencia en enfermedades como diarreas agudas y

parasitosis con el 11% de las enfermedades comunes en las comunidades que representan la principal causa de muerte en niño de 0-4 años de edad.

El 94% de la población no cuenta con servicio de alcantarillado ni recolección de desechos sólidos, solamente el 6% correspondiente a la Cabecera Parroquial disponen de estos servicios. Con respecto al servicio de energía eléctrica el 94,7% de la población posee este servicio. (Chuquimarca et al, 2015, p. 61) (Memoria Técnica Guamote, 2013, pp. 17-29)

3.2.5 *Uso de suelos de la Parroquia Palmira*

El suelo se caracteriza por ser limo-arenoso y arenoso-arcilloso con canchagua que en época de lluvias suele ocasionar deslizamientos y derrumbes.

Estos suelos son utilizados en un 57% correspondiente a la mayor parte de las 27451,29 hectáreas de la parroquia Palmira para cultivos de chochos, arveja, cebada, papas, entre otros cultivos de ciclo corto, así como también para mantener pastos naturales. Otra zona corresponde a bosque plantado de pino en una extensión del 12% del territorio, la zona poblada ocupa un 4%, un 2% el bosque natural, 2% a pastos de origen natural y 4% restante son zonas erosionadas.

El páramo ocupa el 21% del territorio total siendo conservado un 9% en la comunidad de Galte por parte de sus autoridades conjuntamente con el Consejo Provincial de Chimborazo El estudio de la Microcuenca se integra con el uso de suelos y las actividades humanas de las comunidades relacionando el aspecto socioeconómico con el aspecto ambiental de la calidad del agua de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca. (Chuquimarca et al, 2015, p. 43)

En la zona alta de la Microcuenca se encuentra poca intervención humana. Se ha evidenciado la presencia de ganado salvaje, y sembríos. En esta zona la actividad humana debería ser casi nula debido a que estas actividades son las que debilitan la capacidad del suelo de retener agua ocasionando la erosión, además que existe una contaminación de las principales nacientes que alimentan el agua de la Microcuenca.

Sin embargo se resalta que en la zona más alta correspondiente a los páramos, existe la vigilancia y cuidado de éstos páramos por parte de las comunidades, sin dejar pasar visitantes, ni ganado a los pajonales que son los que retienen el agua de las nacientes del río. En estas actividades tiene participación los habitantes de las comunidades de esta zona en conjunto con la participación del Consejo Provincial de Chimborazo como medida de gestión de microcuencas. Otra actividad de manejo adecuado del recurso es la medida que adoptaron las comunidades para el regadío de los sembríos por aspersores ahorrando en un 50% la demanda hídrica.

Las zonas medias y bajas de la Microcuenca se encuentran con mayor intervención, en esta zona se desarrolla actividades agrícolas, ganaderas, lavado de ropa. Estas son las principales actividades que van deteriorando la calidad del agua.

3.2.6 *Uso del recurso hídrico*

Son 19 comunidades de la parroquia Palmira que se abastecen de las aguas de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca para sus actividades socioeconómicas y domésticas como el regadío de cultivos, abrevadero para sus ganados especialmente vacuno, en la agricultura de sembríos siendo los principales quinua, alfalfa, y chochos, así como para lavar ropa. En cuanto al consumo la distribución de agua es de forma entubada sin tratamiento previo.



Fotografía 1-3: Lavado de ropa en el punto AP-3 de Monitoreo
Fuente: Zurita E, 2016

3.2.7 *Puntos de muestreo Seleccionados*

Los puntos de la Microcuenca se seleccionaron en base a las actividades humanas representativas de la Microcuenca: ganadería, sembríos, lavandería, bosques, materia en descomposición, regadío, lavado de ropa, ubicados en el Mapa de Puntos de Monitoreo de la Microcuenca (Anexo H) Los siguientes son los puntos seleccionados con sus coordenadas:

Tabla 2-3: Codificación y Ubicación Geográfica de los Puntos de Monitoreo

CÓDIGO	PUNTO DE MONITOREO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS 17M		ELEVACIÓN
		X	Y	Msnm
PR	Punto de Referencia	753726	9766468	3960
AP-1	Punto 1	752869	9779646	3088
AP-2	Punto 2	751076	9768965	3172
AP-3	Punto 3	751756	9768492	3156
AP-4	Punto 4	7552285	9767909	3222

Realizado por: Zurita E, 2016.

- **PUNTO 1:** El punto 1 se ubica río abajo a unos 772 metros del puente de la Vía Panamericana. Este punto se seleccionó debido a la evidencia de ganadería y cultivos de alfalfa en las orillas del río. No hay presencia de peces en el río. Existen 2 caminos de lastre a los dos costados del río que dan accesibilidad a éste punto.



Fotografía 2-3: Punto 1 de Monitoreo-Actividad agrícola y Ganadera
Fuente: Zurita E, 2016

- **PUNTO 2:** El punto 2 se ubica debajo del Puente de la Vía Panamericana. Se seleccionó debido a la presencia de residuos de carácter urbano como basuras. Los caminos de acceso son la Vía Panamericana y un camino de lastre que da a la orilla del río. En este sitio hay sembríos, ganado en ciertas ocasiones.



Fotografía 2-3: Punto 2 de Monitoreo-Puente Vía Panamericana
Fuente: Zurita E, 2016

- **PUNTO 3:** El punto 3 se ubica tomando como punto eje el segundo puente ubicado en dirección a los páramos a unos 804 metros del segundo punto. En este punto se realizan actividades de ganadería, existen sembríos de alfalfa, berro. Justo debajo del puente es

el punto donde lavan sus vestimentas. Se accede al lugar por dos caminos uno es de lastre que se ubica a unos kilómetros del puente de la Vía Panamericana y que conduce al otro puente, otro punto de acceso es entrando por la parroquia Palmira.



Fotografía 3-3: Punto 3 de Muestreo-Ganado y Lavandería
Fuente: Zurita E, 2016

- **PUNTO 4:** El punto 4 se seleccionó debido a que presenta vegetación ribereña en descomposición, una pequeña cantidad de árboles en las orillas del río, además de sembríos de alfalfa. Este punto se encuentra a unos 1460 metros del tercer punto, se puede acceder por un camino de lastre y se baja una pequeña pendiente para llegar al punto.



Fotografía 4-3: Punto 4 de Muestreo Bosques-Sembríos alfalfa
Fuente: Zurita E, 2016

- **PUNTO REFERENCIAL O DE CONTROL:** Este punto se ubica a unos 1354 metros del punto 4, se refiere a la naciente del río, su vegetación es de pajonal arbustal y superpáramos, éste punto se escogió como referencia debido a que no posee intervención humana. El Consejo Provincial de Chimborazo junto con las comunidades

más cercanas a los páramos realizó un proyecto de gestión y preservación de estos páramos.

Las comunidades se encargan que ninguna actividad humana ingrese a los pajonales ni visitantes, solo en casos de estudios de investigación. La accesibilidad a este punto son varios caminos de lastre, que comunican a 2 caminos finales de lastre que dan acceso a la entrada de los páramos.



Fotografía 5-3: Punto de Referencia/-Naciente de Agua de la Microcuenca Atapo-Pomachaca
Fuente: Zurita E, 2016

3.3 Análisis y Resultados de los Parámetros del Índice ICA

Tabla 3-3: Variables físicas, químicas y biológicas evaluadas en los 5 Monitoreos

Variable	Punto	Monitoreos				
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
Temperatura (°C)	PR	8				
	AP1	14	13,5	14	16	16
	AP2	15	14	14	15	15
	AP3	14	15	15	19	19
	AP4	14	14	14	17	17

Turbidez (NTU)	PR	8,98				
	AP1	4,8	4,72	4,6	4,7	13,72
	AP2	5,3	5,84	5,19	5,02	11,32
	AP3	6,8	5,74	5,7	4,8	17,16
	AP4	11,2	5,35	5,66	5,2	5,2
pH (unidades de pH)	PR	7,06				
	AP1	6,82	7,07	7,06	8,3	8,63
	AP2	7	7,16	7,69	8,37	8,5
	AP3	7,14	7,54	7,78	8,49	8,47
	AP4	7,11	7,57	7,82	8,38	8,38
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	PR	48				
	AP1	131	149	148	151	155
	AP2	216	145	138	113	137
	AP3	110	138	128	133	117
	AP4	108	135	126	132	132
Oxígeno Disuelto (% saturación)	PR	38				
	AP1	37	35	37	34	35
	AP2	33	40	36	35	35
	AP3	31	26	32	28	34
	AP4	37	34	33	34	35
Nitratos (mg/L)	PR	1,2				
	AP1	1	1	1,2	0,7	1,8
	AP2	1,3	0,9	0,9	0,6	1,3
	AP3	1	1,3	0,9	0,7	1,7
	AP4	2,1	1,2	1	0,7	0,7
Fosfatos (mg/L)	PR	1,5				
	AP1	4	0,81	1,5	0,29	1,75
	AP2	1,3	0,42	1,47	1,86	6
	AP3	3,8	0,25	1,74	2,39	4,6
	AP4	1,27	0,47	0,84	0,98	0,98
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	PR	6				
	AP1	12	11	8	7	2
	AP2	7	7	6	7	8
	AP3	12	9	6	8	9
	AP4	20	1	4	9	2
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	PR	0				
	AP1	0	300	0	0	0
	AP2	0	100	0	0	0
	AP3	200	0	0	0	0
	AP4	100	100	0	100	0

Realizado por: Zurita E, 2016.

Para la determinación del índice ICA los parámetros físico-químicos se obtuvieron a partir de los análisis de campo como es el caso de la temperatura y los análisis de laboratorio para los demás parámetros con los métodos establecidos anteriormente en la Metodología. Los

parámetros del Índice ICA no presentaron diferencias significativas entre los promedios del índice respecto a la variación de los 5 monitoreos.

3.3.1 Temperatura

Tabla 4-3: Resultados de Temperatura (°C) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

PUNTO	Monitoreo 1		Monitoreo 2		Monitoreo 3		Monitoreo 4		Monitoreo 5	
	T. A (°C)	T. M (°C)								
PR	8	7								
AP-1	14	11	13,5	10	14	11	16	12	16	13
AP-2	15	11	14	11	14	11	15	11	15	11
AP-3	14	11	15	11	15	11	19	14	19	16
AP-4	14	11	14	11	14	11	17	13	17	15

T.A= Temperatura del Agua; T.M= Temperatura ambiente(°C)

Realizado por: Zurita E, 2016

El valor de la temperatura del va fluctuando con referencia al punto de monitoreo es así que tenemos 8 °C al punto de referencia se puede deber a que este punto se encuentra en la cabecera de la Microcuenca donde nace el río y se tiene una altitud de 3960 m.s.n.m, en los demás puntos el agua se encuentra en un rango de 11 a 16 °C en la temperatura ambiente y entre 13,5 y 19 °C en cuanto a la temperatura del agua del río, ubicándose dentro del rango habitual de la zona.

Los valores más altos se pueden deber a la hora en que se realizó el monitoreo ya que al medio día aproximadamente a las 12:28 pm se produce la mayor radiación solar según la Agencia Espacial Civil Ecuatoriana. La temperatura del río se encuentra dentro de los límites permisibles para consumo humano y para el desarrollo de la flora y fauna.

Según la Tabla 1 Texto Unificado de la Legislación Ambiental la temperatura para uso doméstico y consumo es de las condiciones naturales de la Tabla 1 es de + 0-3 °C y para preservación de flora y fauna en la Tabla 3 la temperatura en agua dulce fría es de 20 °C.

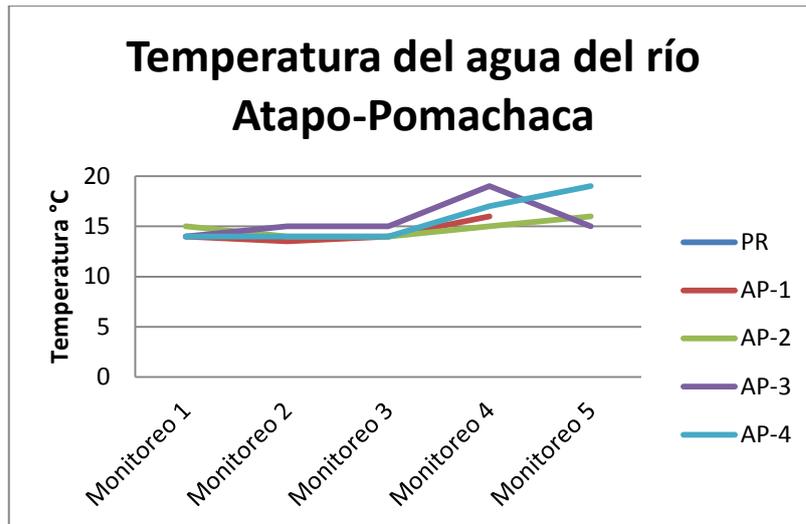


Figura 1-3: Gráfico de la Temperatura del río Atapo-Pomachaca
Fuente: Zurita E, 2016

3.3.2 Turbidez

Tabla 5-3: Resultados obtenidos de Turbiedad (NTU) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

CÓDIGO del PUNTO	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	Prom.
PR	8,98	-----	-----	-----	-----	8,98
AP-1	4,8	4,72	4,6	4,7	13,72	6,51
AP-2	5,3	5,84	5,19	5,02	11,32	6,53
AP-3	6,8	5,74	5,7	4,8	17,16	8,04
AP-4	11,2	5,35	5,66	5,2	5,2	6,52
PROMEDIO						7,32

Realizado por: Zurita E, 2016

El valor de la turbidez va fluctuando en los distintos puntos de monitoreo así como a través del tiempo en los períodos de monitoreo viéndose un cambio entre el los monitoreos 1, 2, 3 y 4 con el Monitoreo 5 donde la turbiedad aumenta esto debe a la gran cantidad de sólidos en suspensión que puede deberse a la alta actividad ganadera que se produjo durante este período de monitoreo que al ser llevados al río para tomar agua produjeron una mezcla del suelo arcilloso con el río.

En cuanto al punto de referencia presenta un valor de 8,98 NTU en el punto de referencia que puede deberse a la presencia de pajonales.

Según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental los límites máximos permisibles para la turbidez del agua que requiere tratamiento convencional en la Tabla 1 son de 100 NTU y de desinfección en la Tabla 2 son de 10 NTU. Los valores de turbiedad del río son aceptables para el desarrollo del recurso hídrico a través de la microcuenca, permitiendo el funcionamiento eficiente de la fotosíntesis, de la retención de aguas y aumentando la concentración de oxígeno disuelto en aguas frías.

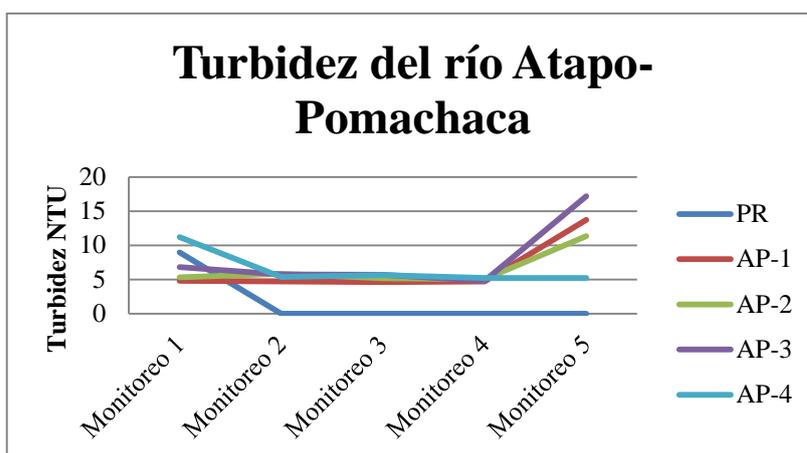


Figura 2-3: Gráfico de la Turbidez del río Atapo-Pomachaca
Fuente: Zurita E, 2016

3.3.3 pH

Tabla 6-3: Resultados obtenidos de pH (unidades de pH) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

CÓDIGO del PUNTO	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	Prom.
PR	7,06	-----	-----	-----	-----	7,06
AP-1	6,82	7,07	7,06	8,3	8,63	7,58
AP-2	7	7,16	7,69	8,37	8,5	7,74
AP-3	7,14	7,54	7,78	8,49	8,47	7,88
AP-4	7,11	7,57	7,82	8,38	8,38	7,85
					PROMEDIO	7,62

Realizado por: Zurita E, 2016

El pH del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca presenta una fluctuación del inicio del monitoreo al monitoreo 5 donde tiende a ser básico esto puede deberse a que durante este período se realizaron actividades de lavado de ropa, en cambio en el monitoreo 1 durante el

primer monitoreo se presenta un pH ácido esto puede deberse a los desechos agrícolas y l evento de lluvia que se produjo en el Mes de Mayo de los cultivos.

Sin embargo el pH se encuentra entre el rango adecuado de 6-9 para agua fría dulce (ríos) según el TULSMA Libro VI Anexo 1 tanto para tratamiento convencional Tabla 1 como para agricultura Tabla 6, para uso pecuario Tabla 8. Para preservación de flora y fauna Tabla 3 el pH debe estar en un rango de 6,5-9. Siendo eficiente para la vida acuática y los procesos biológicos del río, como para el consumo humano y el desarrollo de sus actividades de agricultura y ganadería. Cuando el pH es muy bajo o alto moviliza los contaminantes con mayor facilidad.

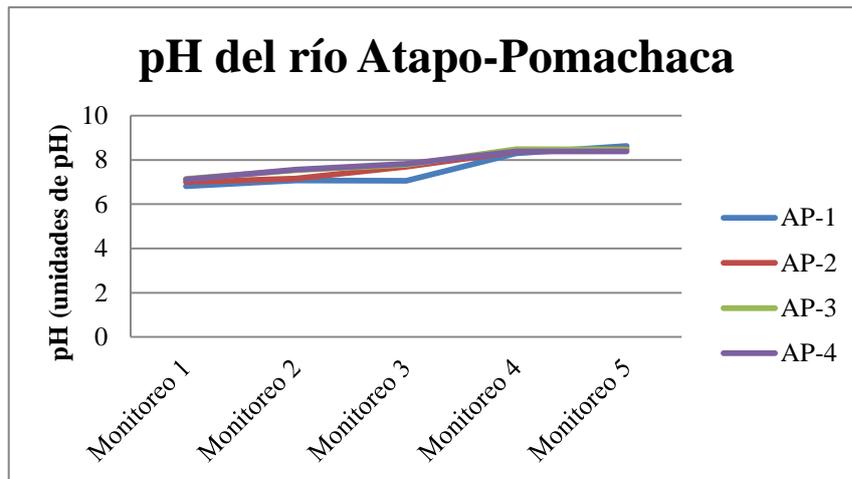


Figura 3-3: Gráfico del pH del río Atapo-Pomachaca
Fuente: Zurita E, 2016

3.3.4 Sólidos Totales Disueltos

Tabla 7-3: Resultados obtenidos de Sólidos Totales Disueltos (mg/L) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

CÓDIGO del PUNTO	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	Prom.
PR	48	-----	-----	-----	-----	48
AP-1	131	149	148	151	155	146,8
AP-2	216	145	138	113	137	149,8
AP-3	110	138	128	133	117	125,2
AP-4	108	135	126	132	132	126,6
	PROMEDIO					119,28

Realizado por: Zurita E, 2016

El valor de los Sólidos Disueltos Totales presenta una fluctuación desde el primer monitoreo al quinto monitoreo por ejemplo en el punto AP-1 se obtuvo un valor de 131 mg/L en el primer monitoreo y en el quinto monitoreo fue de 155 mg/L, que puede deberse al abrevadero de animales que acarrean el suelo arenoso y arcilloso al río. El punto de referencia tiene un valor menor de STD que puede deberse a la poca alteración antrópica.

Según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental en el Libro VI Anexo 1 Tabla 2, los STD para consumo humano debe tener 500 mg/L en el caso de requerir desinfección. Para uso agrícola Tabla 6 y de regadío Tabla 7 del TULSMA el límite de STD es 450 mg/L. Para ganadería Tabla 8 el límite es 3000 mg/L. Siendo el agua óptima para los usos que le dan actualmente.

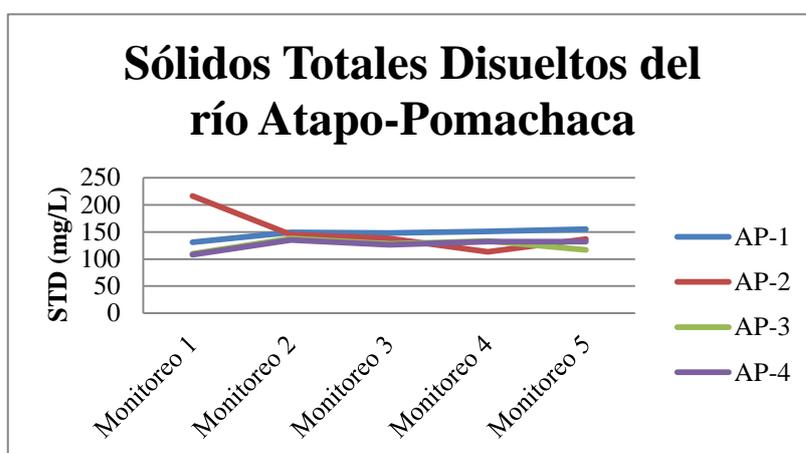


Figura 4-3: Gráfico de los Sólidos Totales Disueltos del río Atapo-Pomachaca
Fuente: Zurita E, 2016

3.3.5 Oxígeno Disuelto

Tabla 8-3: Resultados obtenidos de Oxígeno Disuelto (% de Saturación) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

CÓDIGO del PUNTO	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	Prom.
PR	8,24	-----	-----	-----	-----	8,24
AP-1	7,4	7,57	8,24	7,09	7,4	7,54
AP-2	6,96	8,98	8,11	7,64	7,62	7,86
AP-3	6,08	5	6,62	5,94	6,92	6,11
AP-4	8,24	7,43	6,89	7,03	7,1	7,34
					PROMEDIO	7,42

Realizado por: Zurita E, 2016

El Oxígeno Disuelto representa un parámetro fundamental en el desarrollo de la vida acuática en un cuerpo de agua, niveles altos de OD representan una mayor calidad del agua y estos valores aumentan en temperaturas bajas. El valor del Oxígeno Disuelto fluctúa del primer monitoreo al quinto monitoreo encontrándose una baja en el último período de monitoreo, esto puede estar relacionado con un aumento de la turbidez y un aumento de la temperatura del agua.

Aunque en el punto de referencia el oxígeno disuelto tiene un valor mayor que en los demás puntos debido a que se encuentra en la cabecera del río. Según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental en el Libro VI Anexo 1, el OD para consumo humano y uso doméstico Tabla 1 el máximo permisible no debe ser menor de 6 mg/L, es el mismo límite para la preservación de flora y fauna Tabla 3. De manera que el OD es óptimo para los usos de consumo humano y para el desarrollo de la flora y fauna.

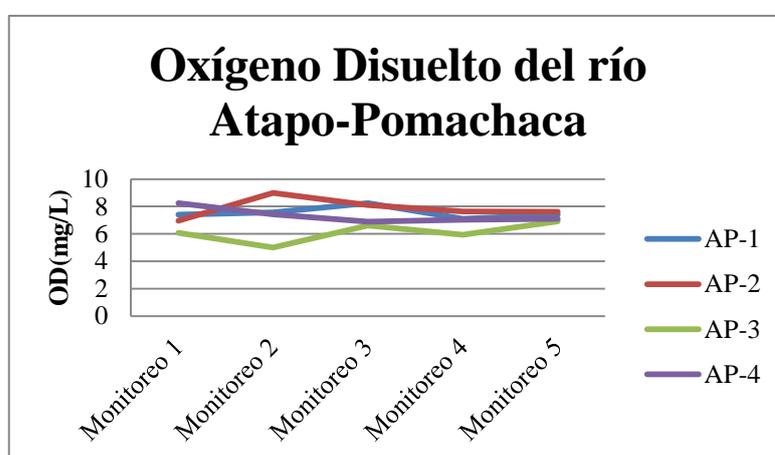


Figura 5-3: Gráfico del Oxígeno Disuelto del río Atapo-Pomachaca
Fuente: Zurita E, 2016

3.3.6 Nitratos

Tabla 9-3: Resultados obtenidos de Nitratos (mg/L) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

CÓDIGO del PUNTO	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	Prom.
PR	1,2	----	----	----	----	1,2
AP-1	1	1	1,2	0,7	1,8	1,14
AP-2	1,3	0,9	0,9	0,6	1,3	1
AP-3	1	1,3	0,9	0,7	1,7	1,12
AP-4	2,1	1,2	1	0,7	0,7	1,14
PROMEDIO						1,12

Realizado por: Zurita E, 2016

El valor de Nitratos fluctúa en cada punto de monitoreo y en cada período esto puede deberse a la utilización de fertilizantes químicos nitrogenados que se utilizan mucho en los cultivos, o también a la disolución de rocas del río debido al pH en el caso del punto 4 de monitoreo debido a las plantaciones de pino en este punto y a la descomposición de materia orgánica.

Según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental en el Libro VI Anexo 1, para consumo humano Tabla 1 debe tener 1 mg/L en el caso de requerir desinfección Tabla 2 el máximo permisible es de 10 mg/L, para uso agrícola Tabla 6 es de 5,0 mg/L, y para uso pecuario Tabla 8 es de 9 mg/L. De manera que la concentración de los NO_3^- en el río está dentro del límite para los distintos usos mencionados.

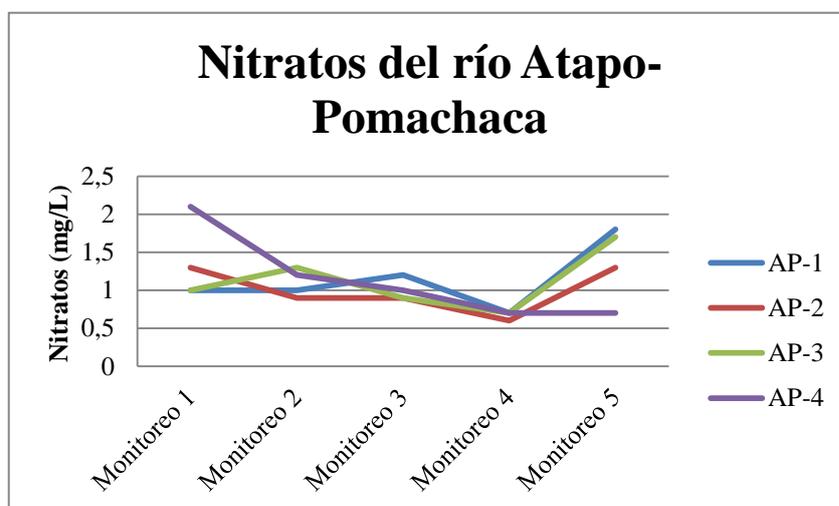


Figura 6-3: Gráfico del Oxígeno Disuelto del río Atapo-Pomachaca
Fuente: Zurita E, 2016

3.3.7 Fosfatos

Tabla 10-3: Resultados obtenidos de Fosfatos (mg/L) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

CÓDIGO del PUNTO	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	Prom.
PR	1,5	-----	-----	-----	-----	1,5
AP-1	4	0,81	1,5	0,29	1,75	1,67
AP-2	1,3	0,42	1,47	1,86	6	2,21
AP-3	3,8	0,25	1,74	2,39	4,6	2,556
AP-4	1,27	0,47	0,84	0,98	0,98	0,908
					PROMEDIO	1,7688

Realizado por: Zurita E, 2016

Este componente es esencial en el crecimiento de la flora y fauna de los cuerpos de agua. El aumento del fósforo se debe a la utilización de detergentes y jabones. El valor de fosfatos en el punto de referencia tiene un valor menor en comparación con los otros puntos de monitoreo esto puede deberse a que no tiene casi intervención humana gracias a la estrategia de conservación y protección, en cuanto al punto 3 de monitoreo donde hay actividades de lavado de ropa y presencia de ganado vacuno. se presenta un valor más alto que los otros puntos.

Según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental en el Libro VI Anexo 1 los fosfatos como fósforo total Tabla 12 no deben exceder el límite de 10 mg/L, para no afectar el ecosistema acuático. De manera la concentración media de Fosfatos del río Atapo-Pomachaca se encuentran dentro de los límites permisibles.

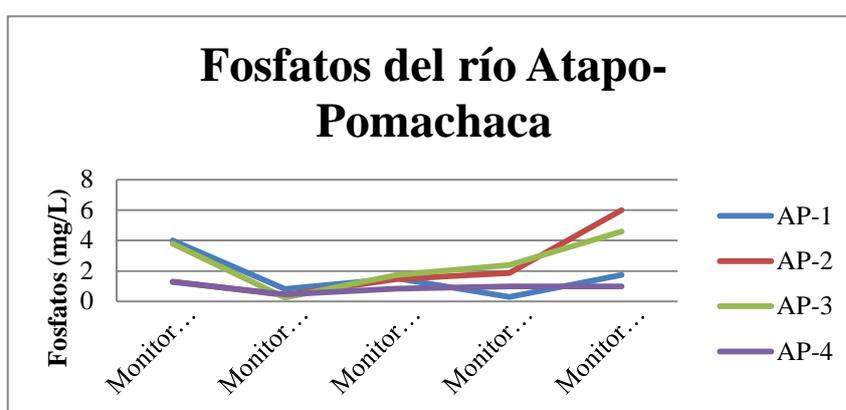


Figura 7-3: Gráfico de los Fosfatos del río Atapo-Pomachaca
Fuente: Zurita E, 2016

3.3.8 Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 11-3: Resultados obtenidos de DBO5 (mg/L) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

CÓDIGO del PUNTO	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	Prom.
PR	6	-----	-----	-----	-----	6
AP-1	12	11	8	7	2	8
AP-2	7	7	6	7	8	7
AP-3	12	9	6	8	9	8,8
AP-4	20	1	4	9	2	7,2
PROMEDIO						7,4

Realizado por: Zurita E, 2016

La Demanda Bioquímica de oxígeno en el río tiene el valor más bajo de 6 mg/L en el punto de referencia que es el punto protegido por la comunidad Quichalán. Los valores más altos con respecto a los otros se encuentran en el primer monitoreo esto puede deberse al evento de lluvia que se presentó en el mes de Mayo que pudo acarrear el suelo arenoso y arcilloso.

Pero en el punto de monitoreo AP-4 la DBO₅ presente mayor fluctuación esto se puede deber a la materia orgánica en descomposición presente en ese sitio. Según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental en el Libro VI Anexo 1, los NO₃⁻ para consumo humano Tabla 1 debe tener 1 mg/L en el caso de requerir tratamiento convencional como desinfección Tabla 2 el máximo permisible es de 2 mg/L, por lo cual los datos no se encuentran dentro de la normativa esto se puede deber a la intensa actividad de degradación biológica durante los eventos de lluvia.

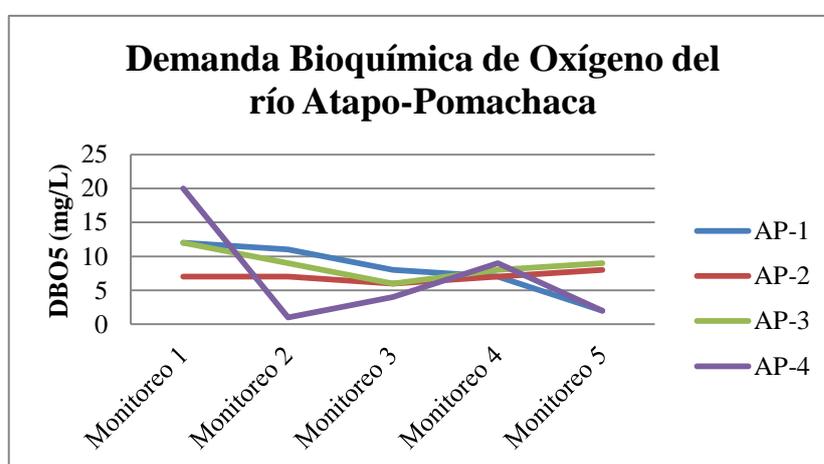


Figura 8-3: Gráfico de la Demanda Bioquímica de Oxígeno del río Atapo-Pomachaca
Fuente: Zurita E, 2016

3.3.9 Coliformes Fecales

Tabla 12-3: Resultados obtenidos de Coliformes Fecales (NMP/100mg/L) en el río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

CÓDIGO del PUNTO	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	Prom.
PR	0	-----	-----	-----	-----	0
AP-1	0	300	0	0	0	60
AP-2	0	100	0	0	0	20
AP-3	200	0	0	0	0	40
AP-4	100	100	0	100	0	60
PROMEDIO						36

Realizado por: Zurita E, 2016.

Las coliformes fecales siendo un indicador de contaminación fecal de animales homeotérmicos es un parámetro importante en este estudio. El valor más bajo es de 0 NMP/100 mg/L en el punto de referencia esto se debe a que no permiten el acceso de ningún tipo de ganado ni de personas a la naciente del río; en cuanto al valor más alto es de 36 NMP/100 mg/L en el punto 1 de monitoreo donde hay presencia de ganado vacuno en las orillas del río.

Según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental en el Libro VI Anexo 1, los coliformes fecales para consumo humano debe tener 600 NMP/100 mg/L si requiere tratamiento convencional Tabla 1 y para uso pecuario Tabla 8 como agrícola Tabla 6 debe ser menor a 1000 NMP/100 mg/L.

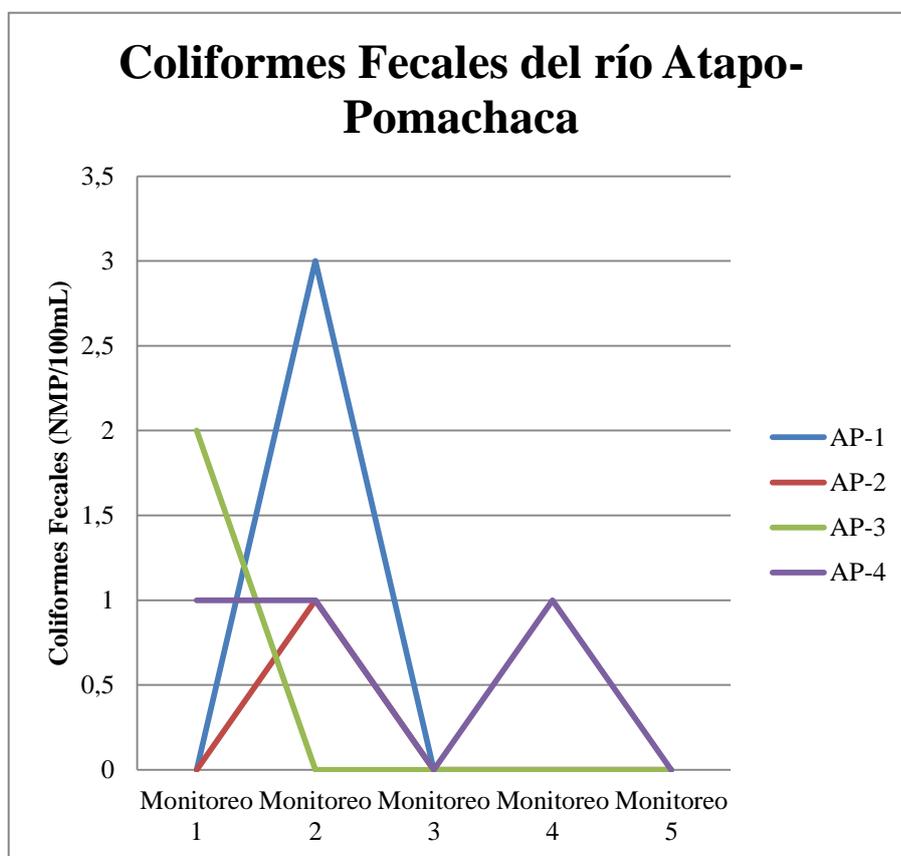


Figura 9-3: Gráfico de Coliformes Fecales presentes en el río Atapo-Pomachaca
Fuente: Zurita E, 2016

3.4 Cálculo del Índice ICA

El cálculo del ICA se ve reflejado en las siguientes tablas referentes al monitoreo y al punto de monitoreo:

3.4.1 Punto de Referencia

Tabla 13-3: Cálculo del índice ICA para el punto de Referencia (PR) del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-1	0,1	85	1,56
Turbidez	NTU	8,98	0,8	82	33,97
pH	pH	7,06	0,12	90	1,72
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	48	0,8	86	35,29
Oxígeno Disuelto	% saturación	38%	0,17	27	1,75
Nitratos	mg/L	1,2	0,1	94	1,58
Fosfatos	mg/L	1,5	0,1	34	1,42
DBO ₅	mg/L	6	0,1	51,5	1,48
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					80,75
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En el punto de referencia se obtuvo una BUENA CALIDAD DEL AGUA con un ICA de 80,75 según la Tabla 9-2 en el Capítulo II Marco Metodológico; esto se debe a una protección de la cabecera o naciente del río donde la actividad antrópica es casi nula, sin embargo el valor del ICA obtenido no es el más alto en comparación con los otros puntos en los distintos monitoreos esto se puede deber a que por motivo del monitoreo se pudo contaminar el agua en ese punto.

3.4.2 Primer Monitoreo

Tabla 14-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Primero Monitoreo del Primer Punto AP-1

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-3	0,1	66	1,52
Turbidez	NTU	4,8	0,8	88	35,94
Ph	pH	6,82	0,12	82	1,70
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	131	0,8	82	33,97
Oxígeno Disuelto	%saturación	37%	0,17	26	1,74
Nitratos	mg/L	1	0,1	96	1,58
Fosfatos	mg/L	4	0,1	17	1,33
DBO ₅	mg/L	6	0,1	53	1,49
Coliformes Fecales	NMP/100mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					81,24
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

Tabla 15-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Primero Monitoreo del Segundo Punto AP-2

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-4	0,1	59	1,50
Turbidez	NTU	5,3	0,8	85	34,96
Ph	pH	7	0,12	89	1,71
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	216	0,8	72	30,61
Oxígeno Disuelto	%saturación	33%	0,17	23	1,70
Nitratos	mg/L	1,3	0,1	88	1,56
Fosfatos	mg/L	1,3	0,1	35	1,43
DBO ₅	mg/L	7	0,1	46	1,47
Coliformes Fecales	NMP/100mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					76,93
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

Tabla 66-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Primero Monitoreo del Tercer Punto AP-3

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-3	0,1	66	1,52
Turbidez	NTU	6,8	0,8	84	34,63
pH	pH	7,14	0,12	90	1,72
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	110	0,8	83	34,30
Oxígeno Disuelto	%saturación	31%	0,17	23	1,70
Nitratos	mg/L	1	0,1	96	1,58
Fosfatos	mg/L	3,8	0,1	17	1,33
DBO ₅	mg/L	12	0,1	32	1,41
Coliformes Fecales	NMP/100mg/L	200	0,15	42	1,75
ICA					79,94
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En el primer Monitoreo en los puntos de monitoreo AP-1, AP-2 y AP-3 la calidad del agua calculada dio el valor de 81,24; 76,92; 79,94 respectivamente ubicándose en el rango de **CALIDAD BUENA** según la Tabla 9-2 propuesta por Brown ubicada en el capítulo II en Marco Metodológico. Estos valores no varían significativamente. Las actividades que se dan en estos puntos son de ganadería, cultivos, regadío y lavado de ropa lo cual repercutió en los resultados de los parámetros físicos y químicos integradores del índice de calidad del agua ICA.

Tabla 17-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Primero Monitoreo del Cuarto Punto AP-4

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-3	0,1	66	1,52
Turbidez	NTU	11,2	0,8	75	31,63
pH	pH	7,11	0,12	90	1,72
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	108	0,8	85	34,96
Oxígeno Disuelto	% saturación	37%	0,17	26	1,74
Nitratos	mg/L	2,1	0,1	88	1,56
Fosfatos	mg/L	1,27	0,1	33	1,42
DBO ₅	mg/L	20	0,1	13	1,29
Coliformes Fecales	NMP/100mg/L	100	0,15	44	1,76
ICA					77,60
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En el punto AP-4 se obtuvo un valor de 77,60 en el cálculo del índice ICA dando un criterio de valoración de **CALIDAD BUENA** del agua en ese punto según la Tabla 9-2 propuesta por Brown mencionada en el capítulo II Marco Metodológico.

3.4.3 Segundo Monitoreo

Tabla 18-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Primer Punto AP-1

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-3,5	0,1	55	1,49
Turbidez	NTU	4,72	0,8	88	35,94
pH	pH	7,07	0,12	89	1,71
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	149	0,8	78	32,63
Oxígeno Disuelto	% saturación	35%	0,17	24	1,72
Nitratos	mg/L	1	0,1	97	1,58
Fosfatos	mg/L	0,81	0,1	52	1,48
DBO ₅	mg/L	11	0,1	32	1,41
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					79,96
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En el punto AP-1 en el Segundo Monitoreo se obtuvo un valor de 79,96 del índice ICA dando un criterio de valoración de **CALIDAD BUENA** del agua según la Tabla 9-2 propuesta por Brown mencionada en el Capítulo II Marco Metodológico.

Tabla 19-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Segundo Punto AP-2

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-3	0,1	66	1,52
Turbidez	NTU	5,84	0,8	86	35,29
pH	pH	7,16	0,12	90	1,72
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	145	0,8	79	32,97
Oxígeno Disuelto	% saturación	40%	0,17	30	1,78
Nitratos	mg/L	0,9	0,1	55	1,49
Fosfatos	mg/L	0,42	0,1	73	1,54
DBO ₅	mg/L	7	0,1	46	1,47
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	100	0,15	44	1,76
ICA					79,53
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

Tabla 20-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Tercer Punto AP-3

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-4	0,1	59	1,50
Turbidez	NTU	5,74	0,8	85	34,96
pH	pH	7,54	0,12	93	1,72
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	138	0,8	80	33,30
Oxígeno Disuelto	% saturación	26%	0,17	16	1,60
Nitratos	mg/L	1,3	0,1	97	1,58
Fosfatos	mg/L	0,25	0,1	84	1,56
DBO ₅	mg/L	9	0,1	37	1,43
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					79,65
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En los puntos de monitoreo AP-2 y AP-3 en el Segundo Monitoreo la calidad del agua calculada dio el valor de 79,53; 79,65 respectivamente ubicándose en el rango de **CALIDAD BUENA** según la Tabla 9-2 propuesta por Brown ubicada en el Capítulo II Marco Metodológico.

Tabla 21-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Cuarto Punto AP-4

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-3	0,1	66	1,52
Turbidez	NTU	5,35	0,8	82	33,97
pH	pH	7,57	0,12	92	1,72
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	135	0,8	80	33,30
Oxígeno Disuelto	% saturación	34%	0,17	24	1,72
Nitratos	mg/L	1,2	0,1	97	1,58
Fosfatos	mg/L	0,47	0,1	73	1,54
DBO ₅	mg/L	1	0,1	90	1,57
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	100	0,15	44	1,76
ICA					78,67
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En el punto AP-4 del Segundo Monitoreo se obtuvo un valor de 78,67 en el cálculo del índice ICA dando un criterio de valoración de **CALIDAD BUENA** del agua en ese punto según la Tabla 9-2 propuesta por Brown ubicada en el Capítulo II Marco Metodológico.

3.4.4 Tercer Monitoreo

Tabla 22-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Tercer Monitoreo del Primer Punto AP-1

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-3	0,1	66	1,52
Turbidez	NTU	4,72	0,8	88	35,94
pH	pH	7,06	0,12	88	1,71
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	148	0,8	77	32,30
Oxígeno Disuelto	% saturación	37%	0,17	26	1,74
Nitratos	mg/L	1,2	0,1	94	1,58
Fosfatos	mg/L	1,5	0,1	34	1,42
DBO ₅	mg/L	8	0,1	38	1,44
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					79,63
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

Tabla 23-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Tercer Monitoreo del Segundo Punto AP-2

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-3	0,1	66	1,52
Turbidez	NTU	5,19	0,8	85	34,96
pH	pH	7,69	0,12	91	1,72
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	138	0,8	79	32,97
Oxígeno Disuelto	% saturación	36%	0,17	27	1,75
Nitratos	mg/L	0,9	0,1	97	1,58
Fosfatos	mg/L	1,47	0,1	34	1,42
DBO ₅	mg/L	6	0,1	50	1,48
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					79,38
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

Tabla 24-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Tercer Monitoreo del Tercer Punto AP-3

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-4	0,1	59	1,50
Turbidez	NTU	5,7	0,8	85	34,96
pH	pH	7,78	0,12	89	1,71
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	128	0,8	81	33,63
Oxígeno Disuelto	% saturación	32%	0,17	22	1,69
Nitratos	mg/L	0,9	0,1	97	1,58
Fosfatos	mg/L	1,74	0,1	33	1,42
DBO ₅	mg/L	6	0,1	50	1,48
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					79,96
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En el Tercer Monitoreo en los puntos AP-1, AP-2 y AP-3 la calidad del agua calculada dio el valor de 79,63; 79,38; 79,96 respectivamente ubicándose en el rango de **CALIDAD BUENA** según la Tabla 9-2 propuesta por Brown ubicada en el Capítulo II Marco Metodológico.

Tabla 25-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Tercer Monitoreo del Cuarto Punto AP-4

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-3	0,1	66	1,52
Turbidez	NTU	5,66	0,8	86	35,29
pH	pH	7,82	0,12	87	1,71
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	126	0,8	90	36,59
Oxígeno Disuelto	% saturación	33%	0,17	26	1,74
Nitratos	mg/L	1	0,1	97	1,58
Fosfatos	mg/L	0,84	0,1	50	1,48
DBO ₅	mg/L	4	0,1	67	1,52
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					83,42
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En el punto AP-4 del Tercer Monitoreo se obtuvo un valor de 83,42 en el cálculo del índice ICA mayor que en el Segundo Monitoreo dando un criterio de valoración de **CALIDAD BUENA** del agua en ese punto según la Tabla 9-2 propuesta por Brown ubicada en el Capítulo II Marco Metodológico.

3.4.5 Cuarto Monitoreo

Tabla 26-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Primer Punto AP-1

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-4	0,1	59	1,50
Turbidez	NTU	4,7	0,8	87	35,61
pH	pH	8,3	0,12	70	1,66
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	151	0,8	78	32,63
Oxígeno Disuelto	% saturación	34%	0,17	24	1,72
Nitratos	mg/L	0,7	0,1	68	1,52
Fosfatos	mg/L	0,29	0,1	80	1,55
DBO ₅	mg/L	7	0,1	46	1,47
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					79,66
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

Tabla 27-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Segundo Punto AP-2

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-4	0,1	59	1,50
Turbidez	NTU	5,02	0,8	86	35,29
pH	pH	8,37	0,12	74	1,68
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	113	0,8	84	34,63
Oxígeno Disuelto	% saturación	35%	0,17	27	1,75
Nitratos	mg/L	0,6	0,1	69	1,53
Fosfatos	mg/L	1,86	0,1	27	1,39
DBO ₅	mg/L	7	0,1	46	1,47
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					81,21
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

Tabla 28-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Tercer Punto AP-3

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-5	0,1	55	1,49
Turbidez	NTU	4,8	0,8	88	35,94
pH	pH	8,49	0,12	65	1,65
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	133	0,8	83	34,30
Oxígeno Disuelto	% saturación	28%	0,17	20	1,66
Nitratos	mg/L	0,7	0,1	64	1,52
Fosfatos	mg/L	2,39	0,1	26	1,39
DBO ₅	mg/L	8	0,1	41	1,45
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					81,38
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En el Cuarto Monitoreo en los puntos AP-1, AP-2 y AP-3 la calidad del agua calculada dio el valor de 79,66; 81,21; 81,38 respectivamente ubicándose en el rango de **CALIDAD BUENA** según la Tabla 9-2 propuesta por Brown ubicada en el Capítulo II Marco Metodológico.

Tabla 29-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Cuarto Punto AP-4

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-4	0,1	59	1,50
Turbidez	NTU	5,2	0,8	88	35,94
pH	pH	8,38	0,12	72	1,67
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	132	0,8	82	33,97
Oxígeno Disuelto	% saturación	34%	0,17	27	1,75
Nitratos	mg/L	0,7	0,1	64	1,52
Fosfatos	mg/L	0,98	0,1	40	1,45
DBO ₅	mg/L	9	0,1	37	1,43
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	100	0,15	44	1,76
ICA					80,99
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En el punto AP4 del Cuarto Monitoreo se obtuvo un valor de 80,99 en el cálculo del índice ICA menor que en el Tercer Monitoreo dando un criterio de valoración de **CALIDAD BUENA** del agua en ese punto según la Tabla 9-2 propuesta por Brown ubicada en el Capítulo II Marco Metodológico.

3.4.6 Quinto Monitoreo

Tabla 30-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Primer Punto AP-1

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-3	0,1	66	1,52
Turbidez	NTU	13,72	0,8	73	30,95
pH	pH	8,63	0,12	64	1,65
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	155	0,8	77	32,30
Oxígeno Disuelto	% saturación	35%	0,17	24	1,72
Nitratos	mg/L	1,8	0,1	88	1,56
Fosfatos	mg/L	1,75	0,1	31	1,41
DBO ₅	mg/L	2	0,1	82	1,55
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					74,65
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

Tabla 31-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Segundo Punto AP-2

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-4	0,1	59	1,50
Turbidez	NTU	11,32	0,8	77	32,30
pH	pH	8,5	0,12	64	1,65
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	137	0,8	82	33,97
Oxígeno Disuelto	% saturación	35%	0,17	27	1,75
Nitratos	mg/L	1,3	0,1	97	1,58
Fosfatos	mg/L	6	0,1	10	1,26
DBO ₅	mg/L	8	0,1	41	1,45
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					77,44
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

Tabla 32-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Tercer Punto AP-3

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-3	0,1	66	1,52
Turbidez	NTU	17,16	0,8	66	28,55
pH	pH	8,47	0,12	69	1,66
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	117	0,8	83	34,30
Oxígeno Disuelto	% saturación	34%	0,17	27	1,75
Nitratos	mg/L	1,7	0,1	88	1,56
Fosfatos	mg/L	4,6	0,1	15	1,31
DBO ₅	mg/L	9	0,1	37	1,43
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					74,08
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En el Quinto Monitoreo en los puntos AP-1, AP-2 y AP-3 la calidad del agua calculada dio el valor de 74,65; 77,49; 74,08 respectivamente, valores menores que en el Cuarto Monitoreo sin embargo la calidad sigue ubicándose en el rango de **BUENA** según la Tabla 9-2 propuesta por Brown ubicada en el Capítulo II Marco Metodológico.

Tabla 33-3: Cálculo del índice ICA del río principal de la Microcuenca Atapo-Pomachaca en el Segundo Monitoreo del Cuarto Punto AP-4

Variable	Unidad	V. de análisis	wi	Subi	ICAI= Subi ^A wi
Temperatura	°C	-2	0,1	77	1,54
Turbidez	NTU	5,2	0,8	88	35,94
pH	pH	8,38	0,12	72	1,67
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	132	0,8	82	33,97
Oxígeno Disuelto	% saturación	35%	0,17	27	1,75
Nitratos	mg/L	0,7	0,1	64	1,52
Fosfatos	mg/L	0,98	0,1	38	1,44
DBO ₅	mg/L	2	0,1	82	1,55
Coliformes Fecales	NMP/100 mg/L	0	0,15	97	1,99
ICA					81,37
CALIDAD DEL AGUA: BUENA					

Realizado por: Zurita E, 2016

En el punto AP-4 del Quinto Monitoreo se obtuvo un valor de 81,37 en el cálculo del índice ICA mayor que en el Cuarto Monitoreo dando un criterio de valoración de **CALIDAD BUENA** del agua en ese punto según la Tabla 9-2 propuesta por Brown ubicada en el Capítulo II Marco Metodológico.

3.5 Análisis y Resultados Índice de Calidad del Agua (ICA)

Tabla 34-3: Índice ICA en los distintos puntos de Monitoreo

Punto	Monitoreo 1	Monitoreo 2	Monitoreo 3	Monitoreo 4	Monitoreo 5	Prom.	ICA
PR	80,75					80,75	BUENA
AP-1	81,24	79,96	79,63	79,66	74,65	79,03	BUENA
AP-2	76,93	79,53	79,38	81,21	77,44	78,90	BUENA
AP-3	79,94	79,65	79,96	81,38	74,08	79,00	BUENA
AP-4	77,60	78,67	83,42	80,99	81,37	80,41	BUENA
ICA TOTAL						79,62	BUENA
CALIDAD BUENA							

Realizado por: Zurita E, 2016

El Índice de Calidad del Agua ICA de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca se obtuvo con el análisis de 9 parámetros físicos, químicos y biológicos, dando un valor de 79,62 situándose en el rango de 71-90 clasificando la Calidad del Agua de éste recurso hídrico como **BUENA**. La calidad del agua es una evaluación clave de recursos hídricos para evaluar su grado de contaminación y las fuentes de contaminación para el aprovechamiento adecuado del agua.

Según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental en el Libro VI Anexo 1, los parámetros analizados están dentro de la norma para uso doméstico y consumo humano, para preservación de la flora y fauna así como también para las actividades de ganadera, agricultura y riego, que son las actividades desarrolladas por los habitantes de las comunidades que se sirven del aprovechamiento del recurso hídrico de la Microcuenca Atapo-Pomachaca.

Analizando la Tabla 1-1 ubicada en el Capítulo 1 que hace alusión a la Escala de Clasificación de Índice de Calidad del Agua en función de su uso, clasificamos el agua de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca como apta para el abastecimiento público con una ligera purificación. En cuanto a la pesca y vida acuática la calidad del agua le hace apta para todos los organismos. Siendo adecuada también para el uso agrícola no requiriendo purificación para esta actividad.

3.6 Análisis y Resultados del Índice Biológico BMWP/Col y ABI

El punto de monitoreo que presenta mayor abundancia de macroinvertebrados es el punto AP4, la abundancia de los otros puntos disminuyen pero no significativamente a diferencia del punto PR que se muestreo una sola vez por ser un punto de referencia no de monitoreo y al estar en la parte del páramo en conservación.

Durante los 5 monitoreos se encontraron los órdenes Amphypoda, Annelida, Coleóptera, Díptera, Ephemeroptera, Trichóptera, Odonata, Heteróptera, Hirudínea y Lepidóptera con un total de 2286 especies distribuidos en 22 familias. Evidenciándose un aumento de las familias, al transcurrir el tiempo con la presencia de nuevas especies: Psephenidae, Chironomidae, Lepthohypidae, Oligoneuridae, Leptoceridae, Glossiponiidae, Gerridae y Pyralidae.

La Familia Baetidae del Orden Ephemeroptera presenta mayor abundancia en los 5 puntos permaneciendo a nivel temporal, se encontraron en estado de ninfa en el río. Tienen 3 características presencia de dos o tres filamentos al final del abdomen, presencia de agallas en el abdomen y presencia de una sola uña al final de cada pata. Son habitantes de aguas limpias y bien oxigenadas, sensibles a la presencia de carga orgánica residual en el agua. Por eso se consideran buenas indicadores de calidad del agua.

En el Monitoreo 3 se encontraron los mismos órdenes del Monitoreo 1 con los órdenes adicionales: Hirudínea, Hemíptera y Odonata. El Orden Hemíptera se encontró en estado de ninfas, este orden es muy importante como indicadores de calidad biológica de ambientes acuáticos.

También se evidencia la presencia de organismos resistentes a la contaminación los Tubificideos y Dípteros, sin embargo su abundancia no es significativa.

Tabla 35-3: Familias de macroinvertebrados identificados y su abundancia en cada punto de monitoreo de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca

ORDEN	FAMILIA	Mayo 2016 (Invierno)												Junio-Julio 2016 (Verano)										MEDIA
		Monitoreo 1				Monitoreo 2				Monitoreo 3				Monitoreo 4				Monitoreo 5						
		PR	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Acari	Hidrachnidia							3	7		2				2			11	13	3	2	5		
Amphypoda	Hyalellidae	1	1	2	1	10		1	2	7	2	3	2	1	2	3	2	1	3	6		18	4	
Annelida	Turbificidae	1	3	4	1	3	1	1	1	2	1	3	1	1	1	3	1	1	5		8	9	3	
Coleoptera	Elmidae	1	1		1		3	1	3	22	10	5	6	8	10	5	6	8	26	3	6	6	7	
	Psephenidae							1	1		1	1			1	1		1	1	1	1	1	1	
Diptera	Tipulidae	1	1																		3	1	2	
	Simuliidae							2	2		1				1				34	17	7	6	9	
	Chironomidae										1				1								1	
Ephemeroptera	Baetidae	15	94	45	85	26	110	130	66	155	64	54	58	33	64	54	58	33	65	156	112	103	75	
	Lepthohyptidae										5	6	3	4	5	6	3	4	7	6	2	3	5	
	Oligoneuridae										2				2				1	1	1		1	
	Leptophlebiidae	3	47	26	38	6					12	9	7	5	12	9	7	5	2	1	2	5	12	
Trichoptera	Helicopsichidae	1	1						1	1													1	
	Hydrobiosidae	1	1	1	1	2	1		1	2	1		1		1		1						1	
	Limnephylidae	1	1				1	1															1	
	Hydroptilidae	1	2	5	1	2	1		1										4	1	2	3	2	
	Hydropsychidae						1																1	
	Leptoceridae										1		1	1	1	1	1	1					1	
Odonata	Libellulidae	1		1												1						1	1	
Hirudinea	Glossiphoniidae											2				2			1				2	
Heteróptera	Gerridae									1	1				1						1		1	
Lepidóptera	Pyralidae											1											1	
TOTAL		27	152	84	128	49	118	136	81	198	100	87	80	53	100	88	80	53	160	206	148	158	2286	

Realizado por: Zurita E, 2016

3.6.1 Resultados de los Índices BMWP/Col y ABI en cada punto de Monitoreo

Tabla 36-3: Resultados de los Índices ABI y BMWP/Col evaluados en cada punto durante los 5 monitoreos en la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca

Punto	ABI	BMWP	ABI	BMWP								
PR	83	86									83	86
AP-1	68	69	36	42	71	77	60	70	79	82	64	68
AP-2	62	63	33	33	61	70	75	83	78	85	62	67
AP-3	40	42	57	61	54	64	76	78	66	71	58	63
AP-4	35	36	48	60	51	55	62	65	63	67	52	57
PROMEDIO											64	68
CALIDAD											Aceptable	Dudosa

Realizado por: Zurita E, 2016

En el punto de referencia tomado en la naciente del río, se obtuvo una calidad de **MUY BUENA** en ABI y **DUDOSA** en BMWP/Col. El promedio de todos estos índices dan como resultado una calidad del agua **ACEPTABLE** con un valor de 64 en el índice ABI y **DUDOSA** en el índice BMWP/Col con un valor de 68. Se puede observar que tanto el índice ABI como el índice BMWP/Col no presentan diferencias significativas entre las medias respecto a la variación de los 5 monitoreos.

3.7 Análisis y Resultados Prueba Estadística para los índices ABI, BMWP/Col e ICA.

3.7.1 Análisis y Resultados Prueba Estadística ANOVA de un factor

Se utilizó la prueba estadística ANOVA de un factor en la comparación de la Calidad del Agua del índice ABI, BMWP/Col e índice ICA, para responder a la pregunta ¿Hay diferencias significativas entre los 3 índices de Calidad del Agua?

Tabla 37-3: Prueba Estadística ANOVA para los índices ABI, BMWP/Col e ICA

Calidad del agua

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3000,835	4	750,209	4,061	,006
Dentro de grupos	10161,131	55	184,748		
Total	13161,966	59			

Realizado por: Zurita E, 2016

La prueba estadística ANOVA de un factor indica que al menos una media poblacional difiere, esto quiere decir que si existe diferencias significativas en la puntuación de Calidad del Agua de acuerdo con los 5 Monitoreos realizados a través del tiempo en los distintos puntos de Monitoreo (Estadístico: F de Fisher-Snedecor=4,061; $p=0,006 < p=0,05$). Para identificar dónde están las diferencias estadísticas se realizó la prueba de Tuckey b.

Tabla 38-3: Prueba Post hoc de Tuckey b para los índices ABI, BMWP/Col e ICA durante los 5 Monitoreos en los diferentes puntos de Monitoreo

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente:		Calidad del agua					
(I) Monitoreos			Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	95% de intervalo de confianza	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	MONITOREO 1	MONITOREO 2	3,57500	5,54899	,967	-12,0750	19,2250
		MONITOREO 3	-7,89000	5,54899	,616	-23,5400	7,7600
		MONITOREO 4	-13,46083	5,54899	,124	-29,1108	2,1891
		MONITOREO 5	-13,98583	5,54899	,101	-29,6358	1,6641
	MONITOREO 2	MONITOREO 1	-3,57500	5,54899	,967	-19,2250	12,0750
		MONITOREO 3	-11,46500	5,54899	,249	-27,1150	4,1850
		MONITOREO 4	-17,03583*	5,54899	,026	-32,6858	-1,3859
		MONITOREO 5	-17,56083*	5,54899	,020	-33,2108	-1,9109
	MONITOREO 3	MONITOREO 1	7,89000	5,54899	,616	-7,7600	23,5400
		MONITOREO 2	11,46500	5,54899	,249	-4,1850	27,1150
		MONITOREO 4	-5,57083	5,54899	,852	-21,2208	10,0791
		MONITOREO 5	-6,09583	5,54899	,807	-21,7458	9,5541
	MONITOREO 4	MONITOREO 1	13,46083	5,54899	,124	-2,1891	29,1108
		MONITOREO 2	17,03583*	5,54899	,026	1,3859	32,6858
		MONITOREO 3	5,57083	5,54899	,852	-10,0791	21,2208
		MONITOREO 5	-,52500	5,54899	1,000	-16,1750	15,1250

HSD Tukey	MONITOREO 5	MONITOREO 1	13,98583	5,54899	,101	-1,6641	29,6358
		MONITOREO 2	17,56083*	5,54899	,020	1,9109	33,2108
		MONITOREO 3	6,09583	5,54899	,807	-9,5541	21,7458
		MONITOREO 4	,52500	5,54899	1,000	-15,1250	16,1750

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Realizado por: Zurita E, 2016

La prueba de Post hoc de Tuckey indica que hay diferencias de medias de los valores de calidad del agua entre los 5 Monitoreos debido a que hay valores de significancia que están por debajo del nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Las diferencias significativas se encuentran entre los grupos del Monitoreo 2 con el Monitoreo 4 con un $p=0,026$, Monitoreo 2 con el Monitoreo 5 con un $p=0,020$.

Tabla 39-3: Subconjuntos Homogéneos de la prueba Post hoc de Tuckey b para los índices ABI, BMWP/Col e ICA durante los 5 Monitoreos en los diferentes puntos de Monitoreo

		Calidad del agua		
Monitoreos		N	Subconjunto para $\alpha = 0.05$	
			1	2
HSD Tukey ^a	MONITOREO 2	12	57,3175	
	MONITOREO 1	12	60,8925	60,8925
	MONITOREO 3	12	68,7825	68,7825
	MONITOREO 4	12		74,3533
	MONITOREO 5	12		74,8783
	Sig.		,249	,101

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 12,000.

Realizado por: Zurita E, 2016

Junto con la prueba de Tuckey b, el programa SPSS nos muestra una tabla integrada por agrupaciones de Monitoreos los cuales presentan los valores de las medias parecidos entre sí.

En esta tabla se aprecia que el grupo de valores de calidad del agua obtenidos en los Monitoreos 1, 2 y 3 forman el subconjunto homogéneo en la casilla 1 donde sus medias son similares ($p=0,249$), así mismo el subconjunto homogéneo 2 formado por los Monitoreos 1,3,4,y 5 muestran medias similares entre sí ($p=0,101$). Entre los grupos que no existen medias similares son entre los valores de Calidad del agua del Monitoreo 2, 4 y 5, como se constató anteriormente con la prueba de Tuckey b en la tabla de comparaciones múltiples de Post hoc.

Con relación al índice ICA los valores de calidad del agua en el Monitoreo 2 se encuentran dentro del rango 78,67-79,96 un poco bajo con respecto a los valores del Monitoreo 4 que se encuentran dentro de un rango de 79,66-81,38 y el Monitoreo 5 que se encuentran en un rango de 74,08-81,37, sin embargo todos estos valores corresponden a la categoría de BUENA CALIDAD DEL AGUA.

Con respecto al índice ABI presenta valores bajos en el Monitoreo 2 en un rango de 33-57 en comparación con el Monitoreo 4 que se encuentran en un rango de 60-76 y el Monitoreo 5 con un rango de 63-79. Así mismo en el índice BMWP/Col los valores del índice se encuentra en el rango de 33-61 valores bajos en comparación con el rango de 63-83 del Monitoreo 4 y el rango de 67-85 del Monitoreo 5.

Esta fluctuación entre los valores de calidad del agua es similar en los 3 índices esto se puede deber al evento de lluvia que se presentó unos días antes de realizar el Monitoreo 2 en el mes de Mayo lo cual pudo presentar variaciones significativas en los parámetros físico-químicos del agua debido al arrastre de residuos de carácter agrícola y ganadero al río.

Esto se debe a la dependencia de los índices BMWP/Col y ABI con el índice ICA, ya que los macroinvertebrados son sensibles a las perturbaciones ambientales. Mientras que entre el índice ABI e índice BMWP/Col al ser indicadores biológicos se muestran con las mismas características entre ellos ya que en definitiva se basan en la identificación de macroinvertebrados de igual manera.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA TÉCNICA EN RELACIÓN A LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATAPO-POMACHACA.

La propuesta técnica responde al objetivo #4 del Proyecto de Investigación para promover el manejo adecuado del recurso hídrico del río Atapo-Pomachaca en la parroquia Palmira, mediante la participación de los actores sociales de las comunidades y autoridades del Consejo Provincial de Chimborazo.

FORMACIÓN DE UN COMITÉ DE MICROCUENCA DEL RÍO ATAPO-POMACHACA

El Comité de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca se forma con un grupo de personas constituido por las personas habitantes de las comunidades de la parroquia Palmira con la responsabilidad del manejo adecuado de los recursos naturales que son componentes de la Microcuenca especialmente el recurso hídrico.

Acciones para la formación y consolidación del Comité de la Microcuenca:

- **Socialización.-** La conformación del Comité se logra a partir de la capacitación y sensibilización a todas las familias de las comunidades de la parroquia Palmira, difundiendo la propuesta.
- **Integrantes del Comité.-** para un adecuado funcionamiento del Comité y sus actividades los integrantes del mismo deben proporcionar una actuación integral de cada comunidad como un conjunto participativo entre los líderes de familia, los líderes comunales; teniendo en cuenta que el comité esté conformado por hombres y mujeres, es decir mixto.
- **Diagnóstico inicial.-** Este diagnóstico fue de carácter participativo entre los integrantes del Comité y los actores institucionales del Consejo Provincial de Chimborazo para obtener un inventario sobre los recursos y componentes de la Microcuenca y los problemas que afectan su desarrollo.
- **Acciones del Comité.-** En base al diagnóstico inicial el Comité se encargará de tomar las acciones pertinentes para minimizar los problemas o evitarlos, iniciando con la información impartida a toda la población y la realización del Plan de Gestión de la Microcuenca cuyo cumplimiento debe ser vigilado por el Comité en participación con

las autoridades institucionales del Consejo Provincial de Chimborazo y las familias de las comunidades.

AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO PARA LAS COMUNIDADES DE LA PARROQUIA PALMIRA

Para el abastecimiento de agua potable y sistema de Saneamiento se debe considerar las condiciones según la región geográfica Sierra (tipo de suelo, topografía, nivel freático, precipitación, etc.) y los criterios básicos de diseño para la estructuración y abastecimiento de agua potable y sistema de saneamiento en la zona centro de la parroquia Palmira, para las viviendas que están distribuidas sin un ordenamiento territorial adecuado se usarán los inodoros (fosas sépticas).

Para la estructura del sistema de agua potable y alcantarillado se recomienda las siguientes consideraciones:

- Cálculo de la Población
- Criterios de diseño de la estructura
- Participación de las comunidades beneficiarias.
- Búsqueda de materiales de bajo costo amigables con el ambiente para la construcción.
- Facilidades de operación y de mantenimiento.
- Mejoramiento de la dotación del agua en el interior de cada domicilio: inodoro (letrina de compostaje), lavabo, ducha, lavadero para platos, tanque elevado para almacenamiento del agua.

DOTACIÓN DE FILTROS ARTESANALES

Dotar en cada domicilio de: filtros para el tratamiento del agua para consumo humano. La composición de los filtros se basa en grava, arena y carbón activado, así como cernidores elaborados de tubos de PVC conectados artesanalmente con un embudo hacia arriba y un grifo en la parte de abajo. Esto permitirá el consumo de agua de muy buena calidad.

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

El diseño y la implementación de un botadero de residuos sólidos con el desarrollo de un sistema de manejo de residuos sólidos, de ésta manera garantizar la preservación y protección del ambiente evitando cualquier contaminación a la Microcuenca.

Esta alternativa deberá ser tomada en cuenta por el Consejo Provincial de Chimborazo quién se encarga de la gestión de los recursos hídricos de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca en coordinación con el equipo técnico y autoridades de la parroquia Palmira.

PROTECCIÓN DE LA MICROCUENCA ALTA DEL RÍO ATAPO-POMACHACA

La parte alta de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca es de vital importancia en el funcionamiento adecuado del ciclo hidrológico de la microcuenca, por ésta razón se debe evitar toda actividad que altere la cobertura vegetal de los pajonales ya que puede impactar negativamente el mantenimiento de la Microcuenca.

Hasta el momento se evidenciado una participación de las comunidades cercanas a la cabecera de la Microcuenca para su protección conjuntamente con el proyecto encaminado por el Consejo Provincial de Chimborazo con el fin de preservar el recurso hídrico desde su nacimiento.

A este proyecto deben sumarse todas las comunidades beneficiarias del recurso hídrico de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca para que esta medida sea conjuntamente participativa.

Una alternativa para la protección de ésta zona es enfocar los proyectos a la conservación de la biodiversidad de la cabecera y crear una descripción técnica de la misma para presentarla como Área de Conservación Regional a la autoridad que corresponda.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE LA MICROCUENCA EN ZONAS AGRÍCOLAS

Una de las actividades productivas de las comunidades de la parroquia Palmira es la agricultura, así como también un factor de contaminación para el río Atapo-Pomachaca. Las zonas agrícolas son tierras donde sus principales usos son los cultivos permanentes.

Para que la producción agrícola mantenga una relación adecuada con la protección de la Microcuenca, deben tomarse en cuenta varios factores:

- Para las plantaciones se deben respetar la cabecera o nacimiento del río, los bordes del río y quebradas, es decir estas zonas no serán usadas para la agricultura.
- La cobertura vegetal se deberá dejar en los bordes de los ríos en un 50%.
- El riego de los cultivos se deberá hacer por aspersión.
- Las zonas aptas para plantación forestal se deberá realizar en la Microcuenca central con especies que no influyan negativamente en la preservación del sistema ecológico de la Microcuenca.

- Se debe evitar la tala de árboles en sectores definidos como la ribera de los ríos, así como la recolección de aceites, resinas, flores, musgos con fines de alimentación, medicinales o artesanales en zonas de protección como quebradas, las cabeceras de la Microcuenca y riberas del río.
- La cobertura vegetal debe permanecer intacta para mantener los procesos ecológicos y biológicos de la flora y fauna.

CREAR POLÍTICAS

Las políticas deben tener una visión integral de la gestión del recurso hídrico que contenga un plan de gestión de los recursos hídricos de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca de manera que las comunidades puedan hacer uso del recurso sin causar impactos que alteren el ecosistema acuático y ecológico de la microcuenca.

Las políticas deben incluir:

- Garantizar la satisfacción de las necesidades de agua potable y alcantarillado a las comunidades de la parroquia Palmira.
- Tratamiento de aguas residuales de las comunidades para evitar la contaminación del río Atapo-Pomachaca.
- Capacitación y Concientización a los habitantes de las comunidades en el uso apropiado y racional del recurso hídrico del cual son beneficiarios.
- Dotar de agua de buena calidad para consumo a las comunidades.
- Elaboración del Plan de Gestión del recurso hídrico de la Microcuenca.

CAPACITACIÓN A LAS COMUNIDADES EN ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS

Las comunidades deben ser capacitadas en el uso de tecnologías de fácil uso pero primordiales para el cuidado y protección del ambiente y de los recursos hídricos.

Las tecnologías alternativas en relación a la gestión del agua son:

- Proyectos de tratamiento de aguas residuales aptas para la zona a desarrollarse.
- Disposición adecuada de residuos sólidos.
- Técnicas de compostaje para la disposición de residuos orgánicos y excretas que puedan utilizarse como abono posteriormente en cultivos.
- Filtros artesanales en cada domicilio para el tratamiento del agua de consumo.

SALUD DE LA POBLACIÓN

Emprender campañas y programas que impliquen la desparasitación y control de enfermedades gastrointestinales y diarreicas. Con la participación del Ministerio de Salud conjuntamente con las autoridades de cada comunidad y del Consejo Provincial de Chimborazo con el fin de preservar y precautelar la salud de los habitantes.

CAPACITACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN EN EL MANEJO ADECUADO DEL RECURSO HÍDRICO

Los habitantes deben estar conscientes de la importancia del recurso hídrico para el equilibrio ecológico así como para su desarrollo económico integral de sus actividades y diario vivir. Es así que una estrategia como propuesta es la capacitación y concientización a las comunidades en el manejo adecuado del recurso hídrico. Estas capacitaciones deben ser constantes por parte de los técnicos del Consejo Provincial de Chimborazo, para el cuidado de la cantidad y calidad del agua.

CONCLUSIONES

- Se identificaron 4 puntos de muestreo, los cuales son representativos de la zona baja de la microcuenca, debido a que esta zona presenta mayor actividad antrópica de ganadería, regadío, agricultura, uso doméstico y lavado de ropa, consideradas como las principales fuentes de contaminación del recurso hídrico.
- La evaluación comparativa de los resultados demuestran la no dependencia del índice de calidad del agua ICA con la presencia de macroinvertebrados, por el contrario los índices biológicos si se ven influenciados por las características físicas, química y biológicas del agua, así tenemos la presencia del orden Ephemeroptera que es un indicador de hábitats no contaminados, es decir, aguas limpias y bien oxigenadas.
- El Agua de la Microcuenca del Río Atapo-Pomachaca según el índice ICA es de CALIDAD BUENA en los 4 puntos de monitoreo así como en el punto de referencia con un promedio de 79,62; en cuanto a los índices ABI la calidad es ACEPTABLE y según el índice BMWP/Col es DUDOSA, teniendo un resultado de BUENA CALIDAD DEL AGUA, adecuada para su aprovechamiento en uso doméstico y consumo así como también en uso agrícola y ganadero según el Anexo I Libro VI del TULSMA.
- En base a los resultados obtenidos sobre la Calidad del Agua de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca y de las fuentes principales de contaminación se realizó la **PROPUESTA TÉCNICA EN RELACIÓN A LA GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ATAPO-POMACHACA** ubicada en el Capítulo 4 del presente Proyecto de Investigación.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable utilizar el índice ABI en posteriores estudios en la microcuenca donde se determine la calidad del agua con el empleo de indicadores biológicos con macroinvertebrados debido a que éste índice fue adaptado del original BMWP para zonas andinas.
- Existen distintos proyectos destinados a esta microcuenca para el manejo de recurso hídrico por parte del Consejo Provincial de Chimborazo para el tema de regadío, es necesario a más de cuidar la cantidad del agua disponible ampliar la gestión de los recursos hídricos encaminados a proteger la calidad del agua.
- Las familias de las comunidades requieren capacitación acerca de las actividades que pueden desarrollar que sean sostenibles con el ambiente, como un ordenamiento territorial, manejo de la ganadería y agricultura adecuadas para producir menores impactos en los ecosistemas de los páramos.
- Incentivar a las comunidades con la socialización de la información del presente estudio con el enfoque a la participación activa en el cuidado de sus ecosistemas, páramos, bosques, recursos naturales y recurso hídrico con el apoyo del Consejo Provincial de Chimborazo.
- Promover la desinfección del agua del río para consumo mediante la preparación a técnicos del Consejo Provincial de Chimborazo que serían los encargados de capacitar a las familias de las comunidades en las metodologías de desinfección.
- Dar instrucción a los adultos de la parroquia Palmira para que preparen a los niños desde pequeños, de la misma manera recomendar a los maestros de las escuelas sobre la concientización y las actividades de preservación de sus recursos naturales e hídricos.

GLOSARIO

ONU: es una organización internacional sus siglas significan Organización de las Naciones Unidas, se encuentra conformada por 192 países independientes. El objetivo es trabajar por la paz y seguridad de todos y luchar con los problemas mundiales como la pobreza.

CARE: es una organización Internacional presente en el Ecuador desde el año 1962, con el objetivo de reducir la pobreza. FAU

SENPLADES: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador

SENAGUA: Secretaría del Agua

ANTRÓPICA: proviene etimológicamente del vocablo griego “anthropos” que significa "humano". Se refiere a las actividades humanas.

CABECERA: sector más alto de la cuenca de un río.

MONITOREO: se refiere a la recolección, análisis y uso de información obtenida para dar seguimiento a un estudio o programa.

(Diccionario de la lengua española. <http://dle.rae.es/?w=diccionario>)

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, R., et al. “Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú”, *Revista Limnética* [en línea], 2009 (España) 28 (1), pp. 36-64. [Consulta: 7 de Junio 2016]. ISSN 0213-8409. Disponible en:

[http://www.ub.edu/riosandes/docs/Limnetica%2028\(1\)%2004%20Acosta.pdf](http://www.ub.edu/riosandes/docs/Limnetica%2028(1)%2004%20Acosta.pdf)

ACUERDO MINISTERIAL 061. *Libro de Calidad Ambiental. Reforma del Libro VI Texto Unificado de Legislación Secundaria- TULSMA Libro VI Anexo I.* Ecuador, 2015.

AGENCIA ESPACIAL CIVIL ECUATORIANA. *Agencia Espacial Civil Ecuatoriana Anuncia las fechas de máxima radiación solar para Ecuador, la capa de ozono sobre la franja ecuatorial no se ha recuperado como se esperaba* [en línea]. Guayaquil-Ecuador, Rubén Morales, 9 de Marzo del 2010. [Consulta: 10 de Junio del 2016]. Disponible en: <http://www.exa.ec/bp31/>

BLACK, M. *El secuestro del agua: la mala gestión de los recursos hídricos* [en línea]. España: Publications, 2005. [Consulta: 8 de Junio 2016]. ISBN 84-8452-372-1. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=b_zr2_NE5XOC&printsec=frontcover&dq=El+secuestro+del+agua:+la+mala+gesti%C3%B3n+de+los+recursos+h%C3%ADricos-

CAGUANA P, José. *Determinación del Balance y Demanda Hídrica en la Microcuenca del río Atapo, parroquia Palmira, cantón Guamote, provincia de Chimborazo* (Tesis). [En línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Riobamba-Ecuador, 2015. Pp. 87-89. [Consulta: 21 de Junio del 2016]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/4878/1/TESIS-ALANCE%20HIDRICO%20-08-1-2016.pdf>

CARE Internacional-Avine. Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo 8: Gestión Integrada del Recurso Hídrico: *Disponibilidad y usos del recurso agua* [en línea]. Cuenca-Ecuador: enero del 2012. Pp: 1-.24 [Consulta: 21 de Junio del 2016]. Disponible en: <http://www.avina.net/avina//wp-content/uploads/2013/03/MODULO-8-OK.pdf>

CASTELLÓN G. *Evaluación Rápida De La Calidad Del Agua Utilizando Macroinvertebrados Acuáticos Durante La Temporada Lluviosa En La Microcuenca “El Chimbo”* (Tesis) (Diplomado). Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra. Honduras. 2013. pp. 1-33.

CASTRO, M., et al. “Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global”. *Revista Ingeniería Solidaria* [en línea], 2014 (Colombia) 10 (17), pp. 111-124. [Consulta 30 de Junio del 2016]. Disponible en:

<http://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/viewFile/811/770>

CEPAL. *Diagnóstico de las Estadísticas del Agua en Ecuador* [en línea]. Ecuador, pp. 4-12. [Consulta: 7 de Junio 2016]. Disponible en:

<http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIC%202012-2.pdf>

CHUQUIMARCA, A., et al. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Palmira* [en línea]. Palmira, 2015, pp. 1-179. [Consulta: 7 de Junio 2016]. Disponible en:

<http://app.sni.gob.ec/sni->

[link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660826870001_PDOT%20PALMIRA%20FINAL_30-10-2015_16-26-21.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660826870001_PDOT%20PALMIRA%20FINAL_30-10-2015_16-26-21.pdf)

CORDERO, D. Evaluación de la Gestión Territorial de la Cuenca del río Paute, Estrategias y Líneas de Acción para Superarlas (Tesis) (Magíster). [En línea]. Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Instituto de Postgrado. Cuenca, 2013, pp. 1-151. [Consulta: 11 de Mayo del 2016]. Disponible en:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3358/1/TESIS%20.pdf>

DE LA PAZ, M. Evaluación de la calidad de agua e integridad ecológica de ríos altoandinos manejados por el FONAG (Tesis) [en línea]. Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales. Quito-Ecuador, 2012, pp. 2-50. [Consulta: 10 de Mayo del 2016]. Disponible en:

<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2024/1/104396.pdf>

DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA. [En línea]. [Consulta 10 de Octubre del 2016]. Disponible en:

<http://dle.rae.es/?w=diccionario>

DOMÍNGUEZ, I. Evaluación de la Gestión Territorial de la Cuenca del río Paute, Estrategias y Líneas de Acción para Superarlas (Tesis) (Maestría) [en línea]. Universidad de Cuenca. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Instituto de Postgrado. Cuenca-Ecuador, pp. 17-23. [Consulta: 8 de Junio 2016]. Disponible en:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3358/1/TESIS%20.pdf>

FAO. *Experiencias de manejo y gestión de cuencas en el Ecuador* [en línea]. Quito: Ana Cristina Herdoíza, 2014. [Consulta: 8 de Junio 2016]. Disponible en:

<http://www.fao.org/3/a-i4408s.pdf>

FÉLEZ, M. *Capítulo I: El Agua* [en línea]. pp. 15-20. [Consulta: 4 de Mayo del 2016]. Disponible en:

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6263/03_Mem%20ria.pdf?sequence=4

FLOWERS, R.W.; & DE LA ROSA, C. “Ephemeroptera”. *Revista de Biología Tropical* [en línea], 2010, (Costa Rica) 58 (4), pp. 63-93. [Consulta: 22 de Junio del 2016]. ISSN-0034-7744.

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/pdf/449/44922967004.pdf>

FRANQUET, J. *Con el agua al cuello: 55 respuestas al Plan Hidrológico Nacional* [en línea]. Grecia-Estambul: Tusquets, 2013. [Consulta: 8 de Junio 2016]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=PCFBdMGjWFMC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

GHISLAIN DE MARSILY. *El Agua* [en línea]. México-México: Argentina. 2001. [Consulta: 20 de Junio del 2016]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=dHbqpngSTpIC&pg=PA115&lpg=PA115&dq=el+agua+Marsily,+Ghislain+De&source=bl&ots=IfmqIazfgl&sig=>

GUTIÉRREZ, P. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Coleóptera en El Salvador. En: Springer, M. & J.M. Sermeño Chicas (eds.). *Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos.* Proyecto Universidad de El Salvador (UES) – Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador, 2010, pp.1- 64. [Consulta: 22 de Junio del 2016]. ISBN 978-99923-27-51-7. Disponible en:

[http://ri.ues.edu.sv/9091/1/GUIA%20COLEOPTERA%20ACUATICOS%20EL%20SALVADOR%20\(5.7MB\).pdf](http://ri.ues.edu.sv/9091/1/GUIA%20COLEOPTERA%20ACUATICOS%20EL%20SALVADOR%20(5.7MB).pdf)

GUTIÉRREZ, P. “Plecóptera”. *Revista de Biología Tropical* [en línea], 2010, (Costa Rica) 58 (4), pp. 139-148. [Consulta: 22 de Junio del 2016]. ISSN-0034-7744. Disponible en:

<http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a06v58s4.pdf>

LÓPEZ M., et al. *¡AGUA!* [En línea]. Madrid-España: Solana e Hijos. 2006 [Consulta: 5 de Mayo del 2016]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=p1jYCAi0QuC&printsec=frontcover&dq=!!AGUA!!+>

MACARULLA, J., et al. *Bioquímica Humana: curso básico* [en línea]. 2ª edición. Barcelona-España: Reverté, 1994. [Consulta: 20 de Junio del 2016]. Disponible en:

https://books.google.com.ec/books?id=4h_IosytGvkC&pg=PR3&lpg=PR3&dq=Bioqu%C3%A1mica+humana:+curso+b%C3%A1sico&source=bl&ots=SllvIVFeMt&sig=43Fq-14-

MADERREY, E. *Principios de Hidrogeografía. Estudio Del Ciclo Hidrológico* [en línea]. México-México: Serie Textos Universitarios, 2005. [Consulta: 20 de Junio del 2016]. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=0S3XDWsDzSAC&pg=PA3&dq=Principios+de+Hidrogeografía+Laura+Maderrey&hl>

NTE INEN 2169:98. *Agua: calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras. Conservación de muestras*

NTE INEN 2176:98. *Agua: calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. Monitoreo.*

NTE INEN 7027:2013. *Calidad de agua – determinación de turbiedad. (IDT).*

NTE INEN 1202:85. *Calidad del agua. Demanda Bioquímica de Oxígeno.*

NTE INEN 0973:84. *Agua Potable. Determinación de pH.*

NTE ISO 1106:84. *Agua Potable. Determinación de Oxígeno Disuelto*

ODETTI S., Héctor; & BOTELLI, Eduardo. *Introducción a la Química Inorgánica* [en línea]. Santa Fé-Argentina: UNL, 2006. [Consulta: 8 de Junio 2016]. ISBN 987-508-562-6.

Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=V3PXbAWLAuQC&pg=PA2&dq=Introducci%C3%B3n+a+la+Qu%C3%ADmica+Inorg%C3%A1nica+Odetti&hl>

ORDÓNEZ, J. ¿Qué es cuenca hidrográfica? [En línea]. Perú. 2011, pp. 6-44. [Consulta: 7 DE JUNIO 2016]. ISBN: 978-9972-602-76-4. Disponible en:

http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. ¿Hay suficiente agua en el mundo? Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [en línea], 1997, OMM-Nº 857, pp. 7-10. [Consulta: 21 de Junio del 2016]. ISBN 92-63-30857-8. Disponible en:

http://www7.uc.cl/sw_educ/hidrologia/Capitulo_1/aguamundo.pdf

RAMÍREZ, A. “Odonata”. *Revista de Biología Tropical* [en línea], 2010, (Costa Rica) 58 (4), pp. 97-136. [Consulta: 22 de Junio del 2016]. ISSN-0034-7744. Disponible en:
<http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a05v58s4.pdf>

RAMOS, P. *El hombre y el medio ambiente: XIV jornadas ambientales* [en línea]. Salamanca-España: Universidad de Salamanca. 2010. [Consulta: 6 de Junio 2016]. Disponible en:
<https://books.google.com.ec/books?id=XAeNAwAAQBAJ&pg=PA48&dq=El+hombre+y+el+medio+ambiente:+XIV+jornadas+ambientales+pedro+ramos&hl>

ROMERO, R. *Calidad del Agua*. 2ª edición. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005, pp. 107-346.

ROSERO, D.; & FOSSATI, O. “Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta”. *Índices Bióticos* [en línea], 2009, pp. 1-21. [Consulta: 6 de Mayo del 2016]. Disponible en:
<https://www.mpl.ird.fr/divha/aguandes/ecuador/papallacta/doc/D14-09%20Indices.pdf>

RICE, E. *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*. 22ª edición. Washington-Estados Unidos: Washington: American Public Health Association, 2012, pp. 2-12.

SAMBONI, N., et al. “Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua”. *Revista Ingeniería e Investigación* [en línea], 2007 (Colombia) 27 (3), pp.172-181. [Consulta: 20 de Julio del 2016]. Disponible en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v27n3/v27n3a19.pdf>

SENAGUA. *Delimitación y codificación de unidades hidrográficas del Ecuador* [en línea]. Ecuador: 2009, pp. 5-20. [Consulta: 8 de Junio 2016]. Disponible en:
<http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/delimitacion-codificacion-Ecuador.pdf>

SENPLADES. *Guía para la Formulación Participativa de los PD y OT* [en línea]. Quito: Verónica Ávila-Activa, 2011. [Consulta: 8 de Junio 2016]. Disponible en:
<http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Gu%C3%ADa-para-la-formulaci%C3%B3n-participativa-de-los-PD-y-OT.pdf>

SNET. *Índice de Calidad del Agua General ICA* [en línea]. El Salvador, pp. 1-14. [Consulta: 20 de Junio del 2016]. Disponible en:
<http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>

SPRINGER, M. “Biomonitoreo Acuático”. *Revista de Biología Tropical* [en línea], 2010, (Costa Rica) 58 (4), pp. 53-59. [Consulta: 22 de Junio del 2016]. ISSN-0034-7744. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a03v58s4.pdf>

STUDHOLME, Ashley. *Manual metodológico para el monitoreo de calidad de agua con macroinvertebrados*. Riobamba-Ecuador: Strobosch Yuri, 2012. Pp 8-25.

TERNEUS, Esteban., et al. “Evaluación Ecológica del Río Lliquino a través de Macroinvertebrados Acuáticos, Pastaza-Ecuador”. *Revista de Ciencias* [en línea], 2012, (Ecuador), pp. 31-45. [Consulta: 7 de Junio 2016]. Disponible en: <http://uide.edu.ec/wp-content/uploads/2015/11/3-evaluacion-ecologica-rio-liquino-macroinvertebrados-acuaticos-pastaza.pdf>

TOLÓN, A., & LASTRA, J. *Actas del III Seminario Internacional de Cooperación y Desarrollo en Espacios Rurales Iberoamericanos. Sostenibilidad e Indicadores* [en línea]. Almería-España: Observatorio Medioambiental, 2009, pp. 48-50. [Consulta: 10 de Mayo del 2016]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=FxXON_kLXQC&pg=PA48&dq=cuenca+hidrogr%C3%A1fica+Actas+del+III+Seminario+

UMAÑA, E. *Manejo de Cuencas Hidrográficas y Protección de Fuentes de Agua* [en línea]. San Nicolás-Esteli, 2002. [Consulta: 7 de Junio 2016]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/fulltext/cuencas.pdf>

VEGA, E. “El Estudio del Agua en el tiempo y el espacio”. *Revista Universidad de Sonora* [en línea], 2008, (Sonora) 22(12), pp. 1-4. [Consulta: 8 de Junio 2016]. Disponible en: <http://www.revistauniversidad.uson.mx/revistas/22-22articulo%2012.pdf>

VEGA G, Eva L. “El estudio del agua en el tiempo y espacio”. *Revista Universidad de Sonora* [en línea], 2008, (Sonora) 22 (12), pp. 50-52. [Consulta: 20 de Junio del 2016]. Disponible en: <http://www.revistauniversidad.uson.mx/revistas/22-22articulo%2012.pdf>

VALDÉS V, Teresa., et al. *Ecología y Medio Ambiente* [en línea]. México-México: Pearson Educación de México, 2005. [Consulta: 21 de Junio del 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=oHJqJzvVdQoC&printsec=frontcover&dq=Ecolog%C3>

VOET, D.; & VOET, J. *Bioquímica* [en línea]. 3ª edición. Montevideo-Uruguay: Médica Panamericana, 2004. [Consulta: 20 de Julio del 2016]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=r5bedH_aST0C&pg=PA44&lpg=PA44&dq=CONSTANTE+DIEL%C3%89CTRICA+DEL+AGUA&source=bl&ots=RmkPdYwcX8&sig=

YUNGÁN Z. Estudio de la Calidad del agua en los afluentes de la Microcuenca del río Blanco para determinar las causas de la degradación y alternativas de manejo (Tesis) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba-Ecuador. 2010. pp. 1-145.

ZARATE P, Juan. *Proyecto de Manejo de Recursos Naturales de Chimborazo: Evaluación Ambiental* [en línea]. Riobamba-Ecuador: 2008, pp. 17. [Consulta: 21 de Junio del 2016]. Disponible en:
<http://documentos.bancomundial.org/curated/es/887701468026949916/pdf/E19380SPANISH0LAC1EA1P105550.pdf>

ANEXOS

Anexo A: Matriz de Campo

MATRIZ DE CAMPO									
Cuenca:			Microcuenca:			Cantón:		Altitud:	
Tema Investigación:					Longitud:			Latitud:	
Responsable:									
Fecha:			Hora:			Mes:			
CARACTERÍSTICAS DE LAS RIBERAS DEL RÍO									
Uso predominante del suelo			Topografía:				Carreteras Aledañas:		
Bosque <input type="checkbox"/>	Urbano <input type="checkbox"/>	Plana <input type="checkbox"/>	Ondulada <input type="checkbox"/>	Quebrada <input type="checkbox"/>		1er O. <input type="checkbox"/>			
Rastrojo <input type="checkbox"/>	Potrero <input type="checkbox"/>	Presencia de animales				2do O. <input type="checkbox"/>			
Agricultura <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	Vacuno <input type="checkbox"/>	Ovino-Bovino <input type="checkbox"/>	Equino <input type="checkbox"/>	Porcino <input type="checkbox"/>	3do O. <input type="checkbox"/>			
Especificar cultivo(s):		Identifique la especie predominante		Árboles <input type="checkbox"/>	Arbustos <input type="checkbox"/>	Rastrojo <input type="checkbox"/>	Pastos <input type="checkbox"/>		
Tipo Textura		Tipo erosión			Condiciones climáticas				
Arenoso <input type="checkbox"/>	Arcilloso <input type="checkbox"/>	Laminar <input type="checkbox"/>	Cárcavas/derrumbes <input type="checkbox"/>		Lluvia (24 horas)				
Fr-arenoso <input type="checkbox"/>	Limoso <input type="checkbox"/>	S. sin protección <input type="checkbox"/>	Roca madre <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Poca <input type="checkbox"/>	Mucha <input type="checkbox"/>			
CARACTERÍSTICAS DEL CUERPO DE AGUA									
Ancho del río (m)		Largo del río (m)		Profundidad (m)		Vegetación		Zona de muestreo	
<1 <input type="checkbox"/>	5 a 10 <input type="checkbox"/>	Medida/Regleta (m)		< 0.1 <input type="checkbox"/>	0.5 a 0.75 <input type="checkbox"/>	Algas <input type="checkbox"/>	Detritos orgánicos <input type="checkbox"/>	Poza <input type="checkbox"/>	Rabión <input type="checkbox"/>
1 a 2 <input type="checkbox"/>	10 a 20 <input type="checkbox"/>			0.1 a 0.3 <input type="checkbox"/>	0.75 a 1 <input type="checkbox"/>	Musgos <input type="checkbox"/>	Plantas emergentes <input type="checkbox"/>	Plano <input type="checkbox"/>	Cascada <input type="checkbox"/>
2 a 5 <input type="checkbox"/>	> 20 <input type="checkbox"/>			0.3 a 0.5 <input type="checkbox"/>	> 1 <input type="checkbox"/>			Rápido <input type="checkbox"/>	
Sustrato (mm)									
Arcilla < 1 <input type="checkbox"/>		Arena 1 a 16 <input type="checkbox"/>		Grava 16 a 32 <input type="checkbox"/>		Cantaros 32 a 64 <input type="checkbox"/>		Roca madre s.lim <input type="checkbox"/>	
PARÁMETROS ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA									
Olor: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Color: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Sabor: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		Aspecto: TRANSPARENTE <input type="checkbox"/> TURBIO <input type="checkbox"/> MUY TURBIO <input type="checkbox"/>		Turbiedad --- NTU	
PARÁMETROS FÍSICOS-QUÍMICOS DE CALIDAD DE AGUA									
T (°C)	pH	CE (µS/cm)	OD (ppm)	Salinidad (ppm)	STD mg/L	Fosfatos (ppm)	Alcalinidad (ppm)	Nitratos (ppm)	
OBSERVACIONES GENERALES:									

Fuente: Studholme Ashley, 2012 (Manual Metodológico para el monitoreo de calidad del agua con macroinvertebrados).

Anexo B: Matriz de Laboratorio Índice ABI

Matriz del Laboratorio

Fecha:	Sito:
Observador (a):	

Orden	Familia	Cantidad	ABI
Acari	Hydrachnidia		
Amphipoda	Grammaridae		
Annelida	Oligochaeta		
Coleoptera	Elmidae		
	Scirtidae		
	Psephenidae		
	Lampyridae		
Diptera	Chironomidae		
	Simuliidae		
	Tipulidae		
	Blepharoceridae		
	Muscidae		
	Ceratopogonidae		
	Tabanidae		
	Empididae		
Ephemeroptera	Baetidae		
Hemiptera	Gerridae		
Hirudinea			
Nematoda			
Oligochaeta			
Plecoptera	Gripopterygidae		
	Hydropsychidae		
Trichoptera	Leptoceridae		
	Hydrobiosidae		
	Limnephylidae		
	Hydroptilidae		
	Odontoceridae		
Tricida	Plananridae		
	Total:		

Observaciones:

Fuente: Studholme Ashley, 2012 (Manual Metodológico para el monitoreo de calidad del agua con macroinvertebrados).

Anexo C: Matriz de Laboratorio-Valoración Índice ABI

Orden	Familia	ABI
Amphipoda	Hyaellidae	6
Coleoptera	Elmidae	5
	Scirtidae	5
	Staphylinidae	3
	Chironomidae	2
Diptera	Tabanidae	4
	Simuliidae	5
	Tipulidae	5
	Ceratopogonidae	4
	Blephariceridae	10
	Muscidae	2
	Empididae	4
	Psychodidae	3
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
Gastropoda	Planorbidae	3
Heteroptera	Corixidae	5
	Gerridae	5
Hydracarina		4
Lepidoptera	Pyralidae	4
Hirudinea		3
Odonata	Libellulidae	6
Oligochaetae		1
Plecoptera	Gripopterygidae	10
	Perlidae	10
Trichoptera	Odontoceridae	10
	Hydroptilidae	6
	Limnephilidae	7
	Hydrobiosidae	8
	Leptoceridae	8
	Glossosomatidae	7
	Hydropsychidae	5
Turbellaria	Planariidae	5

Fuente: Studholme Ashley, 2012 (Manual Metodológico para el monitoreo de calidad del agua con macroinvertebrados).

Anexo E: Condiciones de Referencia para puntos de monitoreo en ríos Andinos



Apartado	Poco	Medio	Mucho
CUENCA			
1.1 Cobertura de especies introducidas (Eucaliptos y Pinos especialmente)	5	3	1
1.2 Porcentaje de cobertura en pastos artificiales	5	3	1
1.3 Porcentaje de cobertura en usos urbanos	5	3	1
1.4 Ausencia de vegetación autóctona	5	3	1
1.5 Explotaciones mineras	5	3	1
1.6 Explotaciones ganaderas intensivas (intensivas)	5	3	1
HIDROLOGÍA			
2.1 Presencia de grandes presas aguas arriba del lugar	5	3	1
2.2 Derivaciones de agua para hidroeléctricas azudes < 10m	5	3	1
2.3 Tránsvasos u otras cuencas o desde otras cuencas	5	3	1
2.4 Derivaciones para usos en agricultura y ganadería	5	3	1
2.5 Derivaciones para uso en minería	5	3	1
2.6 Derivaciones para uso urbano (usos domésticos e industriales)	5	3	1
TRAMO (Incluye ribera y zona inundación)			
3.1 Canalización del río por infraestructuras rígidas (escolleras, etc...)	5	3	1
3.2 Canalización del río por terraplenes	5	3	1
3.3 Presencia de cultivos ílovacas y pasto en la llanura de inundación	5	3	1
3.4 Infraestructuras laterales (carreteras, construcciones...)	5	3	1
3.5 Falta de cubierto de la zona de ribera (árboles o arbustos)	5	3	1
3.6 % Cubierta vegetal por especies introducidas (árboles o arbustos)	5	3	1
LECHO			
4.1 Sustrato del lecho totalmente artificial (p.e. cemento, escollera...)	5	3	1
4.2 Infraestructuras transversales (p.e. azudes, vados)	5	3	1
4.3 Presencia de efluentes directos al río	5	3	1
4.4 Contaminación orgánica evidente	5	3	1
4.5 Contaminación minera evidente	5	3	1
4.6 Presencia de basuras y escombros (sea en la ribera o en el mismo lecho)	5	3	1

El valor máximo del índice es de 120, el mínimo de 24.

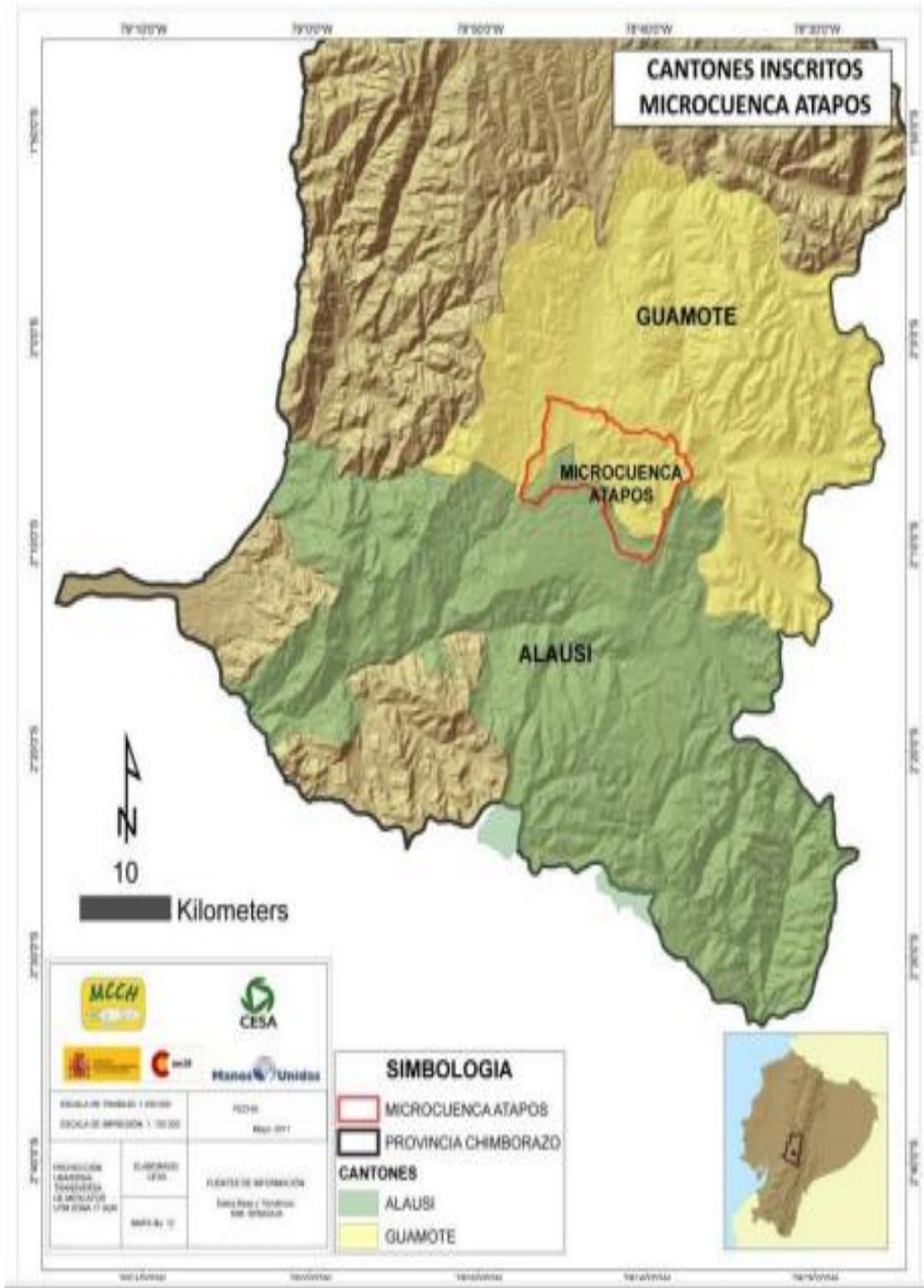
Se considera que valores superiores a 100 son necesarios para poder considerar un punto como de referencia.

De todas formas un punto de referencia debe obtener como mínimo 20 puntos en cada apartado.

Fuente: Acosta, et al, 2009. Pp. 35-64. Disponible en: <http://>

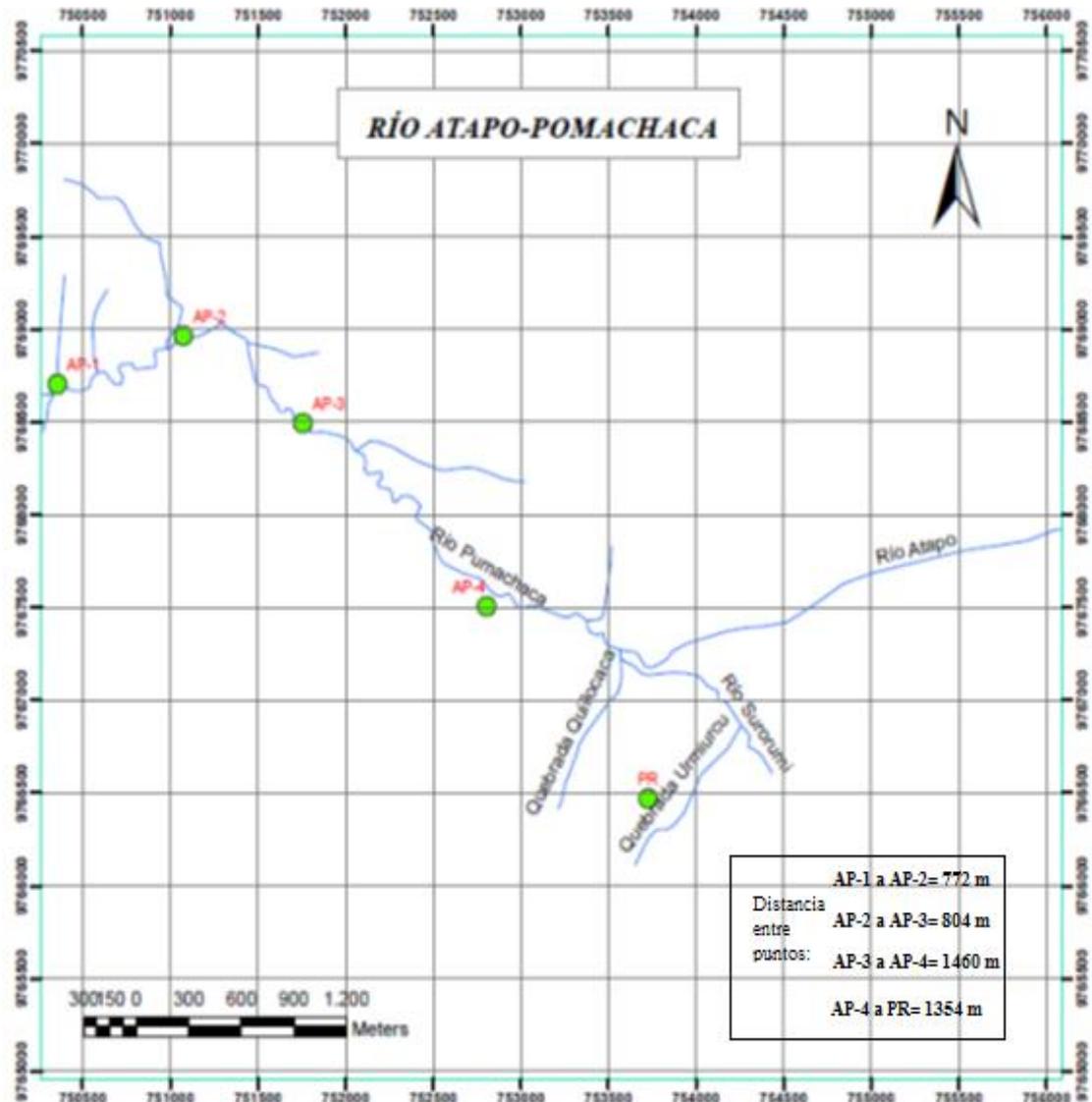
www.limnetica.com/Limnetica/Limne8/L28a035_Calidad_rios_Andes_protocolo_CERA.pdf

Anexo F: Mapa de la Ubicación Geográfica de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca parroquia Palmira



Fuete: Chuquimarca et al, 2015 (Plan de Ordenamiento Territorial Parroquia Palmira).

Anexo H: Mapa de la Ubicación Geográfica de los puntos de monitoreo de la Microcuenca del río Atapo-Pomachaca parroquia Palmira




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

APLICACIÓN COMBINADA DEL MÉTODO *BMWP-ABI-JCA*
PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA
MICROCUECNA DEL RÍO ATAPO-POMACHACA PARROQUIA
PALMIRA

Trabajo de Titulación para optar al grado académico de:
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: Edith Abigail Zurita Haro

ESCALA: 1:30 000
FECHA: 04/08/2016

SIMBOLOGÍA

— Río Atapo
— Río Pomachaca
● Punto de Monitoreo

Mapa del Río Atapo-Pomachaca

Punto de Monitoreo:

AR- Punto de Referencia
 AP-1- Punto de Monitoreo 1
 AP-2- Punto de Monitoreo 2
 AP-3- Punto de Monitoreo 3
 AP-4- Punto de Monitoreo 4

Anexo I: Fotografías Espacial



Fotografía 1-I: Microcuenca del río Atapo-Pomachaca

Anexo J: Fotografías de los Monitoreos en el río Atapo-Pomachaca



Fotografía 1-J: Equipo de Campo para el Monitoreo: a) red tipo D, b) botella wheaton, c) botellas pvc 1L y frascos, d) pinzas, e) bandeja, f) guantes, g) cooler, h) botas, i) GPS Garmin, j) Cámara, k) Termómetro, l) cedazo y cucharas, m) lupa.

Fuente: Realizado por: Zurita E, 2016.



Fotografía 2-J: Equipo de Laboratorio: a) Estereoscopio TRINOCULAR NEXIUS ZOOM NZ.1903-S (macroinvertebrados), b) pH metro Consort C562, c) Fotómetro HACH DR 2800, d) Digestor de DBO5 BOD TRAK II, e) Turbidímetro HACH RATOR X, f) Incubadora IGS750 MARCA THERMO SCIENTIFIC, g) Bureta

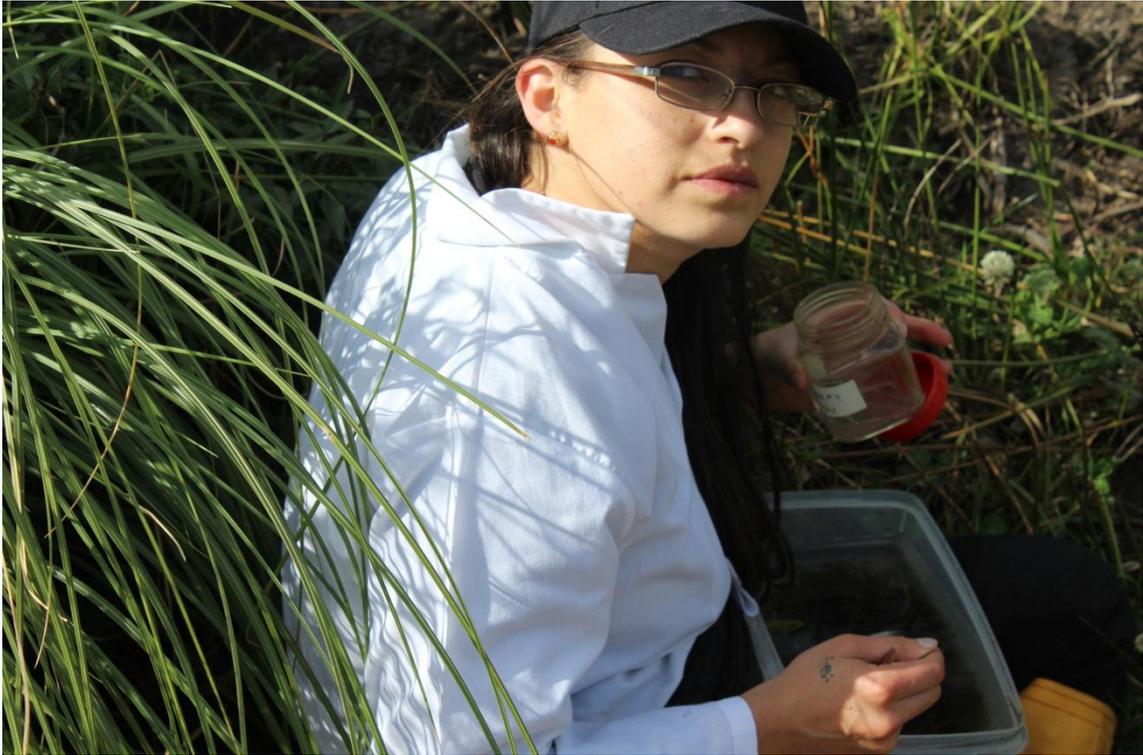
Fuente: Realizado por: Zurita E, 2016.



Fotografía 3-J: Muestreo de Macroinvertebrados en las orillas utilizando una red tipo D



Fotografía 4-J: Muestreo de Macroinvertebrados en las centro del río utilizando una red tipo D



Fotografía 5-J: Selección de Macroinvertebrados en la bandeja



Fotografía 6-J: Muestreo de agua para análisis físico, químico y biológico



Fotografía 7-J: Muestreo de agua para análisis de Oxígeno Disuelto



Fotografía 8-J: Medición de Temperatura del río

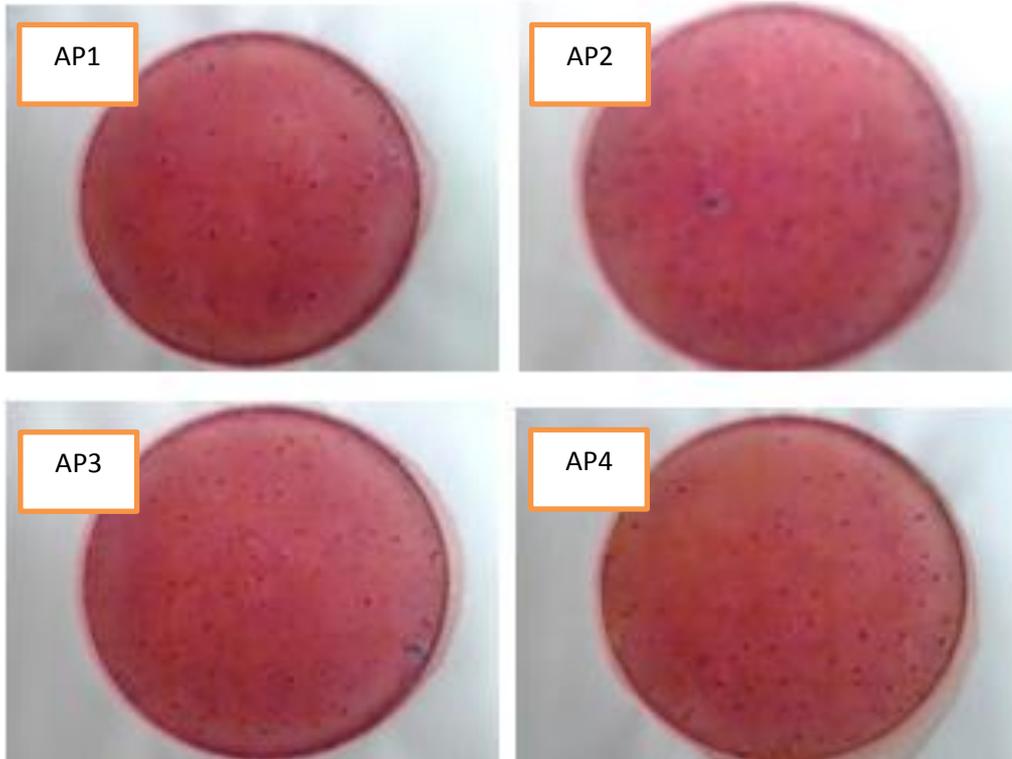
Anexo K: Fotografías Análisis de los índices en laboratorio



Fotografía 9-K: Análisis de Fosfatos en el Laboratorio



Fotografía 10-K: Análisis de DBO_5 en el Laboratorio



Fotografía 11-K: Resultados de los Coliformes Fecales