



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

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES EN LA
MICROCUCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
Previo la obtención del título de
INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: Margarita Belén Toledo Basantes.

TUTOR: Dr. Gerardo León.

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO”**, de responsabilidad de la señorita egresada Margarita Belén Toledo Basantes ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Gerardo León

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Andrés Beltrán

MIEMBRO

Yo, **Margarita Belén Toledo Basantes**, 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** y a la **SECRETARÍA DEL AGUA**.

MARGARITA BELÉN TOLEDO BASANTES

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios que es el pilar fundamental de mi vida y mi incentivo para seguir adelante, sin él no hubiera cumplido esta meta trazada.

A mis padres Silvia y Álvaro por su apoyo a lo largo de esta travesía y por enseñarme con su ejemplo el inconmensurable valor del esfuerzo, constancia y responsabilidad en cada acto.

A mi hermano Emilio, mi compañero y amigo en todos y cada uno de los momentos de mi vida.

A mis abuelitos Carmen y Jorge quienes con su cariño y amor sincero dejaron una huella indeleble en mi vida.

Y a toda mi familia por alentarme a seguir cada uno de los caminos por recorrer.

Margarita Belén Toledo Basantes

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la ESPOCH por darme los conocimientos necesarios para el desarrollo de este trabajo, Al Dr. Gerardo León y al Ing. Andrés Beltrán por instruirme con su criterio profesional y guiarme en la investigación, a la Secretaría del Agua por su apoyo incondicional en todos y cada uno de los aspectos y a todo su personal, en especial a la Ing. Verónica Ramos Directora de Calidad del Agua y al Ing. Luis Salazar Subsecretario de la Demarcación Hidrográfica de Pastaza.

A la Dra. Andrea Encalada Directora del Laboratorio de ecología acuática-Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales de la Universidad San Francisco de Quito por su gentileza al abrirme las puertas y aconsejarme con su aporte científico.

Al Dr. Benito Mendoza Director del Laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, Ing. Roberto Deley y Dr. Juan Carlos Lara Técnico de la UNACH quienes con sus palabras me alentaron para cumplir con este reto propuesto, de igual manera por su contribución y apoyo absoluto en esta investigación.

A la Dr. Luz María Orna y la Ing. Paulina Díaz por sus consejos y conocimientos especializados transmitidos.

Al Dr. Julio Hidrovo por su calidez y asistencia en el campo de las ciencias exactas.

A Daniel Chiliza por su amistad incondicional y su profesionalismo.

Al Msg. Matías Demarquet máster en Gestión del agua y ecosistemas acuáticos por su paciencia y experticia, guiándome y proporcionándome nuevos conocimientos.

Al Blgo. Fredy Nugra por impartirme sus saberes para el desarrollo de esta investigación.

Al Blgo. Diego Villagomez por sus consejos, conocimientos competentes y su ayuda absoluta en este trabajo.

A mis amigos Eliana, Liseth, Gaby, María Augusta, Cinthia, y Jaime quienes confiaron en mí, me acompañaron en toda mi trayectoria universitaria y me brindaron su apoyo siempre.

Margarita Belén Toledo Basantes

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
%OD	Porcentaje de oxígeno disuelto
pH	Potencial de hidrógeno
SDT	Sólidos Disueltos Totales
UNT	Unidad nefelométrica de turbidez
UFC/100 ml	Unidades Formadoras de Colonias por cada 100 mililitros
m	Metros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mg/L	Miligramos por litro
mL	Mililitros
L	Litros
L/s	Litros por segundo
WQI	Water Quality Index
ABI	Andean Biotic Index
BMWP/Col	Biological Monitoring Working Party/ Colombia
QBR	Riparian Vegetation Quality Index
QBR-And	Andean Riparian Vegetation Quality Index
IHF	Índice del Hábitat Fluvial
CESTTA	Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental
ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS	V
RESUMEN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
ABSTRACT	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
GENERAL	3
ESPECÍFICOS	3
CAPÍTULO I	1
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1 CUENCA HIDROGRÁFICA	4
1.1.1. LÍMITES DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA	5
1.1.2 PARTES DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA.....	6
1.1.2.1 PARTE ALTA O DE RECEPCIÓN	6
1.1.2.2 GARGANTA	6
1.1.2.3 LECHO O CONO DE EYECCIÓN	6
1.1.3 TIPOS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	7
1.1.3.1 CUENCA EXORREICA.....	7
1.1.3.2 CUENCA ENDORREICA	7
1.1.3.3 CUENCA ARREICA	7
1.1.3.4 CUENCA CRIPTORREICA	7
1.1.4 ELEMENTOS QUE INTEGRAN UNA CUENCA HIDROGRÁFICA	8
1.1.4.1 RIO PRINCIPAL	8
1.1.4.2 AFLUENTES.....	8
1.1.4.3 RELIEVE DE LA CUENCA	8
1.1.4.4 OBRAS HUMANAS.....	8
1.2 MONITOREO EN RÍOS	9
1.2.1 REPRESENTATIVIDAD	9
1.2.2 FACILIDAD DE ACCESO	9
1.2.3 SEGURIDAD.....	9
1.2.4 LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO.....	10
1.3 CAUDAL	10
1.3.1 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CAUDAL.....	10
1.3.1.1 MÉTODO VOLUMÉTRICO	10

1.3.1.2 MÉTODO VELOCIDAD ÁREA (MOLINETE Y FLOTADOR).....	11
1.2.1.2.1 MÉTODO DE FLOTADORES	11
1.2.1.2.2 MÉTODO DE MOLINETE	11
1.3.1.3 MÉTODO DE DILUCIÓN CON TRAZADORES	11
1.3.1.4 MÉTODO RELACIÓN ÁREA- PENDIENTE.....	12
1.3.1.5 LIMNIGRAFOS.....	12
1.3.1.6 VERTEDERO DE AFORO.....	13
1.4 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	13
1.4.1 CAUSAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA	13
1.4.2 FUENTES DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA	14
1.4.2.1 FUENTES URBANAS	14
1.4.2.2 FUENTES INDUSTRIALES.....	15
1.4.2.3 FUENTES AGROPECUARIAS.....	15
1.4.2.4 FUENTES NATURALES.....	15
1.4.3 PRINCIPALES CONTAMINANTES DEL AGUA	15
1.5 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA.....	16
1.5.1 BIOINDICADOR.....	16
1.5.2 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.....	17
1.5.3 MICROHÁBITAT	17
1.5.4 ÍNDICE BMWP/COL.....	17
1.5.5 ÍNDICE ABI	18
1.6 CALIDAD ECOLÓGICA DE LOS RÍOS.....	18
1.6.1 IMPORTANCIA DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DE LOS RÍOS	18
1.6.2 ZONAS DE VIDA	18
1.6.3 ÍNDICE QBR Y QBR-AND.	19
1.6.3.1 GRADO DE NATURALIDAD DEL CANAL FLUVIAL	19
1.6.3.2 CALIDAD DE LA CUBIERTA VEGETAL.....	19
1.6.3.3 GRADO DE CUBIERTA DE LA ZONA DE RIBERA	19
1.6.3.4 ESTRUCTURA DE LA RIBERA.....	19
1.6.4 ÍNDICE IHF.....	20
1.6.4.1 INCLUSIÓN DE RÁPIDOS	20
1.6.4.2 FRECUENCIA DE RÁPIDOS.....	20
1.6.4.3 REGÍMENES DE VELOCIDAD/PROFUNDIDAD	20
1.6.4.4 PORCENTAJE DE SOMBRA DEL CAUCE	20
1.6.4.5 ELEMENTOS DE HETEROGENEIDAD.....	21
1.6.4.6 COBERTURA DE VEGETACIÓN ACUÁTICA	21
1.6.5 ÍNDICE DE SHANNON-WIENER.....	21

1.6.6	ÍNDICE DE JACCARD O COEFICIENTE DE JACCARD	21
1.7	CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA	21
1.7.1	ÍNDICE WQI.....	21
1.7.1.1	PH	22
1.7.1.2	TEMPERATURA	23
1.7.1.3	TURBIDEZ Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	23
1.7.1.4	NITRATOS.....	25
1.7.1.5	FOSFATOS	25
1.7.1.6	OXÍGENO DISUELTO	25
1.7.1.7	COLIFORMES FECALES.....	26
1.8	MARCO LEGAL	26
1.8.1	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR	26
1.8.2	LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA.	29
CAPÍTULO II.....		31
2.	METODOLOGÍA	31
2.1	MICROCENCA DEL RÍO CHIMBORAZO.....	31
2.2	SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO.....	31
2.3	MEDICIÓN DE CAUDALES.....	31
2.4	CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA.....	32
2.5	EVALUACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO MEDIANTE EL ÍNDICE IHF.....	33
2.6	EVALUACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO MEDIANTE EL ÍNDICE QBR Y QBR-AND.....	34
2.7	RECOLECCIÓN Y MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS.....	34
2.8	CÁLCULO DEL ÍNDICE BMWP/COL.....	35
2.9	CÁLCULO DEL ÍNDICE ABI.....	36
2.10	ÍNDICE DE SHANNON-WIENER.....	38
2.11	ÍNDICE DE JACCARD O COEFICIENTE DE JACCARD (DIVERSIDAD BETA).....	38
2.12	CÁLCULO DEL ÍNDICE WQI.....	39
2.13	CARGA CONTAMINANTE.....	39
CAPÍTULO III.....		41
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
3.1	MICROCENCA DEL RÍO CHIMBORAZO.....	41
3.2	PUNTOS DE MONITOREO.....	41
3.3	DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO.....	41

3.3.1 PUNTO 1.....	41
3.3.2 PUNTO 2.....	42
3.3.3 PUNTO 3.....	43
3.3.4 PUNTO 4.....	44
3.4 CAUDAL	44
3.5 RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	47
3.6 ÍNDICE BMWP/COL Y ABI	50
3.7 ÍNDICE QBR	60
3.8 ÍNDICE IHF.....	62
3.9 MACROINVERTEBRADOS EN LA INVESTIGACIÓN.	63
3.10 ÍNDICE DE SHANNON-WIENER.....	63
3.11 ÍNDICE O COEFICIENTE DE JACCARD.	64
3.12 ÍNDICE WQI	65
3.13 CARGA CONTAMINANTE.....	68
3.14 VARIACIÓN DE CAUDAL CON EL ÍNDICE BMWP/COL ABI Y WQI.....	69
3.15 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	77
3.15.1 ANOVA DE UN FACTOR.	77
3.15.2 PRUEBA DE TUKEY.....	77
CAPÍTULO IV	79
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
4.1 CONCLUSIONES	79
4.2 RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	86

INDICE DE ILUSTRACIONES

CAPITULO I

Ilustración 1-1: Cuenca Hidrográfica	5
Ilustración 2-1: Línea Divisoria de Agua en una Cuenca Hidrográfica	6
Ilustración 3-1: Hélice del molinete	11
Ilustración 4-1: Vertedero Rectangular	13

CAPITULO III

Ilustración 1-3: Resultados del índice de SHANNON-WIENER	64
Ilustración 2-3: Resultados del coeficiente de similitud de Jaccard.	64

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I

Tabla 1-1: Rangos de calidad del agua asignados por el índice BMWP/Col y su color representativo.	17
Tabla 2-1: Puntajes para calidad del agua según el índice ABI.....	18
Tabla 3-1: Rangos de calidad acorde al índice QBR y QBR-And	20
Tabla 4-1: Rangos de calidad acorde al índice IHF	21
Tablas 5-1: Rangos de calidad del agua según el índice WQI.....	22

CAPITULO II

Tabla 1-2: Métodos de ensayo empleados por el laboratorio cestta para la determinación de los parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos.	33
Tabla 2-2: Puntaje asignado a cada familia de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo al índice BMWP/Col.....	36
Tabla 3-2: Puntaje para macroinvertebrados acuáticos según la propuesta del índice ABI.....	36
Tabla 4-2: Ponderaciones para parámetros propuestas por el índice WQI.	39

CAPITULO III

Tabla 1-3: Puntos de monitoreo de la investigación.	41
Tabla 2-3: Especies vegetales presentes en el punto 1.....	42
Tabla 3-3: Especies vegetales presentes en el punto 2.....	43
Tabla 4-3: Especies vegetales presentes en el punto 3.....	43
Tabla 5-3: Especies vegetales presentes en el punto 4.....	44
Tabla 6-3: Resultados de caudal en el mes de noviembre por punto de monitoreo.	44
Tabla 7-3: Resultados de caudal en el mes de diciembre por punto de monitoreo.	45
Tabla 8-3: Resultados de caudal en el mes de enero por punto de monitoreo.	45
Tabla 9-3: Resultados de caudal en el mes de febrero por punto de monitoreo.....	45
Tabla 10-3: Resultados de caudal en el mes de marzo por punto de monitoreo.	45
Tabla 11-3: Resultados de caudal en cada uno de los puntos de monitoreo por mes.....	45
Tabla 12-3: Resultados Físico-Químicos y Microbiológicos de cada punto de monitoreo en el mes de noviembre.....	47
Tabla 13-3: Resultados Físico-Químicos y Microbiológicos de cada punto de monitoreo en el mes de diciembre.	47
Tabla 14-3: Resultados Físico-Químicos y Microbiológicos de cada punto de monitoreo en el mes de enero.	48
Tabla 15-3: Resultados Físico-Químicos y Microbiológicos de cada punto de monitoreo en el mes	

de febrero.	49
Tabla 16-3: Resultados Físico-Químicos y Microbiológicos de cada punto de monitoreo en el mes de marzo.	49
Tabla 17-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 1 en el mes de noviembre.	51
Tabla 18-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 1 en el mes de diciembre.	51
Tabla 19-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 1 en el mes de enero.....	52
Tabla 20-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 1 en el mes de febrero.....	52
Tabla 21-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 1 en el mes de marzo.	53
Tabla 22-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 2 en el mes de noviembre.	54
Tabla 23-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 2 en el mes de diciembre.	54
Tabla 24-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 2 en el mes de enero.....	55
Tabla 25-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 2 en el mes de febrero.....	55
Tabla 26-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 2 en el mes de marzo.	56
Tabla 27-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 3 en el mes de enero.....	56
Tabla 28-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 3 en el mes de febrero.....	57
Tabla 29-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 3 en el mes de marzo.	57
Tabla 30-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 4 en el mes de noviembre.	58
Tabla 31-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 4 en el mes de diciembre.	58
Tabla 32-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 4 en el mes de enero.....	59
Tabla 33-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 4 en el mes de febrero.....	59
Tabla 34-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 4 en el mes de marzo.	60
Tabla 35-3: Valoración del índice QBR Y QBR-And en cada punto de monitoreo.	61
Tabla 36-3: Valoración del índice IHF en cada punto de monitoreo	62
Tabla 37-3: Resultados de calidad del agua de acuerdo al índice WQI en el mes de noviembre. ..	65
Tabla 38-3: resultados de calidad del agua de acuerdo al índice WQI en el mes de diciembre.....	65
Tabla 39-3: resultados de calidad del agua de acuerdo al índice WQI en el mes de enero.....	66
Tabla 40-3: Resultados de calidad del agua de acuerdo al índice WQI en el mes de febrero.....	66
Tabla 41-3: Resultados de calidad del agua de acuerdo al índice WQI en el mes de marzo.	67
Tabla 42-3: Resultados del cálculo de carga contaminante	68
Tabla 43-3: Resultados del índice BMWP/Col y ABI con el índice WQI.....	76
Tabla 44-3: Variables del estudio y su valor de significancia (p).....	77
Tabla 45-3: Aplicación de la prueba de Tukey a los resultados.....	77

INDICE DE GRÁFICOS

CAPITULO III

Gráfico 1-3: Variación del caudal en cada punto durante los cinco meses monitoreados.	46
Gráfico 2-3: Comportamiento del índice QBR en cada uno de los punto de monitoreo.....	61
Gráfico 3-3: Comportamiento del índice IHF en cada uno de los punto de monitoreo.	62
Gráfico 4-3: Cantidad de familias de macroinvertebrados por punto de monitoreo.	63
Gráfico 5-3: Variación de la carga contaminante.....	68
Gráfico 6-3: Caudal vs WQI (noviembre).....	69
Gráfico 7-3: Caudal vs BMWP/Col (noviembre)	69
Gráfico 8-3: Caudal vs ABI (noviembre).....	70
Gráfico 9-3: Caudal vs WQI (diciembre).....	71
Gráfico 10-3: Caudal vs BMWP/COL (diciembre)	71
Gráfico 11-3: Caudal vs ABI (diciembre).....	71
Gráfico 12-3: Caudal vs WQI (enero).....	72
Gráfico 13-3: Caudal vs BMWP/Col (enero).....	72
Gráfico 14-3: Caudal vs ABI (enero).....	73
Gráfico 15-3: Caudal vs WQI (febrero)	73
Gráfico 16-3: Caudal vs BMWP/Col (febrero).....	74
Gráfico 17-3: Caudal vs ABI (febrero)	74
Gráfico 18-3: Caudal vs WQI (marzo).....	75
Gráfico 19-3: Caudal vs BMWP/Col (marzo).....	75
Gráfico 20-3: Caudal vs ABI (marzo).....	75

INDICE DE ANEXOS

Anexo A.	Ficha de campo.....
Anexo B.	Ficha de campo para evaluar el índice QBR.....
Anexo C.	Ficha de campo para evaluar el índice IHF.
Anexo D.	Hoja de registro y evaluación del índice BMWP/COL
Anexo E.	Hoja de registro y evaluación del índice ABI.....
Anexo F.	Hoja de campo para evaluar el punto de referencia en ríos andinos.
Anexo G.	Hoja de campo para evaluar el índice QBR en la zona andina.
Anexo H.	Hoja de datos para el aforo de fuentes hídricas superficiales.....
Anexo I.	Hoja de cálculo de exel para determinar el caudal.....
Anexo J.	Perfil de río.....
Anexo K.	Informe de laboratorio cestta PUNTO 1.
Anexo L.	Informe de laboratorio cestta PUNTO 2.....
Anexo M.	Informe de laboratorio cestta PUNTO 3.....
Anexo N.	Informe de laboratorio cestta PUNTO 4.....
Anexo O.	Datos meteorológicos.....
Anexo P.	Microcuenca del río Chimborazo.....
Anexo Q.	Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo del área de estudio.....
Anexo R.	Mapa de zonas de vida del área de estudio.....
Anexo S.	Mapa de calidad del agua del área de estudio según el índice BMWP/COL
Anexo T.	Mapa de calidad del agua del área de estudio según el índice ABI.....
Anexo U.	Mapa de calidad del agua del área de estudio según el índice WQI.....
Anexo V.	Mapa de usos y autorizaciones de agua de la zona de estudio.
Anexo W.	Puntos de monitoreo.....
Anexo X.	Influencia antropogénica y vertientes subterráneas.....
Anexo Y.	Microhábitats.....
Anexo Z.	Muestreo de macroinvertebrados.....
Anexo Aa.	Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio.
Anexo Bb.	Familias de macroinvertebrados acuáticos recolectados en la investigación.
Anexo Cc.	Medición de caudales en campo.
Anexo Dd.	Toma de parámetros en campo.....
Anexo Ee.	Toma de muestras de agua.....

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad del agua en la microcuenca del río Chimborazo a través de macroinvertebrados acuáticos, para este propósito se utilizó el índice biological monitoring working party de Colombia (BMWP/CoI) y el Andean Biotic Index (ABI), también se evaluó la calidad del agua mediante el índice de parámetros físico- químicos Water quality index (WQI), adicionalmente se analizó el hábitat en las zonas de muestreo a través del Riparian Forest Quality index (QBR) y Andean Riparian Forest index (QBR-And) y el índice del hábitat fluvial (IHF), así como también la diversidad existente con el índice alpha Shannon-Wiener y el índice beta Jaccard y se midió el caudal. Durante la investigación se realizaron 5 muestreos mensuales en 4 diferentes puntos de monitoreo, 3 ubicados dentro de la microcuenca del río Chimborazo, el punto 1 ubicado en la quebrada Totorillas, el punto 2 en el sector Loma Yanarrumi, el punto 3 en el sector Calera San Francisco y un último punto aguas abajo en la microcuenca drenajes menores en el río Chimborazo en el puente Cemento Chimborazo. La recolección de macroinvertebrados se realizó utilizando una red Surber, los parámetros físicos el agua como pH, conductividad, porcentaje de oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, temperatura del agua se determinaron in situ, y los parámetros como turbiedad, nitratos, fosfatos, Demanda bioquímica de oxígeno (5 días), Coliformes fecales se analizaron en el Centro de Servicios técnicos y transferencia tecnológica ambiental (CESTTA) de la ESPOCH, y el caudal se midió con un molinete SEBA.

Al terminar el estudio se evidencio que los 2 índices bióticos coincidían en sus resultados dando una calidad buena en el primer punto (ABI= 68.8) (BMWP/CoI= 63.2), y regular en los puntos de monitoreo restantes, con los índices ABI (punto 2= 35.2, punto 3= 37.8, punto 4= 42) y BMWP/CoI (punto 2=39, punto 3= 44.6, punto 4= 50.8), los índices biológicos presentaron diferentes resultados en cada zona con los índice QBR Y QBR Andean (punto 1= 85, punto 2= 55, punto 2 marzo=45, punto 3= 0, punto 4= 40) e IHF (punto 1= 50, punto 2= 62, punto 2 marzo= 64, punto 3= 49, punto 4=65), la aplicación de los índices de diversidad muestra que el punto 1(2.209) y punto 2(2.410) poseen una diversidad normal y el punto 3(1.432) y punto 4(1.785) baja diversidad biológica según el índice de Shannon-Wiener y según el índice de Jaccard todos los puntos comparten ciertas familias entre sí, con el Water Quality Index se evidenció un resultado de buena en todos los puntos de monitoreo (punto 1= 86 punto 2= 73.4, punto3= 73.2, punto 4= 71.6).

La microcuenca del río Chimborazo después de la aplicación de los índices biológicos en general presenta una calidad de agua regular, por lo cual es importante establecer un plan de manejo para la protección y conservación de la microcuenca y verificar su cumplimiento.

PALABRAS CLAVES:

<ANDEAN BIOTIC INDEX [ABI]> <BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY/COL [BMWP/CoI]> <CALIDAD DEL AGUA> <ÍNDICE DE DIVERSIDAD ALPHA [SHANNON-WIENER]> < ÍNDICE DE DIVERSIDAD BETA [JACCARD]> <ÍNDICE DEL HÁBITAT FLUVIAL [IHF]> <MACROINVERTEBRADOS> <MICROCUEENCA DEL RÍO CHIMBORAZO> < RIPARIAN FOREST QUALITY INDEX [QBR]> <WATER QUALITY

ABSTRACT

This research was to determine the water quality in the watershed of Chimborazo river through the aquatic macro invertebrates, for this purpose the Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) Colombia Index and Andean Biotic Index (ABI) was used, it is also evaluated the water quality through the physical – chemical parameters index Water Quality Index (WQI) further, the habitat in the sampling areas was evaluated through the Riparian Forest Quality Index (WQI); further, the Andean Riparian Forest Quality Index (QBR-And) and River Habitat Index (RHI), as well as the alpha Shannon-Wiener Index and beta Jaccard index and the flow rate was measured. During the investigation five monthly samples were taken in 4 different monitoring points, 3 located within the watershed of the river Chimborazo, the point 1 was located in Totorillas gorge, the point 2 in Loma Yanarrumi sector, the point 3 in Calera San Francisco sector and one last point downstream in the lower watershed drains in the river in Chimborazo in the Cemento Chimborazo bridge. Collecting macro invertebrates was performed using a Surber net, the physical parameters of water as pH, conductivity, percent dissolved oxygen, total dissolved solids, water temperature were determined in situ, and parameters such as turbidity, nitrates, phosphates, biochemical demand oxygen (five days), fecal coliforms were analyzed at the Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA) of ESPOCH, and the flow rate was measured with a SEBA windlass.

Upon completion of the study showed that the 2 biotic indexes coincide in their results giving good quality at the first point (ABI= 68.8) (BMWP/Col= 63.2), and regular monitoring remaining points with the indexes ABI (point 2= 35.2, point 3= 37.8, point 4= 42) and BMWP/Col (point 2= 39, point 3= 44.6, point 4= 50.8), biological indexes showed different results in each area with the QBR index and Andean QBR, (point 1= 85, point 2= 55, point 2 march= 45, point 3= 0, point 4= 40) and RHI (point 1= 50, point 2= 62, point 2 march= 64, point 3= 49, point 4= 65), the application of diversity indexes shows that in the point 1 (2,209) and point 2 (2.410) has a normal diversity and the point number 3 (1.432) and point 4 (1.785) low biological diversity by the Shannon Weiner and according to Jaccard index points all share certain families together with the Water Quality Index good an outcome was evident in all monitoring points (point 1= 86, point 2= 73.4, point 3= 73.2, point 4= 71.6)

The watershed of the Chimborazo River after application of biological indexes in general has a regular water quality, so it is important to establish a management plan for the protection and conservation of the watershed and verify compliance.

KEYWORDS:

ANDEAN BIOTIC INDEX (ABI), BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY/COL (BMWP/Col), BIOLOGICAL DIVERSITY ALPHA (SHANNON WIENER), DIVERSITY INDEX BETA (JACCARD), RIVER HABITAT INDEX (RHI) MACROINVERTEBRATES, WATERSHED OF CHIMBORAZO RIVER, RIPARIAN FOREST QUALITY INDEX (QBR), WATER QUALITY INDEX (WQI)

INTRODUCCIÓN

El agua es la principal fuente de vida en el planeta, la cual puede presentarse abundante en ciertos lugares mientras que en otros se vuelve insuficiente. En su totalidad corresponde el 97,5% a agua salada y apenas el 2,5% sobrante pertenece a agua dulce, de este porcentaje el 69% se encuentra en estado sólido, el 30% se encuentra en aguas subterráneas y tan sólo el 1% disponible en la superficie.

El agua dulce hoy en día se encuentra muy amenazada, estudios muestran que el 0,007% está disponible para uso humano, de esta porción depende el desarrollo vital. (JUMAPAM. <http://jumapam.gob.mx/cultura-del-agua/distribucion-de-agua-en-el-planeta/>)

Actualmente, el tema de la calidad del agua requiere mayor preocupación tanto para los habitantes como para la realización de sus actividades diarias. Según la Organización Mundial de la Salud: La preservación de la calidad del agua dulce es trascendental para el agua consignada al consumo, la producción de suministros alimenticios y el uso recreacional. (OMS. <http://www.who.int/topics/water/es/>). Conservar el agua requiere de estudios y análisis constantes con los cuales se determina si la calidad del agua es apropiada para el consumo.

La calidad del agua ya sea superficial o subterránea puede verse afectada tanto por la acción humana como por efecto natural. Según la Organización Mundial de la Salud:

“A nivel global, el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes y afecta sustancialmente a los usos del agua. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas, de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales...” (UNWATER. <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>)

La contaminación del agua se relaciona directamente con la calidad de la misma, esta se ve influenciada por la presencia de agente naturales así como también por la intervención del hombre en la naturaleza.

La calidad del agua es de preocupación global ya que la contaminación del recurso hídrico cada vez se vuelve más agravante. Según la ONU: Diariamente, se vierten millones de toneladas de aguas contaminantes que no se someten a un tratamiento adecuado así como residuos de origen industrial y agrícola a las aguas alrededor del mundo. Cada año las fuentes hídricas reciben un aporte de

contaminación que equivale al peso de toda la población del mundo con un total cercano 7.000 millones de personas. La contaminación del agua afecta a los ecosistemas que mantienen la salud de los seres humanos, la producción de comestibles así como también la biodiversidad. (ONU. http://www.un.org/es/events/waterday/wwd_waterquality.shtml)

Una óptima calidad del agua es fundamental para que los seres vivos tengan una mejor calidad de vida.

La calidad del agua en el Ecuador se encuentra fuertemente amenazada, las fuentes superficiales se encuentran contaminadas principalmente por vertidos domésticos, productos agrícolas, uso para abrevadero, la producción de petróleo y la actividad minera, entre otros desperdicios provenientes de la zona urbana, casi todos los ríos de nuestro país presentan altas cantidades de DBO, nitrógeno, y fósforo debido a plaguicidas, fertilizantes y biocidas, así como también agua salobre casi transformada en agua salina, presente en los deltas de ríos y en lagunas costeras, además la deforestación y las malas prácticas en la agricultura son responsables de la erosión incrementado la cantidad de sedimentos en los cauces naturales, en el Ecuador toda esta problemática representa ser perjudicial para la población y para los recursos hídricos. (Secretaría del Agua. <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>)(PNUMA.<http://www.pnuma.org/agua-miaac/CODIA%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS/PARTICIPANTES/Ecuador/CALIDAD%20AGUAS-ECUADOR.pdf>)

En la provincia de Chimborazo la población practica la agricultura como actividad principal siendo el clima un factor que favorece al desarrollo de los cultivos, los habitantes utilizan directamente el agua de fuentes hídricas para su regadío como uso principal entre otros el uso en abrevaderos, uso industrial, piscícola y para realizar sus actividades diarias.

La microcuenca del río Chimborazo está ubicada en la provincia de Chimborazo sus orígenes se encuentran en los deshielos del Nevado Chimborazo recogiendo en su trayecto descargas de varias actividades principalmente de la ganadería, agricultura y la industria láctea viéndose también amenazada por la deforestación ya que en esta zona los habitantes se encuentran extendiendo sus fronteras agrícolas siendo esta la actividad principal de los moradores del sector.

Esta problemática indica que el agua de cauces naturales tanto a nivel mundial como a nivel nacional y local se encuentra amenazada por la contaminación y el mal manejo de los recursos hídricos por lo que es necesario y conveniente realizar estudios de calidad del agua como la investigación propuesta para determinar el estado de las fuentes naturales y permitir recuperarlas o conservarlas.

OBJETIVOS

GENERAL:

- Determinar la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la microcuenca del río Chimborazo.

ESPECÍFICOS:

- Valorar la calidad del agua en la microcuenca del río Chimborazo mediante los índices biológicos BMWP/Col y ABI.
- Evaluar la diversidad de macroinvertebrados en el área de estudio.
- Estimar el índice de calidad del bosque de ribera (QBR) mediante cada uno de sus indicadores.
- Evaluar la diversidad del hábitat fluvial a través del índice IHF.
- Comparar los resultados obtenidos del método biológico BMWP/Col y ABI con los resultados físico-químicos y microbiológicos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es la superficie de terreno en la cual el agua que se reúne de la precipitación es transferida a zonas más bajas topográficamente, a través de un sistema de drenaje, éstas aguas se concentrarán en una zona que se le conoce como colector, el mismo que también realiza su descarga hacia cuencas cercanas, dependiendo el caso o también la descarga puede ser realizada hacia el océano. Los acuíferos y también las cuencas hidrográficas representan unidades fundamentales en hidrología. (BREÑA, Agustín., & JACOBO, Marco 2006. p.20.)

Una cuenca hidrográfica también conocida como drenaje de un río o de una masa de agua que tenga corriente o movimiento, se denomina al área que está dentro de un límite en el cual todas las aguas recogidas de la precipitación tomen una misma dirección.

Las cuencas hidrográficas son colectores naturales, mediante las mismas el agua que proviene de la lluvia se recoge en un solo punto mediante el proceso de escurrimiento, durante este proceso ocurren ciertos procesos que dan como resultado pérdidas del agua que se obtiene durante las precipitaciones, los principales procesos que ocurren son la percolación o filtración del agua a niveles inferiores del suelo, así como también evaporación del líquido al tener contacto con la superficie, y por la temperatura.

Para que los procesos de movimiento de masas de agua ocurran se necesita de la interacción de algunos factores entre los cuales destacan el clima de las zonas en donde se encuentran los cuerpos de agua y las características fisiográficas, es decir la topografía de la zona lo que tendrá influencia directa en el escurrimiento del agua. (JIMÉNEZ, Henry. 1986. pp. 10,11)

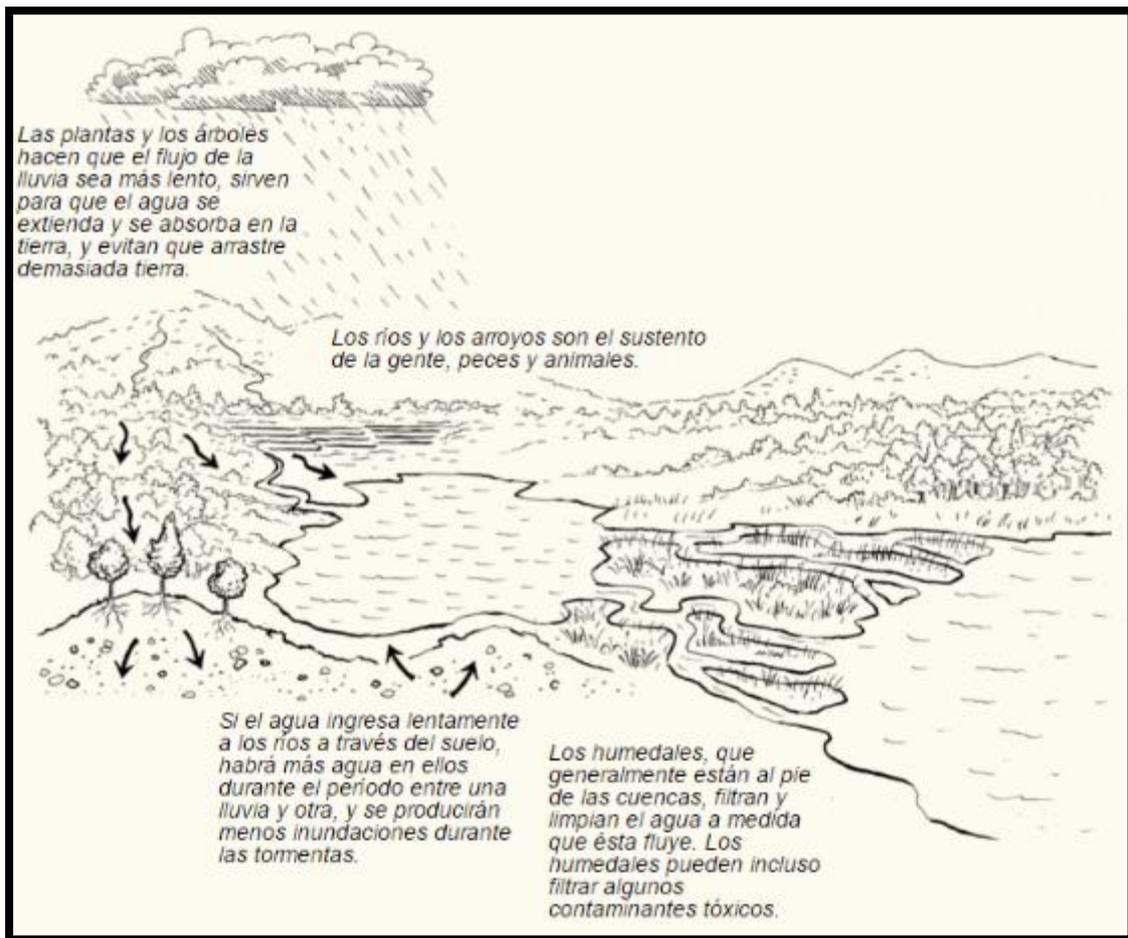


Ilustración 1-1: Cuenca Hidrográfica

Fuente: (CONANT, Jeff., & FADEM, Pam.2011. p. 156)

1.1.1. Límites de una cuenca hidrográfica

Dado que la cuenca hidrográfica depende de la topografía de la zona y de las diferencias de altura que presente el terreno en donde se realizarán los escurrimientos, sus límites estarán dados por estos mismos determinantes, Los límites de una cuenca serán las partes altas alrededor del cauce, estas zonas de mayor elevación a más de ser el límite de las cuencas sirven como división entre las cuencas que están aledañas, por lo que también reciben el nombre de divisorias o también, divorcios de agua. Estas líneas de división están alrededor del río principal de la cuenca, y únicamente tienen interacción con el río en el punto de desagüe o de colección. (TORRES, Miryam. 1998. p.140)



Ilustración 2-1: Línea divisoria de agua en una cuenca hidrográfica
Fuente: (ERRÁZURIZ, Ana. 1998. p. 114)

1.1.2 Partes de una cuenca hidrográfica

En consideración del área de una cuenca hidrográfica se pueden diferenciar tres partes:

1.1.2.1 Parte Alta o de recepción

Representada por su alto relieve, esta área se encuentra amenazada en un alto porcentaje por erosión regresiva y la generación de derrumbes. (JIMÉNEZ, Henry. 1986. pp. 10,11)

1.1.2.2 Garganta

Es la transición entre la parte alta y la parte más baja como el valle, donde presenta un encausamiento del río principal. (JIMÉNEZ, Henry. 1986. pp. 10,11)

1.1.2.3 Lecho o cono de eyección

El río principal es conducido hasta la parte baja de la cuenca cuando las fuentes naturales varían su cauce como efecto de alteraciones como la erosión y consecuentemente de la sedimentación

inducidos por las crecientes. (JIMÉNEZ, Henry. 1986. pp. 10,11)

1.1.3 Tipos de cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas se clasifican en cuatro tipos:

- Exorreicas
- Endorreicas
- Arreicas
- Criptorreicas

Esta clasificación se da por los puntos en donde desembocan los ríos, a continuación se detalla cada una de las mismas. (DE LA LANZA, Guadalupe., et al. 1999. p. 93.)

1.1.3.1 Cuenca Exorreica

Se define como la cuenca donde la fuente principal desemboca en el mar. (DE LA LANZA, Guadalupe., et al. 1999. p. 93.)

1.1.3.2 Cuenca Endorreica

Se conceptualiza como cuencas formadas por afluentes que tienen como punto de desagüe lagunas o charcas, esto indica que en cuerpos de agua que no tienen conexión con los puntos de desagüe de las cuencas exorreicas. (DE LA LANZA, Guadalupe., et al. 1999. p. 93.)

1.1.3.3 Cuenca Arreica

Resulta complejo determinar su desembocadura, ya sea porque tienen altos niveles de evaporación, lentos escurrimientos, o el agua filtra en el terreno antes de llegar a redes de drenaje mayores, generalmente estas cuencas ocurren en arroyos, y con volúmenes de agua pequeños, estas cuencas no tienen desembocadura en ríos o cuerpos de agua importantes. (DE LA LANZA, Guadalupe., et al. 1999. p. 93.)

1.1.3.4 Cuenca Criptorreica

Consiste en un territorio de drenaje subterráneo que no muestra una red de drenaje determinada, lo que indica que las corrientes de agua se desvanecen de forma espontánea. (DE LA LANZA, Guadalupe., et al. 1999. p. 93.)

1.1.4 Elementos que integran una cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica está constituida por elementos puntuales que pueden identificarse en la misma y que resultan de gran utilidad como son:

- Río principal
- Afluentes
- Relieve
- Obras humanas (GONZÁLEZ, Javier. 2009. pp. 7,8)

1.1.4.1 Río principal

Se define como río principal al curso de agua dentro del área de la cuenca, que presente mayor caudal, el mismo que puede ser medio o máximo, o que posea la mayor longitud o mayor área de drenaje en una cuenca. (GONZÁLEZ, Javier. 2009. pp. 7,8)

1.1.4.2 Afluentes

Son todos los ríos que desaguan o desembocan en el río que se considere como río principal, se consideran ríos secundarios, y cada uno de ellos tiene una respectiva cuenca denominada subcuenca. (GONZÁLEZ, Javier. 2009. pp. 7,8)

1.1.4.3 Relieve de la cuenca

Éste parámetro se considera por los valles presentes en el área de la cuenca, y considera los valles que son principales y secundarios, así como también quebradas, mesetas, torrentes, montañas y sus respectivos flancos.

El relieve de la cuenca considera las formas de altos y bajos relieves así como también la red fluvial presente. (GONZÁLEZ, Javier. 2009. pp. 7,8)

1.1.4.4 Obras humanas

Son todas las construcciones realizadas por el hombre en el área de la cuenca, entre las que destacan asentamientos humanos, obras para riego, cultivos, sistemas para obtención de energía, y vías de comunicación. (GONZÁLEZ, Javier. 2009. pp. 7,8)

1.2 Monitoreo en ríos

El monitoreo de un río se fundamenta en evaluar las variaciones o cambios en el ecosistema de un río, para lo cual es importante tomar información de distintas partes del río, de esta forma se puede comparar la calidad del agua en la parte inicial y aguas abajo o de acuerdo con las actividades influyentes. (CARRERA, Carlos., & FIERRO, Karol. 2001. 67 p.)

1.2.1 Representatividad

Una muestra es representativa cuando las variables de la muestra tienen las mismas características del río en general, es decir cuando representan la situación real del río, el mismo, debe tener una mezcla completa en el momento de muestreo, generalmente las tomas de medidas se deben realizar en zonas que sean homogéneas, para lo cual se realizan tomas aguas abajo donde el río presenta mejores características, el análisis de los puntos de muestreo para que exista la homogeneidad de la que se habla se debe realizar previamente a la selección de los mismos para obtener resultados adecuados sin los problemas anteriormente mencionados. (INGA, Carlos. 2009. pp. 10-15)

1.2.2 Facilidad de acceso

Para tomar muestras de agua se necesitan equipos e implementos con los cuales se debe acceder a los sitios de muestreo, por lo que el mismo debe brindar accesibilidad, se debe poder llegar fácilmente con los equipos necesarios, tener comodidad para el análisis in situ si fuera requerido, esto ayuda a tomar más muestras, tener mayor precisión, etc. En general el lugar de muestreo debe brindar todas las facilidades para el experimentador de forma que el muestreo presente mejores resultados. (INGA, Carlos. 2009. pp. 10-15)

1.2.3 Seguridad

Al momento de tomar muestras de agua, hay que considerar los factores de riesgo en los lugares donde se procederá a muestrear, en general se debe considerar no exponer la integridad del experimentador, y no exponerse a situaciones donde puedan ocurrir situaciones riesgosas.

Si no quedara alternativa y habría que tomar locaciones donde se presenten peligros, hay que tomar todas las medidas y usar los equipos e implementos de seguridad acorde al lugar donde se realice el muestreo. (INGA, Carlos. 2009. pp. 10-15)

1.2.4 Localización de los sitios de muestreo

Para realizar muestreos en ríos se debe considerar que en donde se haga la toma de muestras debe ser en sitios en donde ocurran las situaciones de interés, es decir si se busca el análisis comparativo del agua con determinada legislación se deben buscar los puntos en donde se altere más la calidad, es decir buscar los puntos donde se brinden características de interés al estudio que se esté realizando. (INGA, Carlos. 2009. pp. 10-15)

1.3 Caudal

Es la cantidad de agua que recorre por un tramo definido en relación con el tiempo, como en un río. El caudal puede ser expresado en unidades de masa o de volumen. (GUILLÉN, Antonio. 1993. P. 10,11)

1.3.1 Métodos de Medición de Caudal

Los principales métodos de medición de caudales son:

- Volumétrico
- Dilución con trazadores
- Relación área velocidad
- Relación área pendiente
- Limnígrafos
- Vertederos de aforo (FAO. <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>)

1.3.1.1 Método volumétrico

Es uno de los métodos que presenta mayor facilidad y básicamente es un método que consiste en medir el tiempo que toma llenar determinado recipiente del cual conozcamos su volumen.

Para la aplicación de éste método se deben realizar varias pruebas y posteriormente realizar un promedio y el valor obtenido será el más cercano a la realidad. (FAO. <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>)

1.3.1.2 Método velocidad área (molinete y flotador)

1.2.1.2.1 Método de flotadores

Son métodos muy fáciles de realizar pero también son bastante imprecisos, éste método se utiliza cuando los datos no requieran altos niveles de confianza y precisión.

Se deja caer un cuerpo flotante en una zona del río, y luego se toma el tiempo que toma en atravesar una distancia conocida por el investigador, el dato obtenido será utilizado en la ecuación de continuidad para de esa forma conocer la velocidad, con la velocidad y área conocidas se obtiene el valor del caudal. (FAO. <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>)

1.2.1.2.2 Método de molinete

La situación en la que se considera el molinete para medir la velocidad de la corriente, se da cuando se considera una partícula que hace girar la hélice de un aparato, recorre una cantidad medible de revoluciones la cual será transformada a una distancia plana, una forma de comprender mejor este mecanismo es suponer que se deja estática el agua y se hace rodar al molinete sobre la superficie del río obteniendo una distancia en giros de la hélice del aparato. (FAO. <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>)

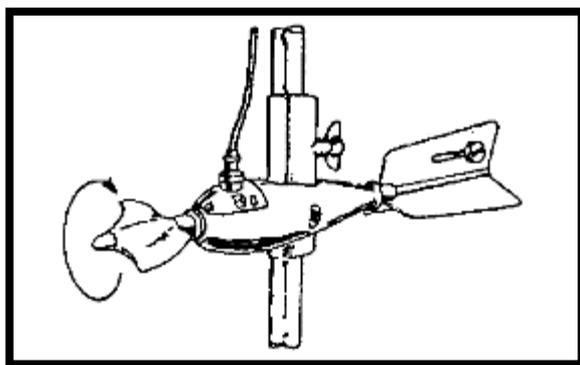


Ilustración 3-1: Hélice del molinete

Fuente: (FAO. <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>)

1.3.1.3 Método de dilución con trazadores

Éste método es aplicado en corrientes que son excesivamente fuertes, o de caudales de gran volumen, también se utiliza cuando se encuentran una serie de dificultades o problemas para aplicar otros métodos de medición de caudal.

Un trazador es una sustancia química que se arrastra a la par con el río, el análisis químico del agua permite usarlo para determinar a qué velocidad se mueve este elemento en la corriente de un río.

Los trazadores deben ser especies que no sean absorbidas por los elementos del río, y que tampoco tengan interacciones o reacciones químicas en el agua, y tampoco deben ser tóxicos, también deben ser de fácil detección, y ya que su uso es experimental deben representar costos bajos económicamente.

Existen 3 tipos de trazadores:

- Químicos
- Radioactivos y,
- Fluorescentes

Uno de los principales y más comunes trazadores utilizados es la sal común.

Éste método tiene 2 formas de aplicación.

- Inyección súbita
- Inyección a caudal constante (FAO. <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>)

1.3.1.4 Método relación área- pendiente

Éste método también se utiliza en cauces de ríos que son bastante considerables, y tiene como principio básico utilizar las marcas que dejan las crecientes en las zonas externas del río, cuando el caudal tiene variaciones, las zonas a donde llega el río se modifican y sirven para la medición de caudales donde no existe instrumentación, este método se considera únicamente para realizar estimaciones. (FAO. <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>)

1.3.1.5 Limnigrafos

Este método se basa en la utilización de curvas de gastos previamente conocidas en experimentaciones previas, con este elemento conocido el único parámetro necesario es la altura de la lámina de agua, la cual únicamente es medida y utilizada en la curva y las ecuaciones anteriormente mencionadas para así obtener los valores de caudal. (FAO. <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>)

1.3.1.6 Vertedero de aforo

Un vertedero es una barrera vertical no muy ancha que tiene una cresta afilada, esta se ubica en el cauce de agua de interés, para utilizar este instrumento para la medida de flujos se necesitan datos como la carga hidráulica, el tirante de agua, etc. Y utilizar las ecuaciones proporcionadas por el tipo de vertedero que se esté utilizando y así obtener valores de caudal. (FAO. <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>)

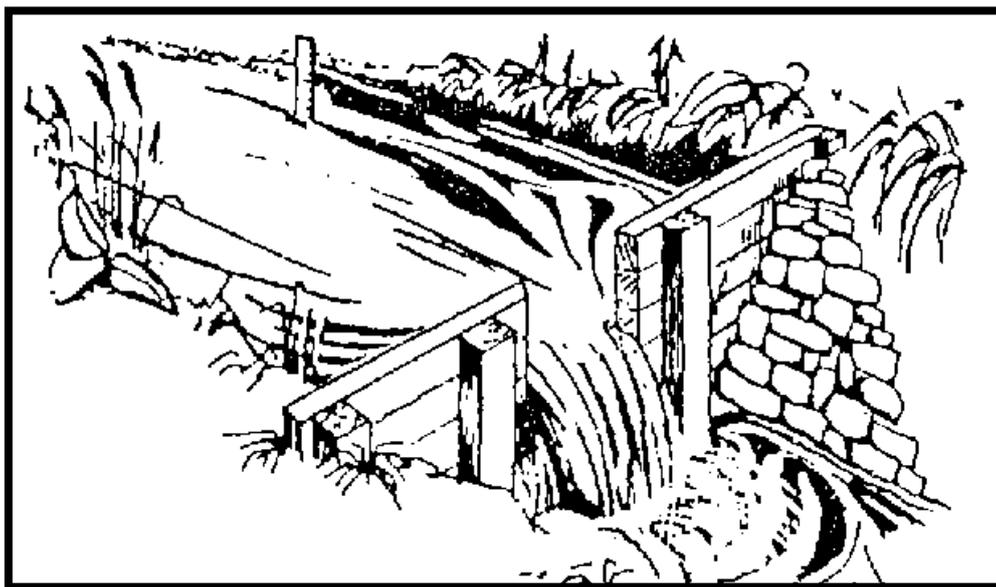


Ilustración 4-1: Vertedero Rectangular

Fuente: (FAO. <http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>)

1.4 Contaminación del agua

Consiste en la alteración de las características del agua ocasionada por el hombre como consecuencia de las actividades contaminantes convirtiéndola en impropia para consumo de los humanos y demás formas de vida incluyendo su uso en distintas actividades diarias. La contaminación del agua puede ser tanto directa como indirecta. (OROZCO, Carmen., et al. 2003. p. 63)

1.4.1 Causas de la contaminación del agua

Determinados organismos como parásitos, virus, bacterias, procedentes de restos orgánicos, consiguen un acercamiento con el agua.

Los residuos que demandan oxígeno: unos desperdicios son descompuestos por la acción de bacterias que utilizan oxígeno para biodegradación. Cuando existen magnas poblaciones de dichas bacterias pueden alcanzar que el oxígeno se agote en el agua, eliminando toda la vida acuática.

Las sustancias de origen químico e inorgánico como ácidos y metales de determinadas clases infectan el agua.

Las sustancias de origen químico e orgánico como hidrocarburos, plásticos, productos agrícolas y detergentes amenazan la vida en el agua.

Los nutrientes de origen vegetal pueden producir el incremento descomunal de plantas acuáticas. Las mismas que mueren y se degradan acabando con el oxígeno del agua e induciendo la muerte de varias especies habitantes del agua.

El principal origen de la contaminación procede de los depósitos o material en suspensión que confieren turbidez al agua.

El incremento de la temperatura reduce la total de oxígeno en el agua, quebrantando la conservación de los organismos acuáticos. (INSPIRATION. <https://www.inspiration.org/cambio-climatico/contaminacion/contaminacion-del-agua>)

1.4.2 Fuentes de contaminación del agua

Las fuentes principales de acuerdo a su origen pueden ser:

- Urbanas
- Industriales
- Agropecuarias
- Naturales

1.4.2.1 Fuentes urbanas

Hace referencia a los vertidos de aguas residuales provenientes de la población, esta es una de las fuentes más representativas, en algunos casos estos vertidos se realizan directamente al río o en fosas sépticas. Toda la población debe tener un sistema de alcantarillado para que esta fuente de

contaminación sea controlable. (RAMOS, Raudel., et al. 2004. pp. 40-44.)

1.4.2.2 Fuentes Industriales

Son los vertidos originados por el sector industrial al convertir o extirpar materiales para compensar al ser humano. Estas descargas pueden provenir de distintas industrias y sus componentes dependerán de los métodos empleados pudiendo contener contaminantes como: metales pesados, grasas, materia orgánica e inorgánica, material radioactivo, etc. (RAMOS, Raudel., et al. 2004. pp. 40-44.)

1.4.2.3 Fuentes Agropecuarias

Son aquellas que provienen de la crianza de ganado así como también de escorrentías provenientes del transporte de restos fecales y elementos químicos del suelo, aplicados en agricultura debido a que se utilizan productos para mejorar esta actividad, las escorrentías ocurren especialmente en la época de lluvia. (RAMOS, Raudel., et al. 2004. pp. 40-44.)

1.4.2.4 Fuentes Naturales

Esta contaminación se debe a causas naturales como producto de la erosión o el arrastre de la zona pantanosa hacia el cauce principal producido por las crecidas naturales, es significativo indicar que todas las fuentes de agua natural presentan un grado de contaminación con el solo hecho de presencia de organismos en ellas por la presencia de una cantidad de nutrientes. (RAMOS, Raudel., et al. 2004. pp. 40-44.)

1.4.3 Principales contaminantes del agua

Los contaminantes microbiológicos así como también los orgánicos, son elementos que no pueden ser detectados fácilmente por el sentido humano, estos contaminantes pueden pasar desapercibidos, si no se da un proceso de enfermedades o epidemias a causa del agua en comunidades humanas, el agua puede estar contaminada con todos los desechos generados de las actividades humanas, como pesticidas, fertilizantes, químicos, estos químicos causan una serie de problemas en el cuerpo humano y su fisiología.

Por lo que se tienen generalmente como contaminantes principales del agua, los antes mencionados biológicos y químicos, los contaminantes biológicos se determinan acorde a su origen y a estudios de evaluación de los patógenos presentes, y los contaminantes químicos basados en análisis, se

cuenta con una lista de los contaminantes más comunes, entre los cuales están:

- Alteraciones de pH
- Aluminio
- Amonio
- Arsenico
- Bario
- Cadmio
- Cloraminas
- Cromo
- Cobre
- Bacterias y virus
- Nitritos y nitratos
- Mercurio
- Perclorato
- Radio
- Selenio
- Uranio (Water Quality Association. <http://www.wqa.org/Learn-About-Water/Common-Contaminants>)

1.5 Calidad Biológica del agua.

Está fundamentada en los efectos producidos por los agentes contaminantes sobre los organismos acuáticos. Para esto se puede utilizar métodos basados en la existencia o ausencia de organismos, o en el nivel de tolerancia de los mismos ante ciertos contaminantes. (DE LA LANZA,Guadalupe. 2000. p.113)

1.5.1 Bioindicador

Es un organismo vivo cuyos rasgos se desarrollan de acuerdo al medio donde viven, las mismas que pueden variar en relación con las alteraciones ambientales.

Los bioindicadores pueden dar información acerca de las perturbaciones ambientales ya que son sensibles a estas y responden a estos estímulos, su capacidad de respuesta depende de la etapa de vida ya que los organismos más jóvenes son más sensibles mientras que los adultos presentan mayor resistencia, la constitución genética también es importante ya que algunos organismos pueden o no adaptarse al medio cambiante y responder más rápidamente o más lentamente a los

estímulos en comparación con otros. (CAPÓ, Miguel. 2007. pp. 139,140)

1.5.2 Macroinvertebrados acuáticos

Son organismos invertebrados que se pueden ver a simple vista, estos viven en agua dulce. Son buenos bioindicadores en la calidad del agua ya que ciertos macroinvertebrados viven en aguas más limpias y otros en aguas contaminadas. Se pueden encontrar en múltiples microhábitats y se alimentan de sangre de animales, peces, plantas acuáticas, otros macroinvertebrados, animales en descomposición, elementos del agua y del suelo. (CARRERA, Carlos., & FIERRO, Karol. 2001. 67 p.)

1.5.3 Microhábitat

Es una pequeña área la cual posee características específicas para el desarrollo de organismos, estas pueden ser humedad, sombra, luz y pueden presentarse otras con relación al relieve. Cada especie ocupa un microhábitat distinto o puede utilizar varios, esto puede ocurrir debido a su ciclo de vida, la época del año. (SÁNCHEZ, Óscar., et al. 2011. p.33.)

1.5.4 Índice BMWP/Col

El índice BMWP/Col es una modificación del índice BMWP aplicado para Colombia, es un índice biológico utilizado para valorar los hábitats acuáticos. (ROLDÁN, Gabriel. 2003. 175 p)

Este índice establece un rango de calidad desde muy crítica hasta buena teniendo como valor máximo un puntaje mayor a 150 y como mínimo un puntaje menor a 15.

Tabla 1-1: Rangos de calidad del agua asignados por el índice BMWP/Col y su color representativo.

Clase	Calidad	BMWP/COL	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	> 150 101-120	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	AZUL
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	VERDE
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	AMARILLO
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	NARANJA
V	Muy Crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	ROJO

Fuente: (ROLDÁN, Gabriel., & RAMÍREZ, John. 2008. p. 346)

1.5.5 Índice ABI

Es un índice biológico cuyo objetivo es evaluar la calidad del agua, se utiliza en ríos Andinos ubicados a una altitud mayor a 2000 m.s.n.m. Es de tipo cualitativo ya que evalúa la presencia o ausencia de familias de macroinvertebrados, lo que representa que es un método sencillo de poca inversión económica y se realiza en un corto tiempo. Su puntuación máxima es mayor a 96 y la mínima menor a 14. (ENCALADA, Andrea., et al. 2011. 83 p.)

Tabla 2-1: Puntajes para calidad del agua según el índice ABI

Calidad de Agua	Puntuación
Muy bueno	> 96
Bueno	59-96
Regular	35-58
Malo	14-34
Pésimo	< 14

Fuente: (ACOSTA, Raúl., et al. 2009. http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne28/L28a035_Calidad_rios_Andes_protocolo_CERA.pdf. pp. 35-64)

1.6 Calidad Ecológica de los ríos.

Se detalla como el análisis total del ecosistema del río como la zona de ribera, el lecho del cauce natural, la vida acuática, las particularidades hidrológicas y la morfología. (ENCALADA, Andrea., et al. 2011. 83 p.)

1.6.1 Importancia de la calidad ecológica de los ríos

Es de suma importancia estar al tanto de la calidad ecológica de un río, ya que permite conocer el estado del mismo e identificar inconvenientes con la contaminación y buscar medidas posibles para que los seres humanos favorezcan a optimizar la calidad del agua.

Es conveniente analizar las fuentes localizadas en la zona andina teniendo en cuenta que estos ríos de la parte alta al bajar recibe aportes de contaminación. (ENCALADA, Andrea., et al. 2011. 83 p.)

1.6.2 Zonas de vida

Son grupos en los cuales toman en cuenta la climatología, relieve, tipo de suelo, tales características definen el tipo de vegetación y fauna particular de un lugar determinado. Una zona

de vida puede proveer información para planificación agrícola, vivienda, ganadería, etc. (BUDOWSKI, Ricardo. p.1)

1.6.3 Índice QBR y QBR-And.

El índice QBR es utilizado para evaluar el bosque de la zona de ribera en cuencas mediterráneas este índice analiza cuatro componentes:

1.6.3.1 Grado de naturalidad del canal fluvial

Analiza si el cauce del río presenta modificaciones o alteraciones. (JAIMÉZ-CUÉLLAR, Pablo., et al. 2002. http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica_21v3-4_2002.pdf. pp 193-197)

1.6.3.2 Calidad de la cubierta vegetal

Evalúa el porcentaje de especies vegetales endémicas o introducidas presentes. (JAIMÉZ-CUÉLLAR, Pablo., et al. 2002. http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica_21v3-4_2002.pdf. pp 193-197)

1.6.3.3 Grado de cubierta de la zona de ribera

Cuantifica el porcentaje de la vegetación que cubre el sitio de la ribera y su conectividad con la vegetación adyacente. (JAIMÉZ-CUÉLLAR, Pablo., et al. 2002. http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica_21v3-4_2002.pdf. pp 193-197)

1.6.3.4 Estructura de la ribera

Es decir que porcentaje de especies vegetales componen la ribera. (JAIMÉZ-CUÉLLAR, Pablo., et al. 2002. http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica_21v3-4_2002.pdf. pp 193-197)

El QBR-And es una modificación del QBR ya establece lineamientos para evaluar a vegetación en la zona andina donde excluye la estructura de la cubierta y se considera especies vegetales propias de páramo como gramíneas, almohadillas, matorral. (ACOSTA, Raúl., et al. 2009. http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne28/L28a035_Calidad_rios_Andes_protocolo_CERA.pdf. pp. 35-64)

Tabla 3-1: Rangos de calidad acorde al índice QBR y QBR-And

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

Fuente: (ACOSTA, Raúl., et al. 2009.<http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne28/>

L28a035_Calidad_rios_Andes_protocolo_CERA.pdf. pp. 35-64)

1.6.4 Índice IHF

Este índice evalúa la variedad del medio fluvial teniendo en cuenta siete componentes su valoración máxima es mayor a 90 y la mínima menor a 30. Para su análisis considera:

1.6.4.1 Inclusión de rápidos

Considera el sustrato del lecho del río si está compuesto por piedras, gravas o cantos y en qué porcentaje estos se hallan adheridos al sedimento. (JAIMÉZ-CUÉLLAR, Pablo., et al. 2002. http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica_21v3-4_2002.pdf. pp 193-197)

1.6.4.2 Frecuencia de rápidos

Si existen rápidos presentes en las fuentes naturales. (JAIMÉZ-CUÉLLAR, Pablo., et al. 2002. http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica_21v3-4_2002.pdf. pp 193-197)

1.6.4.3 Regímenes de velocidad/profundidad

Analiza si existen rápidos o lentos de tipo profundos o someros. (JAIMÉZ-CUÉLLAR, Pablo., et al. 2002. http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica_21v3-4_2002.pdf. pp 193-197)

1.6.4.4 Porcentaje de sombra del cauce

Si el cauce del río se halla expuesto a la iluminación solar. (JAIMÉZ-CUÉLLAR, Pablo., et al. 2002. http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica_21v3-4_2002.pdf. pp 193-197)

1.6.4.5 Elementos de heterogeneidad

Presencia elementos que benefician el desarrollo de vida en las aguas. (JAIMÉZ-CUÉLLAR, Pablo., et al. 2002. http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica_21v3-4_2002.pdf. pp 193-197)

1.6.4.6 Cobertura de vegetación acuática

Presencia de algas y musgos, vegetación que reside en las aguas y está adyacente a las rocas. (JAIMÉZ-CUÉLLAR, Pablo., et al. 2002. http://www.limnetica.com/fulltext/Limnetica_21v3-4_2002.pdf. pp 193-197)

Tabla 4-1: Rangos de calidad acorde al índice IHF

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

Fuente: (ACOSTA, Raúl., et al. 2009. http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne28/L28a035_Calidad_rios_Andes_protocolo_CERA.pdf. pp. 35-64)

1.6.5 Índice de Shannon-Wiener

Es un método de diversidad alpha ya que valora la diversidad de especies de un ecosistema en específico, deducido a partir de las especies encontradas en un sitio. (MORENO, Claudia. 2001. p.21)

1.6.6 Índice de Jaccard o Coeficiente de Jaccard

Es un método de diversidad beta ya que calcula la variedad de especies entre algunos ecosistemas en función de las especies compartidas entre sitios. (MORENO, Claudia. 2001. p.21)

1.7 Calidad físico-química y microbiológica del agua

Esta calidad se relaciona con las variables físico-químicas y microbiológicas del agua y se estima de acuerdo a la aplicación de índices que contemplan dichos parámetros.

1.7.1 Índice WQI

Este índice fue desarrollado por la NSF (National Sanitation Foundation) de Estados Unidos el cual

para su evaluación considera 9 parámetros: pH, cambio de temperatura, turbidez, DB0₅, SDT, %OD, nitratos, fosfatos, Coliformes fecales. Considera como puntaje máximo 100 y como mínimo 0.

Tablas 5-1: Rangos de calidad del agua según el índice WQI

RANGOS	CALIDAD
91-100	Excelente
71-90	Buena
51-70	Media
26-50	Mala
0-24	Muy mala

Fuente: (Water Research Center, <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>)

1.7.1.1 pH

En general un agua con un pH menor a 7 es considerada acida y con un pH superior a 7 se considera básica, el rango normal para el agua en los sistemas del agua superficial va de 6.5 a 8.5 y para los sistemas subterráneos va de 6 a 8.5, la alcalinidad es una medida de la capacidad del agua de resistir un cambio en el pH que haría que el agua tienda a volverse acida, la medida de la alcalinidad y pH es necesaria para determinar la corrosividad del líquido

El pH del agua pura es 7 a 25 grados Celsius, pero cuando está expuesta al dióxido de carbono en la atmosfera este equilibrio resulta en un pH de aproximadamente 5.2, esto por la asociación del pH con los gases atmosféricos y la temperatura, es bastante recomendable que el agua sea analizada lo más pronto posible, el pH del agua no es una medida de la fuerza de la acidez o la basicidad de la solución y como un único parámetro medido no da ninguna imagen de las características o limitaciones de un suministro de agua.

Generalmente, un agua con un pH inferior a 6.5 puede ser acida, suave, y corrosiva, por lo tanto el agua puede lixiviar iones metálicos como hierro, manganeso, cobre, puede conducir el zinc de los acuíferos, un agua con pH bajo puede contener niveles elevados de metales tóxicos causando daños a las tuberías metálicas, y puede estar asociada a problemas como sabor metálico o agrio. Para evitar estos problemas, se utilizan neutralizadores de pH.

Un agua con pH superior a 8.5 puede indicar dureza en el agua, esto no sugiere riesgos a la vida pero causa una serie de problemas estéticas los cuales son por ejemplo:

- Generación de costras en las tuberías, haciendo que se pierda presión de agua en la salida, por la reducción del diámetro de las tuberías.
- Causa diferencias en el sabor del agua.
- Dificultades en la acción de detergentes y jabones. (Water Research Center. <http://www.water-research.net/index.php/ph>)

1.7.1.2 Temperatura

La temperatura es un parámetro crítico de la calidad del agua y del ambiente porque la temperatura tiene afectación directa en los tipos y formas de vida acuática, regula el oxígeno disuelto, e influencia en las reacciones químicas y biológicas.

Los organismos que están en los ecosistemas tienen regímenes de temperaturas preferentes en función de la estación, edad del organismo, etapa de vida, y otros factores ambientales, con respecto a las reacciones químicas y metabólicas.

Las variaciones estacionales de temperatura en la corriente pueden ser causada por el cambio de temperatura del aire, ángulos del sol, eventos meteorológicos, y un sinnúmero de aspectos físicos relacionados a la corriente y al lecho de agua, estas características incluyen origen de la corriente, velocidad tipos de vegetación y de coberturas, configuración de la corriente, uso de suelo, etc.

En corrientes de agua tibias las temperaturas no deben exceder los 89 grados Fahrenheit, las corrientes de agua fría no deben exceder los 68 grados Fahrenheit, regularmente el calor del verano causa muertes en peces ya que se limita la cantidad de oxígeno disponible. (Water Research Center. <http://www.water-research.net/index.php/stream-water-quality-importance-of-temperature>)

1.7.1.3 Turbidez y Sólidos disueltos totales

La turbidez es la reducción de claridad en el agua dada la presencia de partículas coloidales suspendidas, la turbidez es medida por la cantidad de luz que es reflejada por las partículas.

La turbidez es comúnmente usada como un indicador para el consumo de agua, es un parámetro de calidad fácil de medir. La turbidez en el agua es causada por materia suspendida como arcilla, limo, y materia orgánica como plancton y otros organismos microscópicos que interfieren con el paso de luz a través del agua.

La turbidez esta cercanamente relacionada con los sólidos disueltos totales (SDT) pero también incluye el plancton y otros organismos, la turbidez del agua natural tiende a aumentar por eventos de escorrentías, de aumento de caudales y erosión.

Las partículas suspendidas o partículas coloidales comúnmente están referidos como solidos suspendidos, son todos los sólidos extremadamente pequeños que están suspendidos en el agua y que no han sido arrastrados por la gravedad.

Los sólidos suspendidos se miden en una muestra y son las partículas que no pasan a través de un filtro muy fino de usualmente 0.45 micrones, el filtro es pesado previamente a pasar el agua y luego de este proceso se lo vuelve a pesar, la diferencia entre los pesos, es la cantidad de materia sólida que se encontraba presente en el agua.

La turbidez como un parámetro en solitario no tiene ninguna relación con la salud, pero valores altos de turbidez pueden dificultar la desinfección y se torna más fácil un desarrollo microbiano que puede acarrear patógenos.

Uno de los principales factores que infiere en la turbidez son los sólidos disueltos totales por las razones ya antes explicadas

Las corrientes con alto flujo también tienen influencia directa sobre la turbidez en el agua, un agua que corre a mayor velocidad y que tiene mayor volumen de agua en sí misma, tiene a arrastrar una mayor cantidad de partículas que obstruirán el paso de la luz a través del agua.

La erosión y los disturbios presentados en la superficie terrestre pueden afectar en la turbidez del agua dado que las partículas erosionadas pueden ser arrastradas por el agua de lluvia al agua superficial.

Las actividades antropogénicas también pueden enviar partículas al agua que tengan afectación en la turbidez.

Las aguas negras también influyen en la medición de la turbidez en las aguas, los materiales desechados en las aguas negras son enviados a los cuerpos receptores de agua en donde esta materia aumenta la turbidez encontrada en el líquido vital.

Todos los elementos orgánicos que se encuentran en los sistemas ecológicos cercanos a corrientes acuáticas como descomposición de animales, o elementos de desecho naturales contribuyen al

incremento de valores de turbidez. (Water Research Center. <http://www.water-research.net/index.php/stream-water-quality-importance-of-total-suspended-solids-turbidity>)

1.7.1.4 Nitratos

El nitrógeno es esencial para todas las formas de vida como un componente de proteína, el nitrógeno existe en la naturaleza en varias formas y se mueve mediante el ciclo del nitrógeno, sin embargo las excesivas concentraciones de nitrógeno en formas de nitritos o nitratos en agua de consumo puede resultar peligroso para la salud, especialmente para niños y mujeres en periodo de gestación. (Water Research Center. <http://www.water-research.net/index.php/nitrate>)

1.7.1.5 Fosfatos

Los fosfatos ingresan al agua de los desechos humanos y animales, efluentes industriales, lavandería, limpieza, fertilizantes, etc.

Los fosfatos pueden acelerar el proceso de eutrofización que es el envejecimiento natural de un cuerpo de agua como puede ser una bahía o un lago, el resultado de este proceso es el crecimiento excesivo de plantas, por la abundancia de nutrientes en el agua. Las plantas crecen más rápido de lo que se descomponen, la materia orgánica de las plantas en descomposición con los sedimentos va componiendo el fondo del cuerpo de agua y lo van aumentando. Esto va reduciendo el volumen de agua, y aumentando el fondo del cuerpo de agua haciéndolo más delgado, normalmente este proceso toma miles de años.

Este proceso se acelera por los elementos químicos que adiciona el hombre al agua, esto hace que los cuerpos de agua envejezcan mucho más rápido. (Water Research Center. <http://www.water-research.net/index.php/phosphates>)

1.7.1.6 Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto en una corriente puede variar desde 0 a 18 mg/l, las lecturas superiores a 18 mg/l son imposibles.

El oxígeno disuelto se encuentra en el agua por la difusión de la atmosfera, aireación del agua en su flujo en las caídas y rápidos, así como también como producto de la fotosíntesis

El oxígeno disuelto es afectado por varios factores, por ejemplo, los niveles bajos de OD en agua de corriente pueden estar causados porque el agua tiene elevada temperatura, la actividad molecular

es incrementada en el agua tibia, empuja a las moléculas de oxígeno fuera de los espacios de las moléculas de agua en movimiento, un nivel bajo de OD también puede ser indicador de gran cantidad de bacterias y un monto excesivo de DBO.

Un tercer factor que puede ser una razón para tener OD bajo, son los fertilizantes provenientes de los cultivos, ya que estos fertilizantes causaran mayor crecimiento en las plantas acuáticas, lo que hará el agua obscurecerse, y también saturara la población vegetal acuática, para posteriormente estas plantas morir y descomponerse. (Water Research Center. <http://www.water-research.net/index.php/dissolved-oxygen-in-water>)

1.7.1.7 Coliformes Fecales

El análisis de coliformes totales es un indicador primario de potabilidad, aptitud para consumo. Mide la concentración de microorganismos asociados con la posible presencia de enfermedades en el agua.

Los coliformes son parte natural de la microbiología del tracto intestinal de los mamíferos de sangre caliente, incluyendo al hombre. Los coliformes pueden ser hallados también en el suelo, en otros animales, insectos, etc. Este parámetro es muy fácil de analizar en laboratorio, y por lo tanto ha sido seleccionado como el indicador primario de organismos causantes de enfermedades.

Los coliformes como si no son organismos patógenos, y son medianamente infecciosos. Por esta razón es relativamente seguro trabajar con este análisis en los laboratorios, si se encuentran amplios valores para coliformes totales, existe alta probabilidad de encontrar otros organismos o bacterias como Giardia, que si son mucho más peligrosos en cuanto a riesgo biológico. (Water Research Center. <http://www.water-research.net/index.php/water-testing/bacteria-testing/coliform-bacteria>)

1.8 Marco Legal

1.8.1 Constitución de la República del Ecuador

De acuerdo al Título II, el capítulo segundo de Derechos del Buen Vivir, en los artículos 12 y 15 de la sección primera correspondiente al tema del agua y alimentación se indica que:

“Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.”

“**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

De acuerdo al Título II, el capítulo sexto de Derechos de libertad, en el artículo 66 se indica que:

“**Art. 66.-** Se reconoce y garantizará a las personas:

(...)Literal 2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios(...)” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

De acuerdo al Título VI, el capítulo primero principios generales, los artículos 276 literal 4 y 282 indican que:

“**Art. 276.-** El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

(...)Literal 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural(...)” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

“**Art. 282.-** El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierra, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra.

Se prohíbe el latifundio y la concentración de la tierra, así como el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes.

El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

De acuerdo al Título VI, capítulo quinto Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas los artículos 373, 318 indican que:

“**Art. 313.-** El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley.”
(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

“**Art. 318.-** El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.

El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.”
(Constitución de la República del Ecuador, 2008)

En el Título VII, el capítulo segundo Biodiversidad y Recursos Naturales en la sección sexta Agua los artículos 411, 412 indican que:

“**Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará

toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

“**Art. 412.-** La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

De acuerdo al Título VI, capítulo quinto Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas los artículos 373, 318 indican que:

En el Título VII, el capítulo segundo Biodiversidad y Recursos Naturales en la sección séptima Biósfera, ecología urbana y energías alternativas el artículo 413 indica que:

“**Art. 413.-** El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

1.8.2 Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamientos del Agua.

En el Título II, capítulo segundo Institucionalidad y gestión de los Recursos Hídricos en la sección primera Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua los artículos 18 literal o y 25 indican que:

“**Artículo 18.-** Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son:

(...) o) Asegurar la protección, conservación, manejo integrado y aprovechamiento sustentable de las reservas de aguas superficiales y subterráneas (...)” (Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, 2014)

“**Artículo 25.- Consejo de Cuenca Hidrográfica.** Es el órgano colegiado de carácter consultivo, liderado por la Autoridad Única del Agua e integrado por los representantes electos de las

organizaciones de usuarios, con la finalidad de participar en la formulación, planificación, evaluación y control de los recursos hídricos en la respectiva cuenca.

En los consejos de cuenca también participarán las autoridades de los diferentes niveles de gobierno en el tema de su responsabilidad.

En el Reglamento de esta Ley se establecerán las escalas territoriales en que pueden organizarse, su composición y financiamiento.” (Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, 2014)

En el Título II, capítulo sexto Garantías Preventivas en la sección segunda Objetivos de Prevención y Control de la Contaminación del Agua el artículo 79 literal e indica que:

“**Artículo 79.** Objetivos de prevención y conservación del agua.- La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

(...)**Literal e.** Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida (...) ” (Ley orgánica de recursos hídros usos yy aprovechamiento del agua, 2014)

En el Título II, capítulo séptimo Obligaciones del Estado para el derecho humano al agua, sección primera De las Obligaciones y la Progresividad el artículo 83 literal b indica que:

“**Artículo 83.-** Políticas en relación con el agua. Es obligación del Estado formular y generar políticas públicas orientadas a:

(...)**Literal b.** Mejorar la infraestructura, la calidad del agua y la cobertura de los sistemas de agua de consumo humano y riego (...)” (Ley orgánica de recursos hídros usos yy aprovechamiento del agua, 2014)

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Microcuenca del río Chimborazo.

Con la ayuda de cartas topográficas del IGM y la información de la Secretaría del Agua en el programa ArcGIS se identificó la microcuenca del río Chimborazo, su localización, nacientes, afluentes y efluentes.

2.2 Selección de los puntos de monitoreo.

Con el asesoramiento de técnicos de la Secretaría del Agua se realizó un recorrido lineal a lo largo de microcuenca del Río Chimborazo para la determinación de los puntos de monitoreo, al realizar este recorrido se identificó diversas actividades antropogénicas cercanas al sector de estudio, así como se notó un fácil acceso en algunas zonas puntuales, al igual que la predisposición de los habitantes de determinados sectores.

Se consideró lugares donde no exista riesgo al momento de realizar el monitoreo como descartar lugares donde se encontró ganado bravo. Además para la determinación del punto de referencia se creyó conveniente realizar una evaluación mediante el Protocolo de condiciones de referencia en ríos andinos en donde se consideraron cuatro apartados en los cuales su puntaje tuvo que ser mayor a 100 para establecerlo como punto de referencia. (Anexo F)

Luego se procedió a seleccionar los puntos de monitoreo y para su georeferenciación se utilizó un GPS Garmin Oregon 550.

2.3 Medición de caudales.

El Caudal se determinó en cada uno de los puntos de monitoreo una vez mensualmente , para lo cual se utilizó un MOLINETE SEBA con hélice 127-80mm proporcionado por la Secretaría del Agua, con un flexómetro se midió el ancho de un transecto del río en cada punto de monitoreo, después se midió la altura del mismo en cada uno de los extremos del transecto y se establecieron un determinado número de verticales dependiendo de la profundidad del punto establecido y se midió el número de revoluciones por minuto a distintas profundidades, se registró estos datos en la hoja de aforo (Anexo H).

El cálculo de caudales se realizó utilizando una hoja de Excel diseñada por la Secretaría del Agua (Anexo I), en este caso se utilizó la hoja de cálculo para el Molinete SEBA con hélice 127-80mm,

en su cálculo se emplea las siguientes fórmulas:

Fórmula de velocidad:

$$\begin{aligned} \text{Si } 0 < n < 0.58 &\rightarrow v = 0.0147 + 0.1488 * n \\ \text{Si } 0.58 < n < 3.53 &\rightarrow v = 0.0226 + 0.1351 * n \\ \text{Si } 3.53 < n < 10 &\rightarrow v = 0.0339 + 0.1319 * n \end{aligned}$$

Dónde:

V: Velocidad

n: Número de revoluciones/Tiempo (30 s)

Fuente: Secretaría del Agua

Fórmula del área:

$$A_p = \left(\frac{(x_1 - x_0) * (h_1 - h_0)}{2} \right) + [(x_1 - x_0) * (h_0)]$$

A_p: Área parcial entre dos verticales

x: Distancia

h: Profundidad

Fuente: Secretaría del Agua

El área total es la sumatoria de las áreas parciales.

Fórmula de Caudal:

$$Q = Vm * A$$

Dónde:

Q: Caudal

A: Área

V_m: Velocidad media

Fuente: Secretaría del Agua

2.4 Caracterización Físico – Química y microbiológica.

El muestreo de agua se realizó mediante un muestreo puntual en cada uno de los puntos de monitoreo una vez cada fin de mes desde el mes de Noviembre hasta Marzo, se realizó un muestreo puntual debido a que luego de examinar todos los puntos de muestreo, realizando ensayos en intervalos a lo ancho del río y a distintas profundidades, se comprobó la dispersión lateral y

vertical, determinándose su homogeneidad en las secciones verticales propuestas.

De acuerdo al protocolo de muestreo y conservación de muestras Standard Methods 1060 para parámetros físico-químicos y Standard Methods 9010 para análisis microbiológico, se tomó 2L de agua en botellas de vidrio ámbar para el análisis físico-químico (fosfatos, nitratos, DBO₅, turbidez), y 100 mL de agua en un frasco estéril para el análisis microbiológico (coliformes fecales), consecutivamente se trasladaron las muestras en un cooler con bolsas de gel refrigerante para su posterior análisis en el Laboratorio CESTTA de la ESPOCH. (Anexo Ee)

El control de parámetros físicos como: Sólidos Disueltos Totales, %OD, Temperatura, Conductividad y pH se llevó a cabo in situ. Para medir el porcentaje de oxígeno disuelto se utilizó un Multiparámetros HACH HQd, para determinar Sólidos Disueltos Totales, Temperatura y Conductividad un equipo HACH Sension 5 y para medir el pH se utilizó un equipo HACH Sension 1. Los análisis físico-químicos y microbiológicos se realizaron en el laboratorio CESTTA de la ESPOCH; los parámetros a analizar fueron: Nitratos, Fosfatos, Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días), Coliformes Fecales y Turbidez. (Anexo Dd)

Para la obtención del resultado de cada uno de los parámetros mencionados se emplearon diferentes métodos de ensayo a continuación detallados:

Tabla 1-2: Métodos de ensayo empleados por el laboratorio CESTTA para la determinación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos.

PARAMETRO	MÉTODO DE ENSAYO
Turbidez	Método EPA 180.1.
Nitratos	Standard Methods No 4500-NO ₂ -B
Fosfatos	Standard Methods No 4500-P B5/ 4500-PC
DBO ₅	Standard Methods No. 5210 B
Coliformes Fecales	Standard Methods No. 9222 D y 92221

Realizado por: TOLEDO, M. 2015

2.5 Evaluación de los puntos de monitoreo mediante el índice IHF.

La evaluación del índice IHF se realizó en una extensión de 100 m en cada punto de monitoreo para valorar cada uno de los siete parámetros, este índice se aplicó únicamente cuando el caudal del río se mantuvo bajo para observar las particularidades del sustrato.

La valoración de cada apartado se registró en una hoja de campo (Anexo C), esta valoración no puede exceder o disminuir del puntaje asignado por el índice, luego se sumaron los resultados de todos los apartados y se obtuvo el resultado final el cual no puede superar los 100 puntos. (Protocolo Guadalmed(PRECE),Limnetica,http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne21/L21b187_Protocolo_GUADALMED_PRECE.pdf,pp 193,197)

2.6 Evaluación de los puntos de monitoreo mediante el índice QBR y QBR-And.

Se utilizó el índice QBR y el índice QBR-And debido a que se identificaron dos zonas de vida para la zona de páramo se utilizó el índice QBR-And mientras que para las zonas más bajas se utilizó el índice QBR.

Para evaluar el índice QBR y QBR-And se seleccionó la zona de observación con una distancia de 100 m de largo en el cual se consideró el ancho de la zona de ribera y se limitó la orilla y la ribera. En el índice QBR Se evaluó cada apartado en donde cada uno tiene un puntaje no mayor a 25 y no menor a 0 y se registró en la hoja de campo (Anexo B), se sumó los puntajes de cada apartado y se obtuvo el resultado el cual no debe exceder de 100 y no puede resultar negativa. (Protocolo Guadalmed(PRECE),Limnetica,http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne21/L21b187_Protocolo_GUADALMED_PRECE.pdf,pp 193,197)

Mientras que en el índice QBR-And se evaluó tres componentes en donde cada uno tiene un puntaje no mayor a 25 y no menor a 0 y se registró en la hoja de campo (Anexo G), luego se sumó los puntajes de cada apartado y se obtuvo el resultado el cual no debe exceder de 85 y no puede resultar negativa. (ACOSTA, Raúl., et al., 2009. <http://www.ub.edu/riosandes/docs/Limnetica%2028%281%29%2004%20Acosta.pdf>.)

2.7 Recolección y muestreo de macroinvertebrados.

Antes de iniciar el biomonitoreo se llenó la ficha de campo. (Anexo A)

El muestreo de macroinvertebrados acuáticos se realizó una vez cada fin de mes debido a que al momento de remover el fondo del río se alteran las condiciones del microhábitat de los macroinvertebrados y es necesario un período de tiempo prudente para que este retorne a su condición natural. Según los lineamientos para el biomonitoreo de macroinvertebrados acuáticos de la Secretaría del Agua en el método de recolección se identificó los diferentes microhábitats existentes en cada uno de los puntos de monitoreo, tomando 5 muestras aleatorias a lo largo de un transecto de 50m, utilizando una red surber de 1x1 mm de ojo de malla, el muestreo se llevó a cabo en cada uno de los microhábitats identificados (Anexo Y) los cuales están conformados por el tipo de sustrato (rocas, arena, lodo, bloques), velocidad y profundidades del cuerpo de agua y otros

elementos asociados como hojarasca, raíces expuestas removiendo el material de los mismos para la recolección de la muestra.

Una vez tomada la muestra se colocó en bandejas blancas para coleccionar los macroinvertebrados presentes, realizar la limpieza de la muestra en campo es decir retirar ramas, piedras, etc., seguidamente con la ayuda de una pinza metálica se recolectaron los macroinvertebrados presentes y se los colocó en tubos de ensayo debidamente rotulados con un contenido de alcohol al 70%, y posteriormente se trasladó las muestras al laboratorio para su correspondiente identificación (Anexo Z).

2.7.1 Identificación de macroinvertebrados.

La identificación de los macroinvertebrados se realizó en laboratorio de Servicios Ambientales y Microbiología de la UNACH, con un microscopio estereoscópico CZM6, y cajas Petri de vidrio para colocar a los macroinvertebrados a la vista del estereoscopio.

Se identificaron características de cada uno de los macroinvertebrados recolectados utilizando el libro Protocolo Simplificado y Guía de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos, un manual de campo para el biomonitoreo de macroinvertebrados acuáticos proporcionado por la Secretaría del Agua así como claves de identificación taxonómica. (Anexo Aa)

2.8 Cálculo del índice BMWP/Col.

El cálculo del índice BMWP/Col se realizó una vez efectuada la identificación de las muestras de macroinvertebrados recolectadas hasta el nivel taxonómico de familia.

A cada familia se le asigna un puntaje desde 10 para el espécimen indicador de aguas no contaminadas hasta 1 para el puntaje más bajo para familias indicadoras de mala calidad de agua, como se indica en la Tabla 1-2 y se llena la hoja de registro. (Anexo D)

Luego se suman todos los puntajes de las familias identificadas en los puntos de muestreo y se tiene un total que indica el valor de la calidad del agua.

Tabla 2-2: Puntaje asignado a cada familia de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo al índice BMWP/Col.

Familias	Puntuación
Anomalopsychidae, Atriplectilidae, Blepharoceridae, Calomaceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopsidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Fuente: (ROLDÁN, Gabriel, 2003 p. 31)

2.9 Cálculo del índice ABI.

El cálculo del Índice ABI se realizó identificando los macroinvertebrados acuáticos recolectados hasta el nivel taxonómico de familia y en algunos casos de orden, dependiendo del tipo de familia u orden presente se tiene un puntaje determinado para cada macroinvertebrado como se indica en la tabla 2-2, se llena la hoja de registro (Anexo E) y finalmente se suman los puntajes y se obtiene el valor del índice.

Tabla 3-2: Puntaje para macroinvertebrados acuáticos según la propuesta del índice ABI.

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN
Tricladida	Planariidae	5
Hirudinea		3
Oligochaeta		1
Gastropoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Lymnaeidae	3
	Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3
Amphipoda	Hyalellidae	6

Ostracoda		3
Hydracarina		4
Ephemeroptera	Baetidae Leptophlebiidae Leptohyphidae Oligoneuridae	4 10 7 10
Odonata	Aeshnidae Gomphidae Libellulidae Coenagrionidae Calopterygidae Polythoridae	6 8 6 6 8 10
Plecoptera	Perlidae Gripopterygidae	10 10
Heteroptera	Veliidae Gerridae Corixidae Notonectidae Belostomatidae Naucoridae	5 5 5 5 4 5
Trichoptera	Helicopsychidae Calamoceratidae Odontoceridae Leptoceridae Polycentropodidae Hydroptilidae Xiphocentronidae Hydrobiosidae Glossosomatidae Hydropsychidae Anomalopsychidae Philopotamidae Limnephilidae	10 10 10 8 8 6 8 8 7 5 10 8 7
Lepidoptera	Pyalidae	4
Coleoptera	Ptilodactilidae Lampyridae Psephenidae Scirtidae Staphylinidae Elmidae Dryopidae Gyrinidae Dytiscidae Hydrophilidae Hydraenidae	5 5 5 5 3 5 5 3 3 3 3 5
Diptera	Blepharoceridae Simuliidae Tabanidae Tipulidae Limoniidae Ceratopogonidae Dixidae Psychopodidae Dolichopodidae	10 5 4 5 4 4 4 3 4

	Stratiomyidae	4
	Empididae	4
	Chironomidae	2
	Culicidae	2
	Muscidae	2
	Ephydriidae	2
	Athericidae	10
	Syrphidae	1

Fuente: (ENCALADA, Andrea., et al. 2011. 83p.)

2.10 Índice de Shannon-Wiener

Se utilizó el índice de Shannon Wiener (diversidad alpha), para su cálculo se utilizó el software MVSP, importando la hoja de datos con la taxonomía de todos los tipos de familias identificadas durante la investigación y la cantidad presente en cada punto monitoreado.

Presenta un rango de valores típicamente entre 1,5 indica baja diversidad al 3,5 diversidad alta.

(ANDERSON, James., & DAVIS, Craig. 2013. p. 191)

La fórmula utilizada para el cálculo de este índice es la siguiente:

$$H = \sum p_i \ln p_i$$

Dónde

H: Índice de Shannon-Wiener

pi: Abundancia proporcional de las i-ésimas especies, es igual a (n/N)

ni: Número de especies de un área particular

N: Número de individuos de todas las especies

Fuente: (CRUZ, Alejandro., & CAMARGO, Blanca. 2001. p.127)

2.11 Índice de Jaccard o coeficiente de Jaccard (diversidad beta)

Se utilizó el índice de Jaccard, el índice de Jaccard, el cálculo de estos índices se realizó utilizando el software MVSP importando la hoja de datos con la taxonomía de todos los tipos de familias identificadas durante la investigación y la cantidad presente en cada punto monitoreado.

Sus rango de valores se encuentra desde cero indicando que no existen especies coincidentes, hasta 1 que indica que todas las especies son coincidentes. (LOCKWOOD, Julie., & McKinney, Michael. 2001. 289 p.)

La fórmula utilizada para el cálculo de este índice es la siguiente:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Dónde

a: Número de especies presentes en el sitio A

b: Número de especies presentes en el sitio B

c: Número de especies compartidas por ambos sitios A y B

Fuente: (MANSON, Robert., et al., 2008. p.137)

2.12 Cálculo del índice WQI

Para el cálculo de este índice se utilizó la página web de la NSF (National Sanitation Foundation) de Estados Unidos: <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>. En la página web se insertan los valores resultantes de cada uno de los nueve parámetros que incluye este índice en cada uno de los apartados correspondientes y calcula el valor de calidad del agua para cada parámetro de acuerdo con las curvas diseñadas para obtener este valor, y finalmente muestra el resultado calculado multiplicando la ponderación de cada parámetro con su índice respectivo y se interpreta de acuerdo a la tabla que presenta los distintos criterios de calidad del agua.

Tabla 4-2: Ponderaciones para parámetros propuestas por el índice WQI.

PARÁMETRO	PONDERACIÓN
Oxígeno Disuelto	0,17
Coliformes Fecales	0,16
pH	0,11
DBO	0,11
Cambio de temperatura	0,10
Fosfatos	0,10
Nitratos	0,10
Turbiedad	0,08
Sólidos Disueltos Totales	0,07

Fuente: (Water Research Center, <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>.)

2.13 Carga Contaminante

Para determinar la carga contaminante se realizó una relación que multiplica el caudal (Tabla 11-3) por el valor resultante de cada parámetro físico químico (Tablas 12-3, 13-3, 14-3, 15-3, 16-3), lo que da como resultado el valor de contaminación presente.

Según la ecuación:

$$C_c = Q * [C]$$

Dónde

Cc: Carga contaminante

Q: Caudal

[C]: Concentración del parámetro

Fuente: TOLEDO, M. 2015

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Microcuenca del Río Chimborazo

La microcuenca del río Chimborazo está ubicada en Sudamérica, en la región Sierra del Ecuador, al noroeste de la provincia de Chimborazo, en el cantón Riobamba, se encuentra dentro de la subcuenca del río Chambo perteneciente a la cuenca hidrográfica del río Pastaza, el río Chimborazo se encuentra en dos microcuencas la primera lleva su mismo nombre y la segunda llamada drenajes menores donde da origen al río Chibunga, consta de una superficie de 12491 ha, desde el punto de vista altitudinal se ubica entre las cotas de 6310 m.s.n.m. que es la cúspide del Volcán Chimborazo hasta 3200 m.s.n.m. la parte más baja de la microcuenca. (Anexo P).

3.2 Puntos de Monitoreo.

Al evaluar los criterios considerados para establecer los puntos a monitorear en la zona de estudio se determinó lo a continuación mencionado (Anexo Q):

Tabla 1-3: Puntos de monitoreo de la investigación.

PUNTO DE MONITOREO	SITIO	DATUM: WGS 1984 UTM ZONA 17S COORDENADAS		ALTITUD (msnm)
		LONGITUD (X)	LATITUD (Y)	
PUNTO 1	Quebrada Totorillas	740170	9831454	3952
PUNTO 2	Loma Yanarrumi	744077	9828294	3520
PUNTO 3	Calera San francisco	745637	9820647	3228
PUNTO 4	Puente Cemento Chimborazo	749649	9816544	3027

Realizado por: Toledo. M, 2015

3.3 Descripción de los puntos de monitoreo.

3.3.1 Punto 1

Se encuentra ubicado en la microcuenca del río Chimborazo en el Sector conocido como Quebrada Totorillas, en las coordenadas 740170 de longitud y 9831454 de latitud a una altitud de 3952

m.s.n.m., este punto se encuentra ubicado en la reserva faunística Chimborazo, es uno de los aportantes al río Chimborazo, aguas debajo de esta zona la Unión Cementera Nacional canaliza en su totalidad el caudal de la quebrada para uso hidroeléctrico además se realizan actividades de pastoreo de ovinos y crianza de ganado bravo. (Anexo X)

La zona de vida en el punto 1 según Sierra pertenece a Páramo Herbáceo, entre la vegetación identificada en esta zona se encuentran 8 especies vegetales endémicas y 3 especies introducidas. (Anexo R)

Tabla 2-3: Especies vegetales presentes en el punto 1

Familia	Especie	Naturaleza
Apiaceae	<i>Azorella aretioides</i> DC.	Endémica
Asteraceae	<i>Werneria nubigena</i> Kunt.	Endémica
Asteraceae	<i>Chuquiraga jussieui</i> J.F. Gmel	Endémica
Asteraceae	<i>Achyrodine alata</i> DC.	Endémica
Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunt	Endémica
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg	Introducida
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L.	Introducida
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Introducida
Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	Endémica
Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	Endémica
Scrophulariaceae	<i>Calceolaria ericoides</i> Vahl	Endémica

Realizado por: Toledo, M. 2015

3.3.2 Punto 2

Se encuentra ubicado en la microcuenca del río Chimborazo en el Sector conocido como Loma Yanarrumi en las coordenadas 744077 de longitud y 9828294 de latitud a una altitud de 3520 m.s.n.m., en este punto el cauce principal recibe el aporte de 3 vertientes subterráneas que es lo que permite que se vuelva a restablecer. (Anexo X)

Esta área se encuentra influenciada por ganadería y asentamientos poblados cercanos.

La zona de vida en el punto 2 según Sierra corresponde a Páramo Herbáceo, entre la vegetación identificada en esta zona se encuentran 10 especies vegetales endémicas y 5 especies introducidas. (Anexo R)

Tabla 3-3: Especies vegetales presentes en el punto 2.

Familia	Especie	Naturaleza
Asteraceae	<i>Achyrodine alata</i> DC.	Endémica
Asteraceae	<i>Baccharis polyantha</i> Kunt	Endémica
Asteraceae	<i>Bidens andicola</i> Kunt	Endémica
Asteraceae	<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunt) Cass.	Endémica
Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i> Kunt.	Endémica
Asteraceae	<i>Lupinus pubescens</i> Benth.	Endémica
Asteraceae	<i>Tanacetum parthenium</i> (L.) Sch. Bip.	Endémica
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i> F. H. Wigg	Introducida
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L	Introducida
Lamiaceae	<i>Lamium album</i> L	Introducida
Pinaceae	<i>Pinus radiata</i> D. Don	Introducida
Poaceae	<i>Cortaderia jubata</i> (Lemoine) Stapf	Endémica
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Introducida
Poaceae	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	Endémica
Scrophulariaceae	<i>Calceolaria ericoides</i> Vahl	Endémica

Realizado por: Toledo, M. 2015

3.3.3 Punto 3

Se encuentra ubicado en la microcuenca del río Chimborazo en el Sector conocido como Calera San Francisco, en las coordenadas 745637 de longitud y 9820647 de latitud, a una altitud de 3228 m.s.n.m., en este punto en relación con los puntos restantes se desarrolla el mayor porcentaje de actividades principalmente la agricultura, ganadería y elaboración de queso, viéndose afectado por aguas residuales de vertidos domésticos y actividades productivas. (Anexo X)

La zona de vida en el punto 3 según Sierra corresponde a Bosque Siempreverde Montano Alto, entre la vegetación identificada en esta zona se encuentran 2 especies vegetales endémicas y 3 especies introducidas. (Anexo R)

Tabla 4-3: Especies vegetales presente en el punto 3

Familia	Especie	Naturaleza
Asteraceae	<i>Baccharis polyantha</i> Kunt	Endémica
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L.	Introducida
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Introducida
Poaceae	<i>Cortaderia jubata</i> (Lemoine) Stapf	Endémica
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Introducida

Realizado por: Toledo, M. 2015

3.3.4 Punto 4

Se encuentra ubicado en la microcuenca drenajes menores en el cauce del río Chimborazo antes de dar origen al río Chibunga en el Sector conocido como Puente Cemento Chimborazo, en las coordenadas 749649 de longitud y 9816544 de latitud a una altitud de 3027 m.s.n.m.

En esta zona en su gran mayoría la población desarrolla prácticas agrícolas y utilizan el agua del río para regadío de cultivos, además también se evidencia la crianza de ganado vacuno. (Anexo X)

La zona de vida en el punto 4 según Sierra corresponde a Bosque Siempreverde Montano Alto, entre la vegetación identificada en esta zona se encuentran 3 especies vegetales endémicas y 4 especies introducidas. (Anexo R)

Tabla 5-3: Especies vegetales presente en el punto 4

Familia	Especie	Naturaleza
Araceae	<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng.	Introducida
Asteraceae	<i>Baccharis polyantha</i> Kunt	Endémica
Fabaceae	<i>Paraserianthes lophantha</i> (Willd.) I.C. Nielsen	Endémica
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i> L	Introducida
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Introducida
Poaceae	<i>Cortaderia jubata</i> (Lemoine) Stapf	Endémica
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	Introducida

Realizado por: Toledo, M. 2015

3.4 Caudal.

A continuación se presentan los resultados de los cálculos de caudal durante el período de monitoreo establecido.

Tabla 6-3: Resultados de caudal en el mes de noviembre por punto de monitoreo.

PUNTO DE MONITOREO	Caudal (L/s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)
P1	126,53	1,278	0,2156
P2	90,77	1,164	0,156
P3	146,91	0,493	0,881
P4	334,80	1,520	1,933

Realizado por: Toledo, M. 2015

Tabla 7-3: Resultados de caudal en el mes de diciembre por punto de monitoreo.

PUNTO DE MONITOREO	Caudal (L/s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)
P1	117,39	1,186	0,2156
P2	56,48	0,724	0,156
P3	83,94	0,588	0,881
P4	253,14	0,496	1,933

Realizado por: Toledo, M. 2015

Tabla 8-3: Resultados de caudal en el mes de enero por punto de monitoreo.

PUNTO DE MONITOREO	Caudal (L/s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)
P1	150,91	1,524	0,2156
P2	33,72	1,124	0,156
P3	676,77	1,512	0,881
P4	785,34	1,402	1,933

Realizado por: Toledo, M. 2015

Tabla 9-3: Resultados de caudal en el mes de febrero por punto de monitoreo.

PUNTO DE MONITOREO	Caudal (L/s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)
P1	112,57	1,114	0,2156
P2	94,71	1,110	0,156
P3	203,52	1,057	0,881
P4	1722,53	1,206	1,933

Realizado por: Toledo, M. 2015

Tabla 10-3: Resultados de caudal en el mes de marzo por punto de monitoreo.

PUNTO DE MONITOREO	Caudal (L/s)	Área (m ²)	Velocidad (m/s)
P1	70,79	0,730	0,2156
P2	80,53	0,830	0,156
P3	972,20	1,338	0,881
P4	1268,53	0,634	1,933
P1	70,79	0,730	0,2156

Realizado por: Toledo, M. 2015

Tabla 11-3: Resultados de caudal en cada uno de los puntos de monitoreo por mes.

MES	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	Unidad
Noviembre	126,53	90,77	146,91	334,80	L/s
Diciembre	117,39	56,48	83,94	253,14	L/s
Enero	150,91	33,72	676,77	785,34	L/s
Febrero	112,57	94,71	203,52	1722,53	L/s
Marzo	70,79	80,53	972,20	1268,53	L/s

Realizado por: Toledo, M. 2015

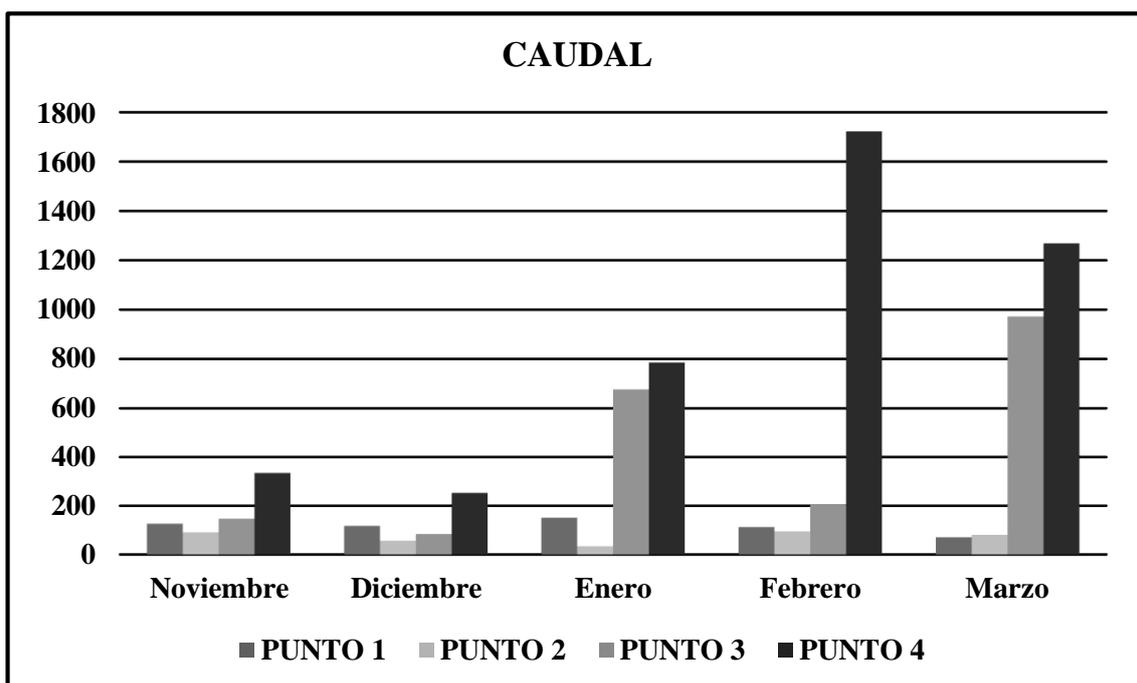


Gráfico 1-3: Variación del caudal en cada punto durante los cinco meses monitoreados.

Realizado por: Toledo, M.2015

En el punto 1 el caudal en el mes de enero fue el más representativo debido a que tuvo un valor superior con relación a los valores de caudal en los monitoreos subsiguientes, esto puede guardar concordancia con que el punto de referencia recoge aguas que bajan de los deshielos del Volcán Chimborazo además que el mes de enero se presentó una precipitación de 57,7 mm lo cual también aporta en el incremento del caudal en este punto, en el punto 2 el caudal alcanzó un máximo valor en el mes de febrero, en este mes se incrementó en relación con los meses anteriormente monitoreados, incluso debido a este hecho en el lugar se pudo observar notables cambios ya que se observó que en uno de los días de ese mes el cauce habría presentado una crecida notable al cauce además en este punto el caudal se mantiene bajo en comparación con los puntos restantes debido a que la empresa Unión Cementera Nacional recoge todo el caudal del punto 1 antes de llegar al punto 2 (Anexo V), en el punto 3 el valor más alto se presentó en el mes de marzo que, siendo el mes de marzo en donde se presentó el valor más alto de precipitación además en este punto presenta influencia vertidos domésticos directos al río, en el punto 4 el máximo caudal se presentó en el mes de febrero debido a que recibe vertidos domésticos y por efecto de escorrentías menores. Se tomaron los datos los datos pertinentes de la estación Meteorológica de San Juan proporcionados por el INAHMI del período de monitoreo considerando que esta estación es la más cercana al área de estudio, estación tiene un radio de cobertura de 10 km. (Anexo O)

3.5 Resultados Físico-Químicos y Microbiológicos

Los resultados de las muestras de agua analizadas en el laboratorio CESTTA de la ESPOCH y datos de parámetros físicos tomados in situ se muestran en las siguientes tablas por punto y mes de muestreo:

Tabla 12-3: Resultados físico-químicos y microbiológicos de cada punto de monitoreo en el mes de noviembre.

Parámetros Físico-Químicos y microbiológicos	Unidades	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
pH		8,4	8,61	8,40	8,44
Turbidez	UNT	0,66	1,08	1,72	0,97
Temperatura Ambiente	°C	14,6	17,50	14,63	20,4
Temperatura del agua	°C	12,4	13,10	11,6	17,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	365	306	298	359
Conductividad	µs/cm	527	443	431	504
Oxígeno Disuelto	%	92,0	66,0	73,0	93,0
DBO5	mg/L	1,32	1,60	1,11	2,19
Fosfatos	mg/L	0,225	0,158	0,230	0,186
Nitratos	mg/L	1,36	1,97	0,86	0,95
Coliformes Fecales	UFC/100mL	4,5	330	33000	7900

Fuente: Informes de análisis físico-químico y microbiológico.

El valor de pH es básico, esto se debe a la presencia de roca volcánica en todo el trayecto del río, la temperatura varía de forma bastante parecida tanto en el ambiente como en el agua, a pesar que la altitud baja a medida que se avanza en los puntos, el aumento de temperatura en el segundo punto con referencia al tercero es porque la vegetación en el segundo protege de la corriente de viento, los sólidos disueltos se mantienen en un valor similar en los 4 puntos, así como también la conductividad aunque se ve un ligero aumento en el primer punto, y esto puede deberse a que existen más minerales en la parte más alta del río, el oxígeno disuelto en el segundo punto es bajo ya que la temperatura es un poco más alta en este lugar, y en el tercer punto ya que existe contaminación por el elevado número de coliformes, la DBO5 es similar en todos los puntos igual que los fosfatos y nitratos, estos parámetros tienen niveles bajos, así como también la turbidez que se mantiene en niveles bajos.

Tabla 13-3: Resultados físico-químicos y microbiológicos de cada punto de monitoreo en el mes de diciembre.

Parámetros Físico-Químicos y microbiológicos	Unidades	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
pH		7,97	8,14	7,94	8,11

Turbidez	UNT	5,73	16,90	3,62	2,08
Temperatura Ambiente	°C	16,8	21,90	28,60	22,0
Temperatura del Agua	°C	10,7	12,30	14,8	18,5
SDT	mg/L	104,7	359	257	320
Conductividad	µs/cm	167,6	443	426	570
OD	%	70,0	74,0	70,0	80,0
DBO ₅	mg/L	2,0	4,0	2,0	3,0
Fosfatos	mg/L	6,18	0	0	0
Nitratos	mg/L	1,65	2,44	1,49	0,93
Coliformes Fecales	UFC/100mL	0	65	3100	200

Fuente: Informes de análisis físico-químico y microbiológico y datos tomados en campo.

El pH se mantiene básico con variaciones mínimas, la temperatura ambiente tiene variaciones altitudinales así como también la temperatura del agua, los sólidos disueltos tienen valores similares en los puntos del 2 al 4 siendo un valor muy bajo en el punto 1, en donde no existe contaminación biológica visible por lo que tampoco se requiere mayor demanda de oxígeno, valor que también es bajo, pero resalta la presencia de fosfatos en esta sección, el punto 2 tiene turbidez alta y también un valor de DBO₅ elevado, esto sugiere materia en descomposición pero en ausencia de posibles patógenos porque el valor de coliformes es bajo, el punto 3 presenta un valor considerablemente alto de coliformes pero no una demanda de oxígeno alta, por lo que no existe mayor descomposición, los valores de coliformes pueden darse por situaciones esporádicas de contaminación puntual, los valores en el punto 4 no presentan excesos sino que mantienen características relacionadas.

Tabla 14-3: Resultados físico-químicos y microbiológicos de cada punto de monitoreo en el mes de enero.

Parámetros Físico-Químicos y microbiológicos	Unidades	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
pH		7,87	8,06	8,14	8,06
Turbidez	UNT	5,73	16,90	3,62	13,30
Temperatura Ambiente	°C	13,5	12,10	15,10	18,3
Temperatura del Agua	°C	8,9	11,20	11,0	13,3
SDT	mg/L	111,8	216	205	259
Conductividad	µs/cm	160,9	333	309	412
OD	%	98,2	96,20	96,2	97,2
DBO ₅	mg/L	2,0	2,0	2,0	5,0
Fosfatos	mg/L	0	0	0	0
Nitratos	mg/L	0	0	0	0
Coliformes Fecales	UFC/100mL	30	520	5000	4900

Fuente: Informes de análisis físico-químico y microbiológico y datos tomados en campo.

El pH y la temperatura en enero se desarrollan de igual forma que en los meses predecesores, este

muestreo es el que presenta más homogeneidad en las medidas salvo ciertas excepciones, como el elevado valor de coliformes en el punto 3, situación que también refiere a un caso de contaminación aislado ya que el valor de DBO5 es igual que los 2 puntos que le anteceden, existiendo la contaminación antes mencionada es lógico que el valor de turbidez también se vea afectado por dicha contaminación, por lo que sube, en el punto 4 el valor de DBO5 se eleva, lo que indica descomposición suceso que eleva el valor de turbidez

Tabla 15-3: Resultados físico-químicos y microbiológicos de cada punto de monitoreo en el mes de febrero.

Parámetros Físico-Químicos y microbiológicos	Unidades	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
pH		8,5	8,35	8,33	8,57
Turbidez	UNT	0,98	23,0	16,20	0,58
Temperatura Ambiente	°C	14,4	16,80	22,60	28,0
Temperatura del Agua	°C	12,2	14,30	14,6	17,2
SDT	mg/L	107,3	235	219	315
Conductividad	µs/cm	166,3	351	296	475
OD	%	97,0	94,90	94,8	98,2
DBO5	mg/L	0,80	2,0	5,0	3,0
Fosfatos	mg/L	0	0	0	15,87
Nitratos	mg/L	0,29	1,84	2,47	3,25
Coliformes Fecales	UFC/100mL	300	7900	10000	1000

Fuente: Informes de análisis físico-químico y microbiológico y datos tomados en campo.

El pH en febrero como en los demás meses tiene intervalos no muy distantes uno del otro mantiene un valor básico, adicionalmente la temperatura continua con la tendencia ya establecida, los sólidos totales tienen considerables en los puntos 2, 3 y 4, esto debido a que se tiene una contaminación marcada evidenciada por la turbidez elevada, los coliformes así como también los valores de nitratos, se observa una alta contaminación en el punto 4 ya que el valor de DBO5 es muy elevado así como también los demás indicadores cabe indicar que existe en el punto 4 un valor excesivo de fosfato y es posible que este valor se encuentre así por contaminación agrícola que haya ocurrido en este sitio, lo que da lecturas tan altas que suponen una baja en la calidad de agua.

Tabla 16-3: Resultados físico-químicos y microbiológicos de cada punto de monitoreo en el mes de marzo.

Parámetros Físico-Químicos y microbiológicos	Unidades	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
pH		7,85	7,18	8,15	8,20
Turbidez	UNT	0,45	26,0	9,96	14,6

Temperatura Ambiente	°C	14,8	15,8	15,1	25,0
Temperatura del Agua	°C	8,7	12,8	11,5	12,8
SDT	mg/L	108	238	184,5	206,9
Conductividad	µs/cm	154,8	375	282	445
OD	%	97,5	95,1	95,5	95,1
DBO ₅	mg/L	1,60	18,0	5,0	14,0
Fosfatos	mg/L	0	0	0	0
Nitratos	mg/L	0	3,04	0,88	0,89
Coliformes Fecales	UFC/100mL	0	1800	2760	3200

Fuente: Informes de análisis físico-químico y microbiológico y datos tomados en campo.

En el mes de marzo se encuentran los valores de pH más bajos pero aun siendo los más bajos se mantienen en el rango de basicidad, aunque en el punto 2 está cerca de ser neutro, la temperaturas varían con la altitud y con la vegetación similar a los demás puntos, el valor de solidos totales de nuevo aparece bajo en el punto 1 ya que el agua tiene una turbidez baja y no presenta contaminación de tipo ni biológico ni químico por lo que se tiene un valor de oxígeno disuelto muy alto, la DBO₅ es muy baja por lo que no existe descomposición visible, el punto 2 por el contrario presenta DBO₅ bastante elevada por lo que se presume que existe contaminación biológica, esto está confirmado por el valor presente de coliformes, por lo que la turbidez también es elevada, los sólidos son de alrededor del doble del punto 1, los coliformes suben progresivamente en los puntos 3 y 4 pero la turbidez baja, ya que en estos puntos el caudal la corriente es más constante, por lo que ciertos contaminantes como los nitratos se diluyen, así también se presenta un nivel similar de oxígeno disuelto en los 4 puntos.

3.6 Índice BMWP/Col y ABI

Los resultados del índice BMWP/Col y el índice ABI con la valoración a cada familia identificada y el valor resultado de la calidad de agua en cada punto de monitoreo y de forma mensual se grafica en las siguientes tablas:

Tabla 17-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 1 en el mes de noviembre.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
NOVIEMBRE	Insecta	Diptera	Tipulidae	4	3	5
	Insecta	Diptera	Muscidae	1	2	2
	Insecta	Diptera	Blepharoceridae	21	10	10
	Insecta	Diptera	Chironomidae	21	2	2
	Insecta	Coleoptera	Elmidae	26	6	5
	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	15	7	4
	Insecta	Trichoptera	Limnephilidae	56	-	7
	Insecta	Trichoptera	Calamoceratidae	2	10	10
	Insecta	Tricoptera	Hydrobiosidae	11	9	8
	Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae	2	9	8
	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	4	8	8
	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	17	7	7
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	18	7	6
	Huridinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	3	3	3
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	1	1	1
TOTAL				202	84	86
CALIDAD DEL AGUA					ACEPTABLE	BUENA
				CLASE	CLASE II	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 1 en el mes de noviembre la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado de calidad aceptable y de clase II con un valor de 84, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado de calidad buena y un valor de 86, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad, pero existe una observación ya que el índice BMWP/Col no incluye la familia Limnephilidae para su evaluación mientras que el índice ABI si la incluye.

Tabla 18-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 1 en el mes de diciembre.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
DICIEMBRE	Insecta	Trichoptera	Limnephilidae	14	-	7
	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	4	8	8
	Insecta	Diptera	Blepharoceridae	26	10	10
	Insecta	Diptera	Simuliidae	1	8	5
	Insecta	Diptera	Limoniidae	1	-	4
	Insecta	Diptera	Chironomidae	1	2	2
	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	9	7	5
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (adulto, larvae)	4	6	5
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	26	7	6
TOTAL				86	48	52
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	REGULAR
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015

En el punto 1 en el mes de diciembre la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa y de clase III, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad regular encontrándose es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad, pero existe una observación ya que el índice BMWP/Col excluye la familia Limnephilidae y Limoniidae para su evaluación mientras que el índice ABI si incluye las dos familias.

Tabla 19-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 1 en el mes de enero.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
ENERO	Insecta	Trichoptera	Limnephilidae	2	-	7
	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	22	7	7
	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	1	7	6
	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	3	9	8
	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	8	8	8
	Insecta	Plecoptera	Gripopterygidae	2	-	10
	Insecta	Diptera	Blepharoceridae	24	10	10
	Insecta	Diptera	Tipulidae	1	3	5
	Insecta	Diptera	Limoniidae	1	-	4
	Insecta	Diptera	Chironomidae	2	2	2
	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	11	7	5
	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	1	9	3
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (adulto, larvae)	22	6	5
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	55	7	6
TOTAL				155	75	86
CALIDAD DEL AGUA					ACEPTABLE	BUENA
				CLASE	CLASE II	

Realizado por: Toledo, M. 2015

En el punto 1 en el mes de enero la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría aceptable y de clase II, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad buena encontrándose es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad, pero existe una observación ya que el índice BMWP/Col no incluye la familia Limnephilidae, Limoniidae y Gripopterygidae para su evaluación mientras que el índice ABI incluye las tres familia, pero esta consideración no afecta el resultado de la calidad del agua ya que es igual en ambos casos.

Tabla 20-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 1 en el mes de febrero.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
FEBRERO	Insecta	Trichoptera	Limnephilidae	8	-	7
	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	1	9	8
	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	6	8	8
	Insecta	Diptera	Blepharoceridae	29	10	10
	Insecta	Diptera	Limoniidae	2	-	4

	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	3	7	5
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (adulto, larvae)	11	6	5
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	2	1	1
	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	3	7	5
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	69	7	6
TOTAL				134	55	59
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	BUENA
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015

En el punto 1 en el mes de febrero la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa de clase III, mientras que con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad buena, existe una diferencia en la calidad del agua resultante entre los dos índices empleados, esto debido a que en este caso si influye que el índice BMWP/Col no incluya en su valoración la familia Limnephilidae y Limoniidae siendo la familia Limnephilidae propia de ríos andinos lo cual ocasiona que el resultado de índice BMWP/Col difiera con el resultado del índice ABI.

Tabla 21-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 1 en el mes de marzo.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
MARZO	Insecta	Trichoptera	Limnephilidae	6	-	7
	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	1	9	8
	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	4	8	8
	Insecta	Plecoptera	Gripopterygidae	1	-	10
	Insecta	Diptera	Simuliidae	2	8	5
	Insecta	Diptera	Chironomidae	1	2	2
	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	19	7	5
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (adulto, larvae)	22	6	5
	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	2	7	5
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	44	7	6
TOTAL				102	54	61
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	BUENA
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015

En el punto 1 en el mes de marzo la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa de clase III, mientras que con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad buena, existe una diferencia en el la calidad del agua resultante entre los dos índices empleados, esto debido a que en este caso si influye que el índice BMWP/Col no incluya en su valoración la familia Limnephilidae y Limoniidae siendo la familia Limnephilidae propia de ríos andinos lo cual ocasiona que el resultado de índice BMWP/Col difiera con el resultado del índice ABI.

Tabla 22-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 2 en el mes de noviembre.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
NOVIEMBRE	Insecta	Coleoptera	Elmidae	5	6	5
	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	1	7	5
	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	1	10	5
	Insecta	Diptera	Tipulidae	1	3	5
	Insecta	Diptera	Chironomidae	5	2	2
	Insecta	Diptera	Simuliidae	10	8	5
	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	1	7	4
	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	1	7	5
	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	1	9	8
	Insecta	Trichoptera	Limnephilidae	4	-	10
	Huridinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	15	3	3
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	4	7	6
	Arachnida	Hydracarina	Hydrachnidae	1	0	4
TOTAL				42	46	52
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	REGULAR
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015

En el punto 2 en el mes de noviembre la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa de clase III, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad regular, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad, pero existe una observación ya que el índice BMWP/Col no incluye la familia Limnephilidae para su evaluación mientras que el índice ABI incluye esta familia, pero esta consideración no afecta el resultado de la calidad del agua ya que es igual en ambos casos.

Tabla 23-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 2 en el mes de diciembre.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
DICIEMBRE	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	3	7	4
	Insecta	Diptera	Simuliidae	11	8	5
	Insecta	Diptera	Tipulidae	3	3	5
	Insecta	Diptera	Muscidae	1	2	2
	Insecta	Diptera	Limoniidae	1	-	4
	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	1	3	4
	Insecta	Diptera	Chironomidae	1	2	2
	Insecta	Coleoptera	Elmidae	1	6	5
	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	1	10	5
	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	1	7	5
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	1	7	6
	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	1	7	5
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	1	1	1
	Arachnida	Hydracarina	Hydrachnidae	1	-	
TOTAL				10	43	37
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	REGULAR
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015

En el punto 2 en el mes de diciembre la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa de clase III, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad regular, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad, pero existe una observación ya que el índice BMWP/Col no incluye la familia Limoniidae e Hydrachnidae para su evaluación mientras que el índice ABI incluye las dos familias, pero esta consideración no afecta el resultado de la calidad del agua ya que es igual en ambos casos.

Tabla 24-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 2 en el mes de enero.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
ENERO	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	1	9	8
	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	2	7	4
	Insecta	Diptera	Muscidae	1	2	2
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (adulto, larvae)	6	6	5
	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	1	7	5
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalloidea	4	7	6
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	1	1	1
	Huridinea	Rhynchobdellae	Glossiphoniidae	1	3	3
	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	1	4	3
	Arachnida	Hydracarina	Hydrachnidae	1	-	4
TOTAL				19	46	41
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	REGULAR
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 2 en el mes de enero la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa de clase III, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad regular, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad, pero existe una observación ya que el índice BMWP/Col no incluye la familia Hydrachnidae para su evaluación mientras que el índice ABI incluye las tres familias, pero esta consideración no afecta el resultado de la calidad del agua ya que es igual en ambos casos.

Tabla 25-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 2 en el mes de febrero.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
FEBRERO	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	1	7	4
	Insecta	Diptera	Simuliidae	1	8	5
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (adulto, larvae)	2	6	5
	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	1	7	5
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalloidea	2	6	6
TOTAL				26	34	25
CALIDAD DEL AGUA					CRÍTICA	MALA
				CLASE	CLASE IV	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 2 en el mes de febrero la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría crítica de clase IV, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad mala, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad.

Tabla 26-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 2 en el mes de marzo.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
MARZO	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	1	3	4
	Insecta	Diptera	Simuliidae	1	8	5
	Insecta	Diptera	Chironomidae	1	2	2
	Insecta	Coleoptera	Sthaphylinidae	1	6	-
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	1	7	6
TOTAL				33	26	17
CALIDAD DEL AGUA					CRÍTICA	MALA
				CLASE	CLASE IV	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 2 en el mes de marzo la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría crítica de clase IV, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad mala, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad, pero existe una observación ya que el índice BMWP/Col incluye la familia Sthaphylinidae para su evaluación mientras que el índice ABI no la incluye, pero esta consideración no afecta el resultado de la calidad del agua ya que es igual en ambos casos, esta baja en la calidad del agua pudo deberse a una creciente del río en un momento durante el mes de marzo.

Tabla 27-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 3 en el mes de enero.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
ENERO	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	1	7	6
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	203	1	1
	Huridinea	Rhynchobdellae	Glossiphoniidae	2	3	3
	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	1	3	3
	Gastropoda	Basommatophora	Lymnaeidae	3	4	3
	Insecta	Diptera	Simuliidae	2	8	5
	Insecta	Diptera	Limoniidae	1	-	4
	Insecta	Diptera	Chironomidae	1	2	2
	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	2	3	4
	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	43	7	4
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (adulto, larvae)	2	6	5
	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	2	7	5
TOTAL				263	51	45
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	REGULAR
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 3 en el mes de enero la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa de clase III, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad regular, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad, pero existe una observación ya que el índice BMWP/Col incluye la familia Limoniidae para su evaluación mientras que el índice ABI no la incluye, pero esta consideración no afecta el resultado de la calidad del agua ya que es igual en ambos casos.

Tabla 28-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 3 en el mes de febrero.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
FEBRERO	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	37	7	4
	Insecta	Diptera	Limoniidae	1	-	4
	Insecta	Diptera	Chironomidae	4	2	2
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (adulto)	1	6	5
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	6	1	1
	Huridinea	Rhynchobdellae	Glossiphoniidae	1	3	3
	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	1	3	3
	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	6	7	5
TOTAL				57	29	27
CALIDAD DEL AGUA					CRÍTICA	MALA
				CLASE	CLASE IV	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 3 en el mes de febrero la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría crítica de clase IV, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad mala, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad, pero existe una observación ya que el índice BMWP/Col no incluye la familia Limoniidae para su evaluación mientras que el índice ABI incluye si la incluye, pero esta consideración no afecta el resultado de la calidad del agua ya que es igual en ambos casos.

Tabla 29-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 3 en el mes de marzo.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
MARZO	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	60	7	4
	Insecta	Diptera	Simuliidae	2	8	5
	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	4	3	4
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	94	1	1
	Huridinea	Rhynchobdellae	Glossiphoniidae	3	3	3
	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	1	3	3
	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	1	7	5
TOTAL				165	32	25
CALIDAD DEL AGUA					CRÍTICA	MALA
				CLASE	CLASE IV	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 3 en el mes de marzo la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría crítica de clase IV, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad mala, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad. Esta baja de calidad puede deberse al incremento del caudal en el río.

Tabla 30-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 4 en el mes de noviembre.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
NOVIEMBRE	Insecta	Diptera	Chironomidae	16	2	2
	Insecta	Diptera	Simuliidae	15	8	5
	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	1	3	4
	Insecta	Tricoptera	Leptoceridae	1	8	8
	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	62	7	4
	Insecta	Coleoptera	Haliplidae	2	4	-
	Insecta	Lepidoptera	Pyrilidae	1	5	4
	Gastropoda	Bassomatophora	Physidae	2	3	3
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	2	1	1
	Huridinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	2	3	3
TOTAL				104	44	34
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	MALA
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 4 en el mes de noviembre la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa de clase III, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad mala, es decir los resultados entre índices difieren, esto debido a que el índice BMWP/Col incluye la familia Haliplidae para su evaluación mientras que el índice ABI no la incluye.

Tabla 31-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 4 en el mes de diciembre.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
DICIEMBRE	Insecta	Diptera	Chironomidae	35	2	2
	Insecta	Diptera	Simuliidae	174	8	5
	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	3	3	4
	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	1	9	8
	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	1	7	6
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (larvae, adulto)	3	6	5
	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	94	7	6
	Gastropoda	Bassomatophora	Physidae	8	3	3
	Gastropoda	Bassomatophora	Lymnaeidae	2	4	3
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	4	1	1
	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	3	7	5
	Huridinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	2	3	3
	TOTAL				295	60
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	REGULAR
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 4 en el mes de diciembre la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa de clase III, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad regular, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad.

Tabla 32-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 4 en el mes de enero.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
ENERO	Insecta	Diptera	Chironomidae	3	2	2
	Insecta	Diptera	Simuliidae	5	8	5
	Insecta	Diptera	Tipulidae	1	3	5
	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	1	3	4
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (larvae, adulto)	1	6	5
	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	20	7	4
	Gastropoda	Bassomatophora	Physidae	11	3	3
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	2	7	6
	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	3	7	5
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	10	1	1
	Huridinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	2	3	3
TOTAL				59	50	43
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	REGULAR
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 4 en el mes de enero la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa de clase III, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad regular, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad.

Tabla 33-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 4 en el mes de febrero.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
FEBRERO	Insecta	Diptera	Chironomidae	27	2	2
	Insecta	Diptera	Simuliidae	5	8	5
	Insecta	Diptera	Empididae	1	4	4
	Insecta	Diptera	Tipulidae	1	3	5
	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	11	3	4
	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	1	7	6
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (larvae, adulto)	5	6	5
	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	26	7	4
	Gastropoda	Bassomatophora	Physidae	12	3	3
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	4	1	1
	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	5	7	5
	Huridinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	1	3	3
TOTAL				72	54	47
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	REGULAR
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 4 en el mes de febrero la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa de clase III, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad regular, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad.

Tabla 34-3: Valoración de la calidad del agua en el punto 4 en el mes de marzo.

MES	CLASE	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD	BWMP/Col	ABI
MARZO	Insecta	Diptera	Chironomidae	3	2	2
	Insecta	Diptera	Simuliidae	31	8	5
	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	14	3	4
	Insecta	Coleoptera	Elmidae (adulto)	2	6	5
	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	11	7	4
	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	4	1	1
	Gastropoda	Bassomatophora	Planorbidae	1	5	3
	Malacostraca	Amphipoda	Hyallellidae	1	7	6
	Turbellaria	Tricardida	Planariidae	1	7	5
TOTAL				68	46	35
CALIDAD DEL AGUA					DUDOSA	REGULAR
				CLASE	CLASE III	

Realizado por: Toledo, M. 2015.

En el punto 4 en el mes de marzo la calidad del agua con el índice BMWP/Col presenta un resultado dentro del rango perteneciente a la categoría dudosa de clase III, sin embargo con el índice ABI presenta un resultado dentro del rango de calidad regular, es decir los dos resultados se encuentran en el mismo criterio de calidad.

3.7 Índice QBR

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del índice QBR se muestran en la tabla 34-3, en la cual se muestra que el punto 1 presenta un valor de 85 indicando que presenta una calidad buena debido a que según el QBR-Andean presenta un valor máximo de 85 puntos ya que este índice únicamente evalúa la flora de presente en la zona andina, el punto 2 presenta una calidad intermedia con signos del inicio de una alteración importante debido a la presencia de especies introducidas en el área de estudio, mientras que en el mes de marzo debido a una creciente del río este perdió una parte de la zona de ribera disminuyendo su calidad a mala con un valor de 45, en el punto 3 la calidad del índice decae a pésima ya que en esta estación la zona de ribera carece de especies arbóreas y existe una mala conexión entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente, la presencia de basura en el tramo de muestreo y la presencia de una infraestructura transversal dentro del lecho del río(puente) produciéndose una degradación extrema. En el punto 4

la calidad del índice es mala representando una alteración fuerte en el bosque de ribera esto se debe a que existe un porcentaje considerable de especies de árboles introducidas y una mala conexión entre el bosque de ribera y el sotobosque adyacente además de la presencia de un basurero permanente en el tramo de estudio y una infraestructura transversal dentro del lecho del río (puente).

Tabla 35-3: Valoración del índice QBR y QBR-And en cada punto de monitoreo.

PUNTO DE MONITOREO	ÍNDICE QBR	NIVEL DE CALIDAD	COLOR REPRESENTATIVO
Punto 1	85	Bosque de ribera ligeramente perturbado, CALIDAD BUENA,	
Punto 2	55	Inicio de alteración importante, CALIDAD INTERMEDIA	
Punto 2 (marzo)	45	Alteración fuerte, CALIDAD MALA	
Punto 3	0	Degradación extrema, CALIDAD PÉSIMA	
Punto 4	40	Alteración fuerte, CALIDAD MALA	

Realizado por: Toledo, M. 2015

En el gráfico 2-3 se muestra de forma clara el comportamiento variables del índice QBR en cada uno de los puntos de monitoreo.

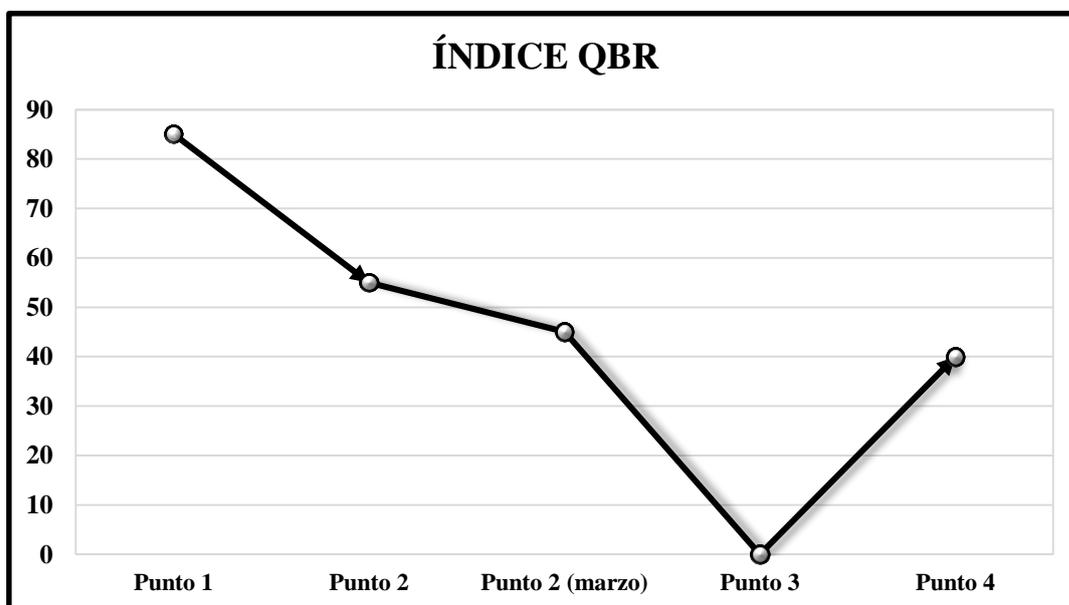


Gráfico 2-3: Comportamiento del índice QBR en cada uno de los punto de monitoreo.

Realizado por: Toledo, M.2015

3.8 Índice IHF

Los resultados del índice se muestran en la tabla 35-3 en donde el punto 1 presenta una diversidad de hábitats media ya que esta zona andina el lecho del río se encuentra expuesto debido a la composición vegetal de la ribera y la carencia de elementos de heterogeneidad como hojarasca, presencia de troncos y ramas así como también raíces expuestas, en el punto 2 el índice indica que existe una diversidad de hábitats media, después de la creciente del río en este punto la calidad se mantiene pero aumenta su valor de 62 a 64 debido a la presencia de troncos y ramas, en el punto 3 con un valor de 49 existe una baja diversidad de hábitats debido a que el cauce del río se encuentra casi expuesto, la ausencia de elementos de heterogeneidad y la ocurrencia ocasional de rápidos, en el punto 4 el valor del índice es de 65 indicando que existe una diversidad de hábitats media debido a que el sustrato del río (piedras, cantos y gravas) se encuentran medianamente fijadas por finos sedimentos.

Tabla 36-3: Valoración del índice IHF en cada punto de monitoreo.

PUNTO DE MONITOREO	ÍNDICE IHF	NIVEL DE CALIDAD	COLOR REPRESENTATIVO
Punto 1	50	Diversidad de hábitats media	
Punto 2	62	Diversidad de hábitats media	
Punto 2(marzo)	64	Diversidad de hábitats media	
Punto 3	49	Baja diversidad de hábitats	
Punto 4	65	Diversidad de hábitats media	

Realizado por: Toledo, M.2015

En el Gráfico 3-3 se muestra de forma clara el comportamiento variables del índice IHF en cada uno de los puntos de monitoreo.

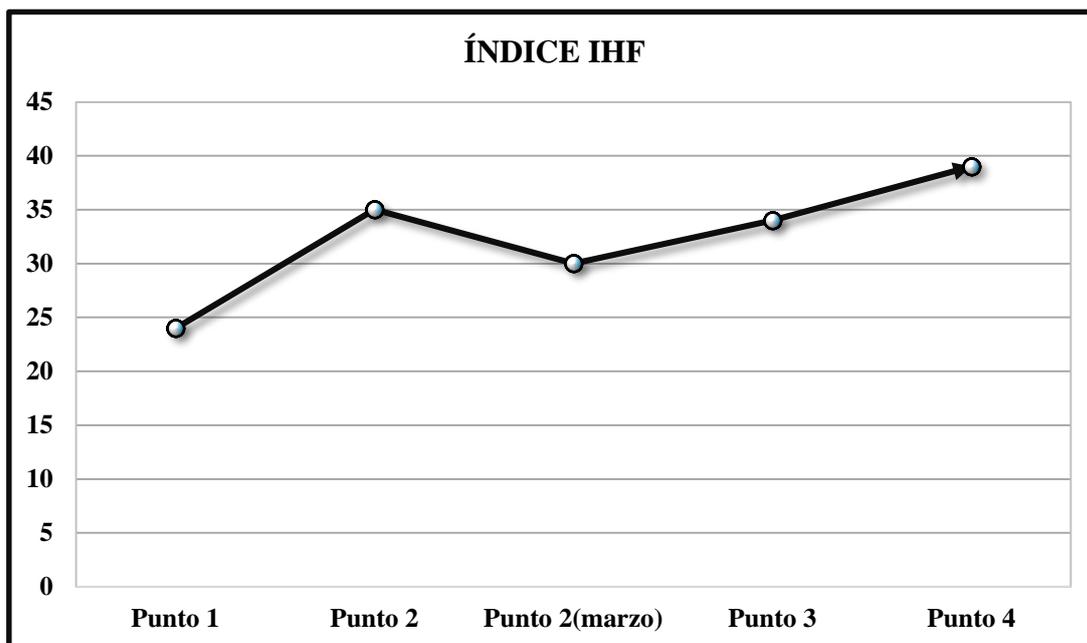


Gráfico 3-3: Comportamiento del índice IHF en cada uno de los puntos de monitoreo.

Realizado por: Toledo, M.2015

3.9 Macroinvertebrados en la Investigación.

En la investigación se recolectó un total de 1927 macroinvertebrados y un total de 36 familias identificadas que se distribuyen en cada punto cada una representada por un color distintivo como se muestra en el Gráfico 4-3 en el cual se observa que en el punto 1 se obtuvo la mayor cantidad de macroinvertebrados con un total de 659, y 22 familias identificadas de las cuales en su mayoría son indicadoras de una buena calidad del agua, mientras que en el punto 2 se recolectó la menor cantidad de macroinvertebrados con un total de 115 y 19 familias identificadas, en el punto 3 se recolectó un total de 586 macroinvertebrados y 17 familias identificadas de las cuales la mayor cantidad son indicadores de mala calidad del agua, y en el punto 4 se recolectó un total de 597 macroinvertebrados y 18 familias identificadas. (Anexo Bb)

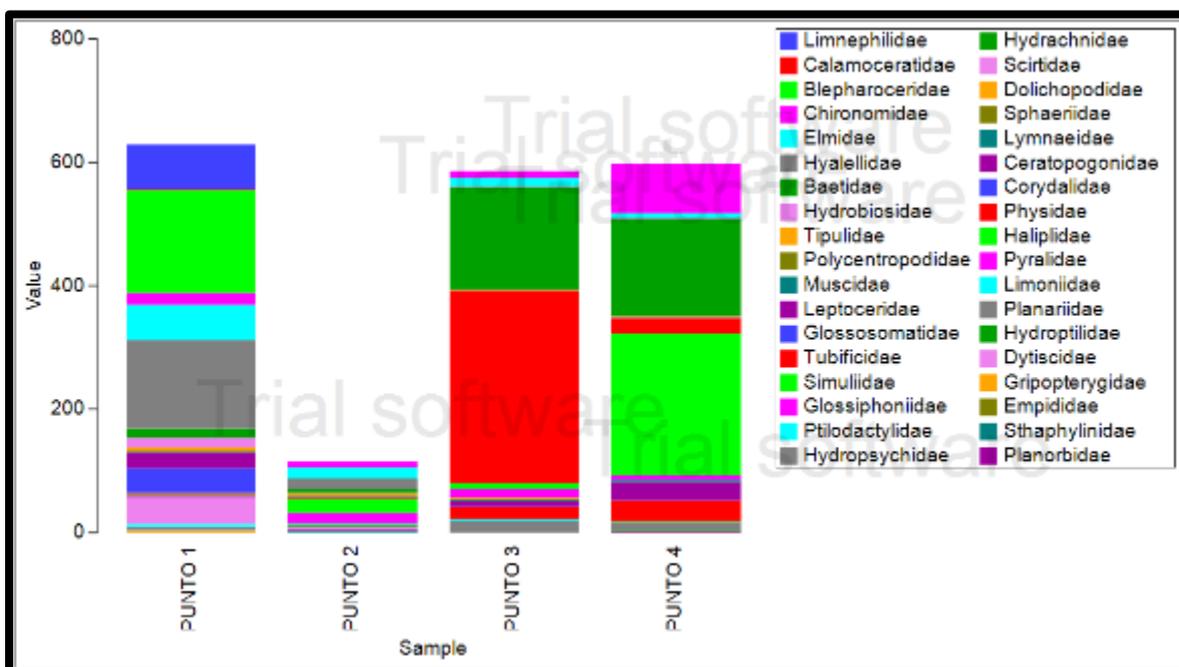


Gráfico 4-3: Cantidad de familias de macroinvertebrados por punto de monitoreo.

Realizado por: Toledo, M. 2015

3.10 Índice de SHANNON-WIENER

En concordancia con los resultados en el índice de Shannon se tiene que el punto 1 y el punto 2 presentan un valor normal de biodiversidad de familias mientras siendo el punto 2 más biodiverso que el punto 1 con un valor de 2,410, mientras que el punto 3 y punto 4 presentan sus valores disminuyen indicando una baja biodiversidad de familias encontrándose por debajo de 2 pero indicando que el punto 4 es más biodiverso en relación con el punto 3 con un valor máximo de 1,785.

DIVERSITY INDICES			
Imported data			
Analysis begun: domingo, 17 de mayo de 2015 20:34:55			
<i>Analysing 4 variables x 36 cases</i>			
<i>Data will be transposed before analysis</i>			
Shannon's method			
Log base e			
Sample	Index	Evenness	Num.Spec.
PUNTO 1	2,209	0,715	22,000
PUNTO 2	2,410	0,819	19,000
PUNTO 3	1,432	0,506	17,000
PUNTO 4	1,785	0,606	19,000

Ilustración 1-3: Resultados del Índice de Shannon-Wiener
Realizado por: Toledo,M.2015

3.11 Índice o coeficiente de Jaccard.

Los valores del coeficiente de Jaccard indican que el punto 1 en relación con el punto 2 presenta el mayor valor de similitud correspondiente a 0,464 en relación con los puntos restantes mientras que con el punto 3 es con el que menos familias comparte, el punto 2 y 3 al igual que el punto 3 y 4 son similares en un 50% es decir comparten el 50% familias mientras que el punto 2 y 4 son menos similares que con el punto 3.

CLUSTER ANALYSIS				
Imported data				
Analysis begun: domingo, 17 de mayo de 2015 20:29:48				
<i>Analysing 4 variables x 36 cases</i>				
<i>Data will be transposed before analysis</i>				
UPGMA				
Jaccard's Coefficient				
Constrained clustering strategy				
Similarity matrix				
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
PUNTO 1	1,000			
PUNTO 2	0,464	1,000		
PUNTO 3	0,393	0,500	1,000	
PUNTO 4	0,414	0,407	0,500	1,000

Ilustración 2-3: Resultados del coeficiente de similitud de Jaccard.
Realizado por: Toledo,M.2015

3.12 Índice WQI

El índice WQI durante el período de monitoreo se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 37-3: Resultados de calidad del agua de acuerdo al índice WQI en el mes de noviembre.

PARAMETRO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Oxígeno disuelto	97	68	79	97
Coliformes fecales	81	33	7	11
pH	70	62	70	68
DBO5	92	88	94	76
Diferencia de temperatura	93	90	87	71
Fosfatos totales	89	94	89	93
Nitratos	96	95	96	96
Turbidez	97	96	94	96
SDT	51	59	60	52
CALIDAD DEL AGUA	86	73	72	71

Realizado por: Toledo, M.2015

En noviembre todos los resultados de calidad del agua tienen valores bueno, con variaciones muy pequeñas, esto se debe a que todos los resultados de los análisis tienen valores bastante similares, exceptuando en parámetros como en el en los puntos 2, 3 y 4 donde existe la presencia notable de coliformes en el agua, es el único indicador bastante bajo, ya que los demás no representan rangos críticos sino que tienen valores muy aceptables, y en casos incluso tiene calidad excelente, como en los nitratos o la turbidez, y dado que los índices presentan cifras que no solo refieren a un parámetro sino a todo en conjunto, por lo que obtiene agua de buena calidad.

Tabla 38-3: Resultados de calidad del agua de acuerdo al índice WQI en el mes de diciembre.

PARAMETRO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Oxígeno disuelto	75	80	75	87
Coliformes fecales	100	49	16	49
pH	85	79	86	80
DBO5	80	61	80	61
Diferencia de temperatura	93	87	83	78
Fosfatos	10	100	100	100
Nitratos	95	93	96	93
Turbidez	85	65	89	65
SDT	83	52	65	57
CALIDAD DEL AGUA	79	74	73	74

Realizado por: Toledo, M.2015

En el mes de diciembre las alteraciones más significativas se dan en el punto 1 en el parámetro de fosfatos totales, lo que supone una contaminación química notable, la que puede ser resultado de arrastre de sustancias químicas subterráneas, o alteraciones químicas en las vertientes donde nace el río, ya que se podría descartar que sea contaminación por tensoactivos y similares, debido a que se encuentra en una zona donde no existen asentamientos poblados, pero en contraparte, se encuentra un valor excelente en el parámetro de coliformes, donde el resultado de los mismos es nulo, en los puntos 2, 3 y 4 la situación es totalmente opuesta, donde existen valores de coliformes, pero en cuanto a fosfatos se refiere los valores son inexistentes, por lo que la falencia de uno es compensada por el buen resultado del otro y por los valores buenos del agua en los demás parámetros, el agua en forma global se considera buena.

Tabla 39-3: Resultados de calidad del agua de acuerdo al índice WQI en el mes de enero.

PARAMETRO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Oxígeno disuelto	99	99	99	99
Coliformes fecales	58	28	14	12
pH	88	82	79	82
DBO5	80	80	80	80
Diferencia de temperatura	93	84	92	84
Fosfatos	100	100	100	100
Nitratos	97	97	97	97
Turbidez	96	97	68	97
SDT	82	70	72	65
CALIDAD DEL AGUA	87	80	76	80

Realizado por: Toledo, M.2015

En este mes se tiene un valor más alto en la calidad del agua en comparación con los meses anteriores, pero ya que existen coliformes en todos los puntos, este valor no permite al agua reportar una calidad excelente sino buena pero con valores muy altos dentro del rango de calidad bueno, esto demuestra que aunque se considera un análisis de forma unificada, tomando en cuenta todos los parámetros, la influencia de un elemento con baja calificación, es notable, no masivamente, pero si al menos visible.

Tabla 40-3: Resultados de calidad del agua de acuerdo al índice WQI en el mes de febrero.

PARAMETRO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Oxígeno disuelto	99	98	98	98
Coliformes fecales	34	11	10	21
pH	66	72	72	64
DBO5	96	80	56	73
Diferencia de temperatura	93	85	92	83

Fosfatos	100	100	100	5
Nitratos	97	95	93	44
Turbidez	96	59	66	98
SDT	83	68	70	58
CALIDAD DEL AGUA	83	73	71	64

Realizado por: Toledo, M.2015

En este mes reiteradamente la calidad del agua se encuentra en el rango de buena en todos los puntos de monitoreo, aunque los análisis para coliformes dan a notar contaminación por restos fecales y representan valores que serán muy bajos en la calificación del índice, y por la mismo el pH tiene variaciones notables, las demás cuantificaciones tienen cifras bastante buenas, y aunque en los puntos 2, 3 y 4 los valores resultantes de calidad están bastante bajos, se mantienen aún en los rangos de calidad de agua: buena.

Tabla 41-3: Resultados de calidad del agua de acuerdo al índice WQI en el mes de marzo.

PARAMETRO	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Oxígeno disuelto	99	98	98	98
Coliformes fecales	100	19	17	16
pH	89	92	79	77
DBO5	88	14	56	23
Diferencia de temperatura	93	77	88	88
Fosfatos	100	100	100	100
Nitratos	97	89	96	96
Turbidez	98	56	76	68
Solidos totales	83	68	75	72
CALIDAD DEL AGUA	95	67	74	69

Realizado por: Toledo, M.2015

Este mes es el único que realmente presenta variaciones en la calidad del agua de acuerdo al índice WQI entre puntos, y esto se debe a que en el punto 1 los valores son excelentes y dan a notar un agua de excelente calidad no existen coliformes, tampoco nitratos y fosfatos, la cantidad de solidos disueltos es muy baja lo que se ve evidenciado en la turbidez muy baja, pero en el punto 2 esto cambia dramáticamente ya que existe la presencia de coliformes y nitratos, y aunque el valor de solidos totales no es alarmante, se encuentra una turbidez muy elevada, esto demuestra que existe materia inorgánica e inorgánica disuelta en el agua, lo que da un valor de DBO5 muy elevado por lo que se asume contaminación de origen orgánico en el agua.

3.13 Carga Contaminante

Los resultados del cálculo de la carga contaminante presentaron valores con la misma tendencia en la curva gráfica, por lo cual se realizó una media en los resultados y se obtuvo lo siguiente:

Tabla 42-3: Resultados del cálculo de la carga contaminante.

Parámetro Físico-Químico	Unidad	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
DBO ₅	kg/día	15,67	35,90	130,69	489,82
SDT	kg/día	1642,81	1671,99	7396,38	20902,87
Fosfatos	kg/día	13,03	0,25	0,58	473,45
Nitratos	kg/día	6,88	12,71	27,81	125,81

Realizado por: Toledo, M.2015

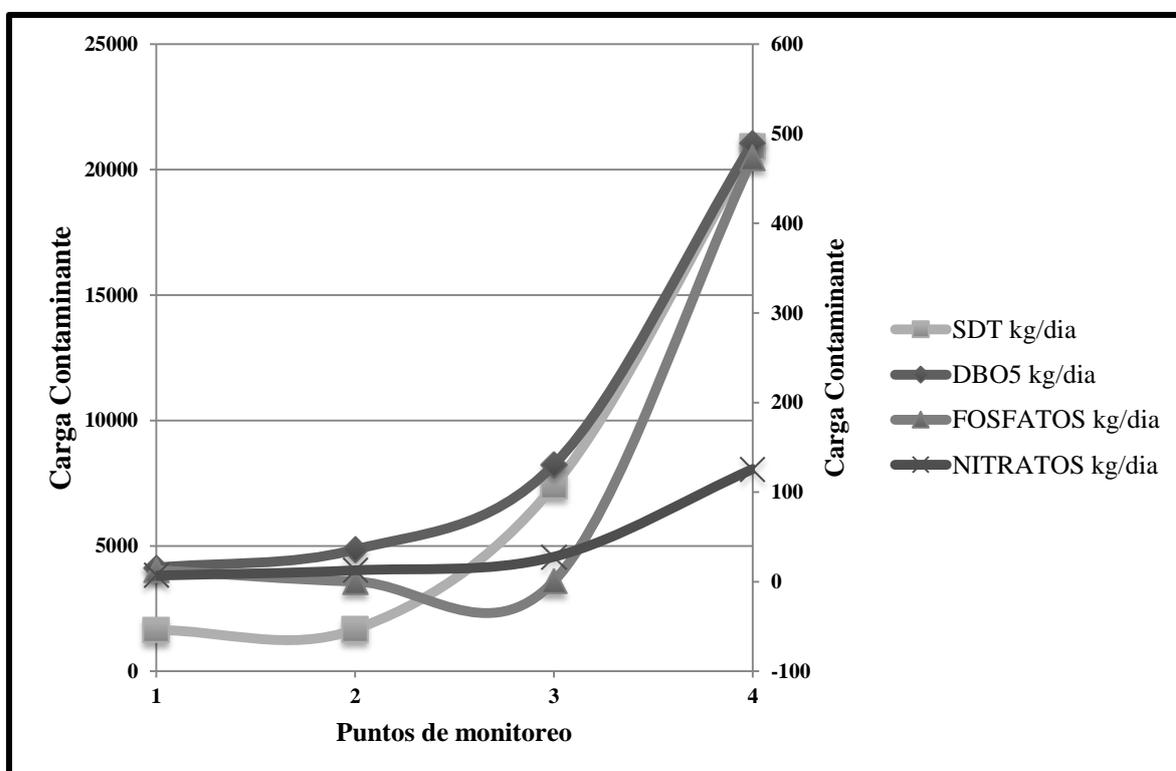


Gráfico 5-3: Variación de la carga contaminante

Realizado por: Toledo, M.2015

Se puede observar que la carga contaminante se incrementa a medida que el río avanza en su cauce natural, es decir la contaminación va aumentando a medida que el cuerpo de agua recorre su trayecto, esto puede deberse al incremento de actividad antropogénica, esto denota una relación estrecha con los resultados obtenidos a través de los índices biológicos.

3.14 Variación de Caudal con el índice BMWP/Col ABI y WQI

En los gráficos siguientes se representa la variación del caudal en relación con los índices bióticos y el índice de parámetros físico-químicos se asignó un puntaje del 1 al 5 para la calidad del agua estimada por cada índice desde calidad buena o muy buena hasta calidad mala o crítica de acuerdo a la denominación de cada índice.

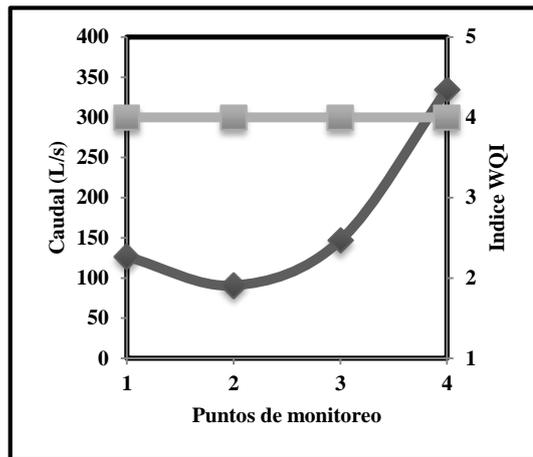


Gráfico 6-3: Caudal vs WQI (noviembre)
Realizado por: Toledo, M. 2015

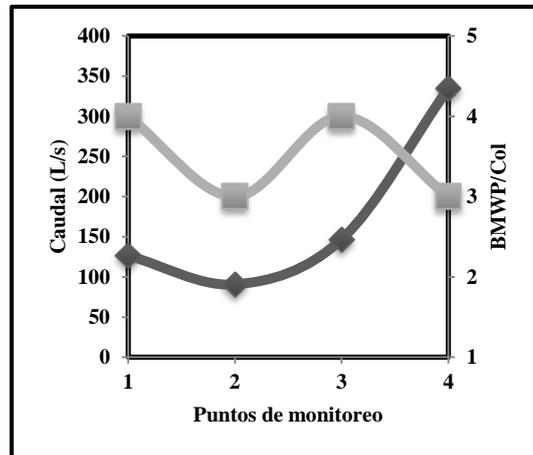


Gráfico 7-3: Caudal vs BMWP/Col (noviembre)
Realizado por: Toledo, M. 2015

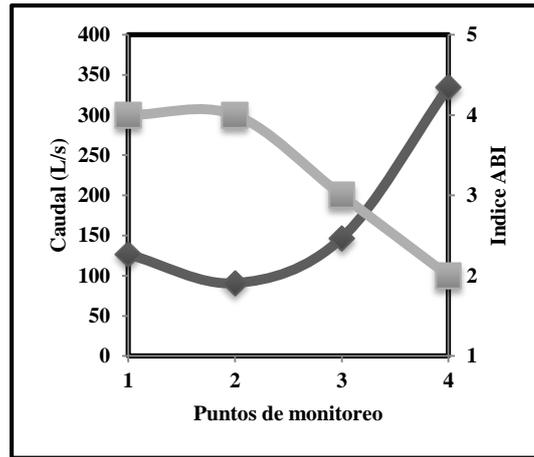


Gráfico 8-3: Caudal vs ABI (noviembre)
Realizado por: Toledo, M. 2015

En el mes de noviembre se puede notar que el caudal varía en cada punto de monitoreo esto debido a que en el punto 1 es el afloramiento mismo del río y no existe actividad antropogénica, en el punto 2 en cambio se ve una disminución del caudal debido a que se evidencia una infraestructura hidráulica de captación de agua para la estación hidroeléctrica de la Empresa Unión Cementera Nacional; en el punto 3 existe una recuperación de caudal a través a través de vertientes subterráneas y escorrentías menores; el punto 4 muestra el crecimiento del caudal debido a escorrentías menores y se puede suponer que también es alimentado por fuentes subterráneas como en el punto número 2. (Anexo X) Este análisis de caudal en relación con los índices propuestos arrojan los siguientes resultados:

En el gráfico 6-3 con el índice WQI, se evidencia que el agua tiene buena calidad y que la misma no cambia respecto al caudal.

En el gráfico 7-3 con el índice BMWP/Col, se muestra que la calidad permanece ondulante e indica inicialmente la calidad se mantiene en un criterio de aceptable si el caudal disminuye, luego el caudal se presenta aún más bajo en el punto 2 y la calidad baja a tipo dudosa luego nuevamente la calidad aumenta correspondiendo a un criterio de aceptable, en el punto tres al incrementarse el caudal y finalmente el caudal aumenta y la calidad del agua disminuye a dudosa.

En el gráfico 8-3 con el índice ABI, se observa en todos los puntos de monitoreo la misma interacción, que a medida que el caudal se incrementa la calidad disminuye en todos los puntos de monitoreo siguiendo un patrón desde calidad mala hasta calidad buena, mientras que al aumentar el caudal la calidad del agua disminuye teniéndose que la calidad del agua varía desde buena a calidad mala.

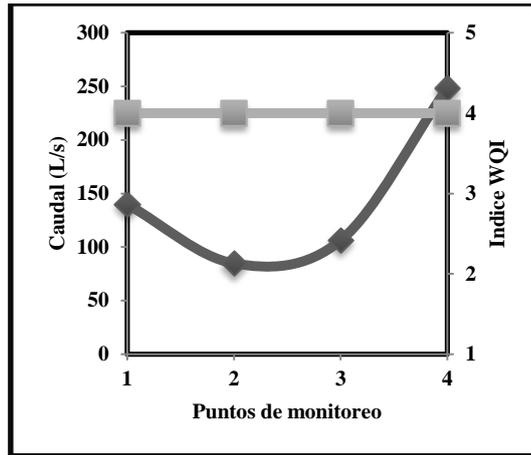


Gráfico 9-3: Caudal vs WQI (diciembre)
 Realizado por: Toledo, M. 2015

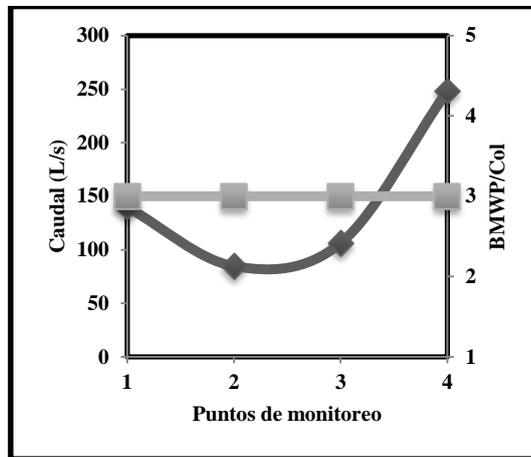


Gráfico 10-3: Caudal vs BMWP/Col (diciembre)
 Realizado por: Toledo, M. 2015

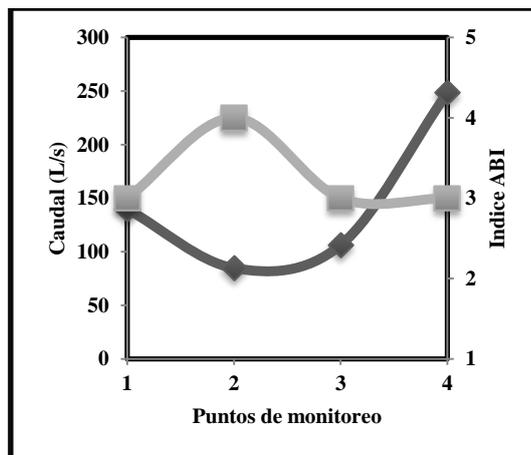


Gráfico 11-3: Caudal vs ABI (diciembre)
 Realizado por: Toledo, M. 2015

En el mes de diciembre se evidencia lo siguiente:

En el gráfico 9-3 con el índice WQI, se evidencia que la calidad del agua es de tipo Buena y que la misma no cambia respecto a la variación del caudal.

En el gráfico 10-3 con el índice BMWP/Col, al igual que con el índice WQI evidencia que la calidad del agua es de tipo Buena y que la misma no cambia respecto a la variación del caudal.

En el gráfico 11-3 con el índice ABI, se observa que inicialmente la calidad el agua se mantiene dudosa con relación al caudal mientras que en el punto 2 el caudal disminuye y la calidad del agua aumenta en un rango de aceptable, luego en el punto 3 el caudal aumenta y la calidad disminuye a dudosa, mientras que en la parte final el caudal aumenta progresivamente y la calidad sigue manteniéndose en un criterio de dudosa.

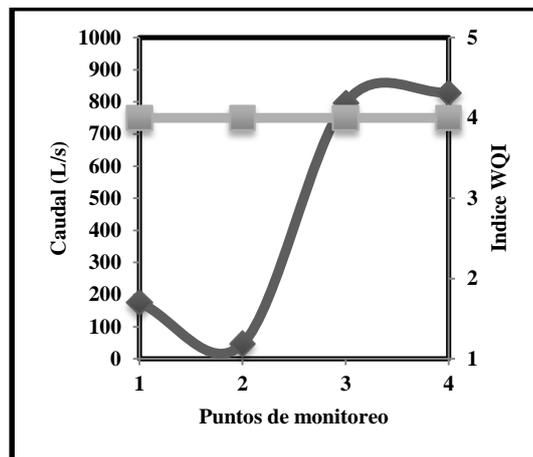


Gráfico 12-3: Caudal vs WQI (enero)
Realizado por: Toledo, M. 2015

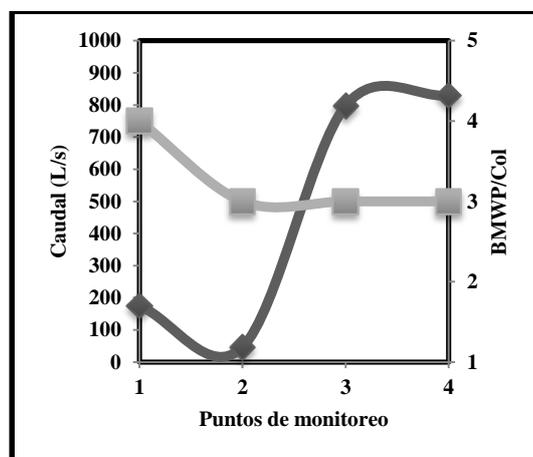


Gráfico 13-3: Caudal vs BMWP/Col (enero)
Realizado por: Toledo, M. 2015

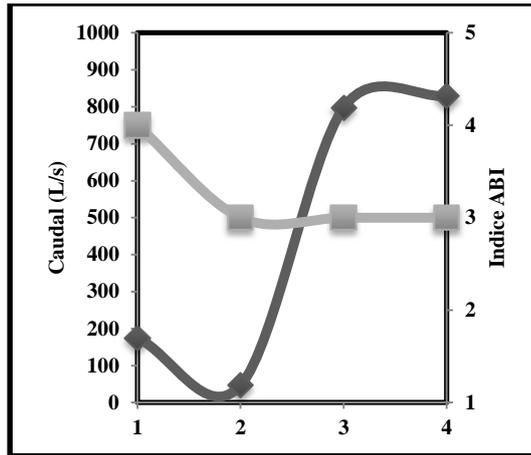


Gráfico 14-3: Caudal vs ABI (enero)
 Realizado por: Toledo, M. 2015

En el mes de enero se evidencia lo siguiente:

En el gráfico 12-3 con el índice WQI, se evidencia que el agua tiene buena calidad y que la misma no cambia respecto al caudal.

En el gráfico 13-3 con el índice BMWP/Col, observamos una alteración muy mínima en la calidad del agua, el punto 1 reporta una calidad de agua aceptable, mientras que los 3 puntos restantes presentan una calidad de agua dudosa, entre el punto 1 y 2 al relacionar el índice con el caudal se observa que se relacionan de forma directa, al descender el caudal la calidad de agua desciende también, pero en los puntos restantes no se aprecia relación alguna entre el índice y los valores obtenidos de caudal.

En el gráfico 14-3 con el índice ABI, la variación en la calidad es igual a la del índice descrito del índice BMWP/Col en el gráfico 13- 3.

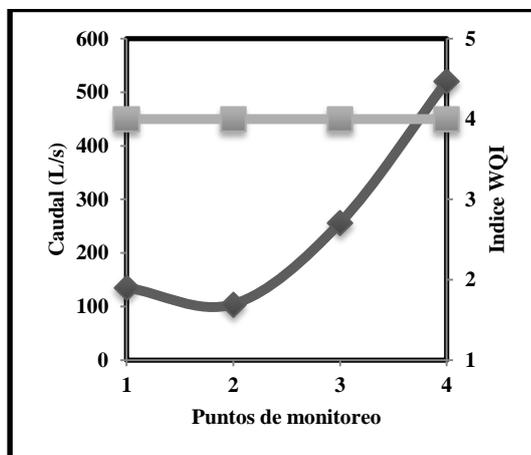


Gráfico 15-3: Caudal vs WQI (febrero)
 Realizado por: Toledo, M. 2015

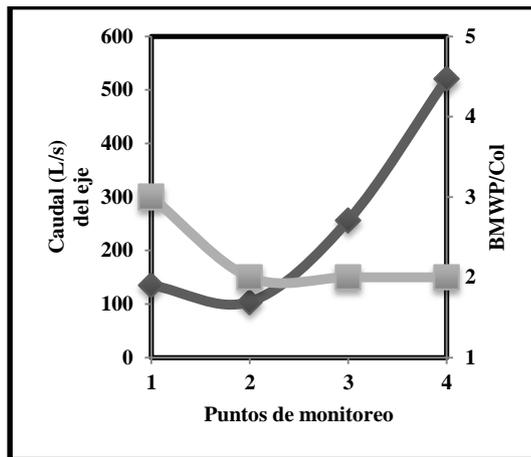


Gráfico 16-3: Caudal vs BMWP/Col (febrero)
Realizado por: Toledo, M. 2015

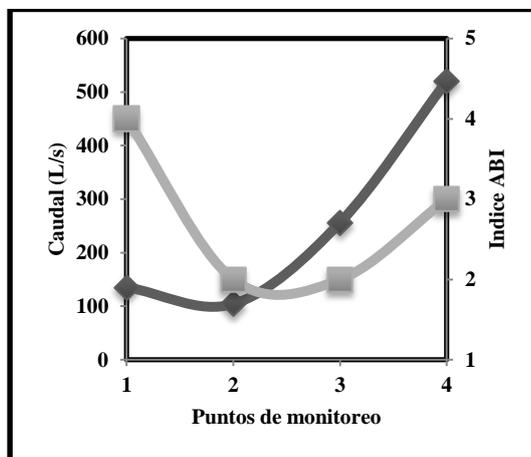


Gráfico 17-3: Caudal vs ABI (febrero)
Realizado por: Toledo, M. 2015

En el mes de febrero se evidencia lo siguiente:

En el gráfico 15-3 con el índice WQI, se evidencia que el agua tiene buena calidad y que la misma no cambia respecto al caudal.

En el gráfico 16-3 con el índice BMWP/Col, se observa que en el punto inicial el caudal se presenta bajo pero la calidad se encuentra en un rango de aceptable, un cambio de caudal produce que la calidad se mantenga en dudosa calidad del agua, mientras que los 2 puntos restantes presentan una calidad de agua crítica, donde la misma no varía con el caudal.

En el gráfico 17-3 con el índice ABI, se observa que la calidad del agua se incrementa cuando el caudal es bajo como se muestra en el punto 1 mientras que la calidad del agua disminuye cuando el caudal aumenta como es el caso del punto 4, excepto en la comparación entre el punto 2 y 3 donde

la calidad del agua se mantiene en un rango de mala.

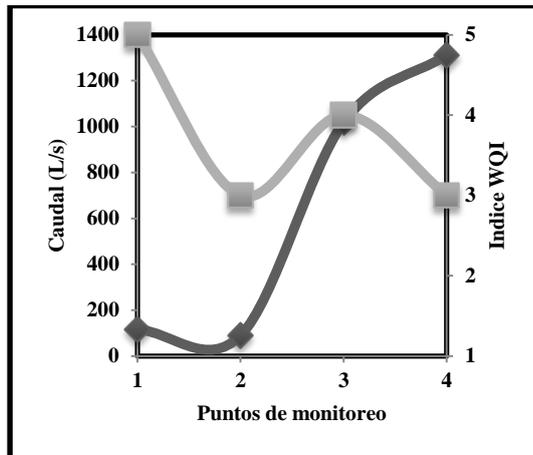


Gráfico 18-3: Caudal vs WQI (marzo)
Realizado por: Toledo, M. 2015

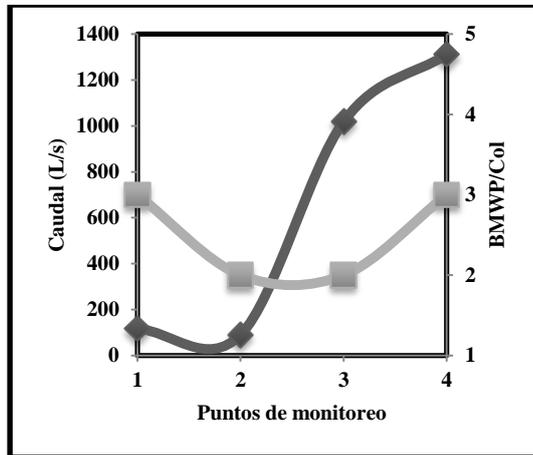


Gráfico 19-3: Caudal vs BMWP/Col (marzo)
Realizado por: Toledo, M. 2015

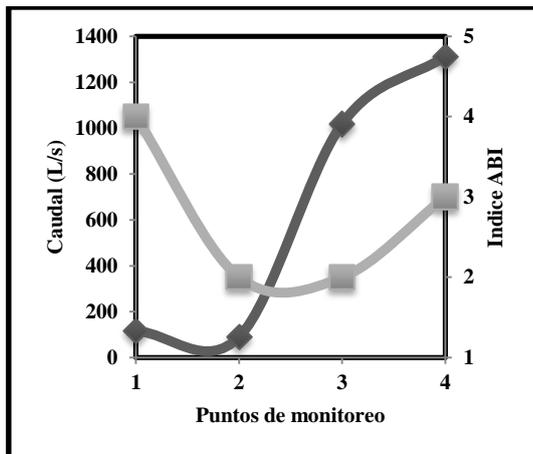


Gráfico 20-3: Caudal vs ABI (marzo)
Realizado por: Toledo, M. 2015

En el mes de marzo se evidencia que:

En el gráfico 17-3 con el índice WQI, se evidencia que el agua tiene cambios bastante significativos con referencia al caudal, cuando existen caudales bajos la calidad del agua aumenta con respecto a los puntos 1 y 2, mientras que en el punto 3 el caudal aumentan proporcionalmente con la calidad, y finalmente en el punto 4 el caudal aumenta y la calidad disminuye de buena a dudosa.

En el gráfico 18-3 con el índice BMWP/Col, se muestra una tendencia de relación directa en los puntos 1 y 4 donde la calidad aumenta con el caudal disminuye a diferencia de la variación del punto 2 al 3 donde la calidad del agua se mantiene en un rango de calidad mala mientras el caudal sube.

En el gráfico 19-3 con el índice ABI, si bien parte con una tipología de agua buena y un caudal bajo, en los puntos 2 y 3 existe un valor de calidad del agua mala mientras el caudal aumenta, y en el punto 4 la calidad del agua se muestra regular cuando el caudal se eleva.

3.14 Comparación de los índices biológicos BMWP/Col y ABI y el índice WQI.

En la siguiente tabla se muestran la valoración de los índices biológicos y el índice WQI en cada uno de los puntos de monitoreo.

Tabla 43-3: Resultados del índice BMWP/Col y ABI con el índice WQI

PUNTO DE MONITOREO	BMWP/Col	Interpretación	ABI	Interpretación	WQI	Interpretación
PUNTO 1	63,2	ACEPTABLE	68,8	BUENA	86	BUENA
PUNTO 2	39	DUDOSA	35,2	REGULAR	73,4	BUENA
PUNTO 3	44,6	DUDOSA	37,8	REGULAR	73,2	BUENA
PUNTO 4	50,8	DUDOSA	42	REGULAR	71,6	BUENA

Realizado por: Toledo, M.2015

Tanto el índice BMWP/Col y ABI muestran el mismo criterio de calidad en cada uno de los puntos de monitoreo mientras que el índice WQI indica que todos los puntos presentan una buena calidad del agua lo cual puede deberse a que los parámetros físico-químicos y microbiológicos se analizan en un momento dado es decir en las condiciones que influyen en ese momento, mientras que los macroinvertebrados reciben los efectos de la contaminación permanentemente debido a su vida sedentaria, estos resultados también pueden variar con relación a las crecientes del cauce natural.(Anexo S) (Anexo T) (Anexo U)

3.15 Análisis Estadístico

3.15.1 ANOVA de un factor.

Para el análisis de resultados se aplicó el Test ANOVA de un factor para saber si los valores de las medias de cada una de las variables son significativamente diferentes partiendo de un valor de significancia menor a 0,05 que es el más comúnmente aplicado.

Hipótesis:

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

Ha: al menos una es diferente

Tabla 44-3: Variables del estudio y su valor de significancia (p)

Variable	P
BMWP/Col	0,030
ABI	0,002
WQI	0,000

Realizado por: Toledo, M, 2015

Si $p < 0,05$ = Valores significativamente diferentes.

3.15.2 Prueba de Tukey

Una vez realizado el test de ANOVA se acepta la hipótesis alternativa, seguida de una prueba de Tukey para determinar los subconjuntos homogéneos.

Tabla 45-3: Aplicación de la Prueba de Tukey a los resultados.

PUNTO DE MONITOREO	MEDIA		
	BMWP/Col	ABI	WQI
PUNTO 1	63,20 b	68,80 b	86,00 b
PUNTO 2	39,00 a	35,20 a	73,40 a
PUNTO 3	44,60 ab	37,80 a	73,20 a
PUNTO 4	50,80 ab	42,06 a	73,00 a
F	3,830*	7,645**	10,442***
p<0,001 ***, p<0,01**, p<0,05*. Las medidas seguidas por la misma letra pertenecen al mismo grupo.			

Realizado por: Toledo, M, 2015

Los resultados estadísticos que se realizaron en este estudio indican que:

Para el índice BMWP/Col los puntos 1 y 2 tienen características diferentes entre sí, contrario a los grupos 3 y 4 que comparten características entre ellos, y cuentan con ciertas peculiaridades tanto del grupo “a” como del “b”.

Para el índice ABI existen 2 grupos marcados, en el grupo a se encuentran los puntos 2, 3 y 4 para dejar al punto 1 en el grupo “b”, es decir las características del grupo “a” son diferentes a las del grupo b.

El índice WQI presenta el mismo comportamiento entre grupos, que para el índice ABI.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En los puntos de monitoreo se encontraron características particulares en la calidad del agua de acuerdo a los índices BMWP/Col y ABI ya que, en el punto 1 es Aceptable y Buena (verde) respectivamente, en el resto de puntos se encuentra un rango de calidad de agua de tipo dudoso y regular (amarillo) respectivamente. Esto quiere decir que los dos índices son similares uno con el otro al momento de valorar la calidad de agua aun cuando el índice ABI incluye todas las familias identificadas en las zonas más altas, a diferencia del BMWP/Col que es más adecuado en las zonas de menor altitud.
- La variación del índice de calidad del bosque de ribera de acuerdo a QBR-Andean (punto 1) y QBR se evidencia que la calidad se presenta: intermedia (punto 2), pésima (punto 3), mala (punto 4); esto debido a que existe intervención antropogénica desde la parte alta hasta la parte baja de la microcuenca.
- La tipología de la diversidad de especies estudiadas a través del índice Shannon-Wiener indica que el punto 1 y 2 presentan una diversidad de familias con un criterio normal, es decir que en estos puntos existe una variedad equilibrada de especies; mientras que en el punto 3 y 4 la variedad de familias disminuye encontrándose en un criterio de baja diversidad. El índice de similitud de especies determinado a través de Jaccard indica que existe similitud entre las comunidades de macroinvertebrados encontrados en cada punto de muestreo.
- La interpretación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos a través del índice WQI indican que la calidad del agua en todos los puntos de monitoreo se mantiene en un criterio de Buena calidad.
- Los resultados de los índices bióticos (BMWP/Col, ABI) en comparación con el resultado del índice físico-químico y microbiológico (WQI), difieren ya que los índices bióticos determinan que la calidad del agua en la microcuenca es Dudosa o regular, mientras que el índice WQI determina que la calidad del agua en la microcuenca del río Chimborazo mantiene un criterio de Buena calidad esto debido a que el índice WQI considera las características del agua en un momento determinado mientras que los índices bióticos con macroinvertebrados proveen información de los cambios en su hábitat debido a sus ciclos de vida largos y su presencia permanente en el agua, lo que se corrobora al momento de relacionar la carga contaminante con los resultados obtenidos en los índices de calidad de agua tanto biológicos como físico químicos, esto sugiere que los índices biológicos

proporcionan información más real acerca de la situación del río que se analiza mientras que el índice WQI no refleja la situación real del área de estudio.

- La evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Chimborazo mediante la utilización de macroinvertebrados con los índices BMWP/Col y ABI en los cinco meses de monitoreo arroja como principal conclusión que la calidad del agua en la microcuenca es dudosa o regular (amarillo) en la parte media-baja y buena (verde) en la parte alta; esto debido a que existe influencia de las actividades antrópicas de comunidades vecinas al río además de las crecidas que se producen en el lecho lo que provoca el cambio brusco de las condiciones de los hábitats de los macroinvertebrados.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda la aplicación del índice ABI en las zonas de páramo ya que en esta zona este índice incluye todas las familias propias de este hábitat, mientras que el índice BMWP/Col en las zonas bajas se adapta mejor.
- Se sugiere realizar un estudio sobre la eficacia y eficiencia de los macroinvertebrados al evaluar la calidad del agua.
- Realizar un muestreo de aguas frecuente para tener un mejor resultado físico-químico en posteriores estudios.
- Se recomienda realizar un estudio de la variabilidad climática entre la zona alta y la zona media de los Andes Ecuatorianos ya que esto puede influir en los resultados de estudios de índices de calidad.
- Se recomienda ubicar una estación meteorológica cercana a la reserva faunística Chimborazo para el monitoreo en estudios posteriores.
- Establecer un plan de manejo de esta microcuenca para su conservación incluyendo la participación de todas las poblaciones aledañas al sector y verificar su cumplimiento.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Raúl., 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 Limnetica*. Vol. 28. 2009. pp. 35-64.

http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne28/L28a035_Calidad_rios_Andes_protocolo_CERA.pdf
2015-05-25

ANDERSON, James., & DAVIS, Craig. Wetland Techniques. Springer Science+Business media. London-England. 2013. p. 191

ECUADOR. ASAMBLEA NACIONAL. Constitución de la República del Ecuador. Montecristi-Ecuador. 2008. pp. 34-200.

ECUADOR. ASAMBLEA NACIONAL. Ley Orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua. Quito-Ecuador . 2014. 314p

BREÑA, Agustín., & JACOBO, Marco. Principios y fundamentos de la hidrología superficial. México D.F. - México .Universidad Autónoma Metropolitana. 2006. p.20.

BUDOWSKI, Gerardo. Las zonas de vida en América Central. Usos y abusos en el aprovechamiento de recursos naturales renovables. Turrialba-Costa Rica. Instituto interamericano de ciencias agrícolas de la OEA.1980. p. 1.

CAPÓ, Miguel. Principio de Ecotoxicología: Diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente. Madrid-España. Tébar. 2007. pp. 139,140

CARRERA, Carlos., & FIERRO, Karol. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Quito-Ecuador. EcoCiencia. 2001. 67p.

CONANT, Jeff., & FADEM, Pam. Guia comunitaria para la salud ambiental. California - Estados Unidos. Hesperian. 2011.p. 156.

CRUZ, Alejandro., & CAMARGO, Blanca. Glosario de términos en parasitología y ciencias afines . México D.F. - México. Plaza y Valdés. S.A de C.V. 2001. p. 128.

DE LA LANZA, Guadalupe., et al. Diccionario de hidrología y ciencias afines. México D.F. - México. Plaza y Valdes. 1999. p.93.

DE LA LANZA, Guadalupe., et al. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). México D.F. - México. Plaza y Valdés, S.A de C.V. 2000. p.113.

PNUMA. Calidad de las Aguas.

<http://www.pnuma.org/agua->

[miaac/CODIA%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS/PARTICIPANTES/Ecuador/CALIDAD%20AGUAS-ECUADOR.pdf](http://www.pnuma.org/agua-miaac/CODIA%20CALIDAD%20DE%20LAS%20AGUAS/MATERIAL%20ADICIONAL/PONENCIAS/PARTICIPANTES/Ecuador/CALIDAD%20AGUAS-ECUADOR.pdf)

2015-05-17

ERRÁZURIZ, Ana. Manual de geografía de Chile. 3a ed. Santiago - Chile. Andrés Bello. 1998. p.114

FAO. Caudal.

<http://www.fao.org/docrep/t0848s/t0848s06.htm>.

2015-17-05

GONZÁLEZ, Javier. Evaluación de tres sistemas silvopastoriles para la gestión sostenible de la microcuenca del río chimborazo. (TESIS) (Ing. Agrónomo). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba-Ecuador. 2009. pp. 7,8.

GUILLÉN, Antonio. Introducción a la neumática. Barcelona-España. Editorial Zaragoza. 1993. p. 10,11.

IDROVO, A., PEÑAHERRERA, D. Aporte analítico e investigativo para la implementación del plan de manejo integrado de la microcuenca del río Zhululum en el cantón Gualaceo, Provincia del Azuay. (TESIS) (Blgo de medio ambiente). Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología. Escuela de Biología de Medio. Cuenca-Ecuador. 2011.p.19.

INGA, Carlos. Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Chibunga. (TESIS) (Ing. Ambiental). Universidad Nacional de Chimborazo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Ambiental. Riobamba-Ecuador. 2009. pp. 10-15.

INSPIRACTION. Contaminación del Agua.

<https://www.inspiration.org/cambio-climatico/contaminacion/contaminacion-del-agua>.

2015-05-17

MANSON, Robert., et al. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz biodiversidad, manejo y conservación.. Instituto de ecología A.C. (INECOL), Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMAR-NAT). Distrito Federal-México. 2008. p. 137.

JAIMÉZ-CUÉLLAR, Pablo., et al. Protocolo Guadalmed (PRECE). *Revista Limnetica*. Madrid-España. 2002 .pp. 193,197.

http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne21/L21b187_Protocolo_GUADALMED_PRECE.pdf

2015-05-17

JIMÉNEZ, Henry. Hidrología Básica. Medellín-Colombia.Universidad del Valle, 1986. pp. 10,11.

LOCKWOOD, Julie., & McKinney, Michael. Biotic Homogenization. Springer Science+Business media. New York-United States. 2001. 289 p.

MANSON, Robert., et al. Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología A.C. (INECOL) e Instituto de Ecología (INE-SEMAR-AT). México D.F. - México. 2008. p.137.

MORENO, Claudia. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales. Zaragoza-España. ORCYT-UNESCO, Sea cyted. 2001. p. 23.

ONU

http://www.un.org/es/events/waterday/wwd_waterquality.shtml.

2015-05-24

OROZCO, Carmen., et al. Contaminación ambiental. Una visión desde la química. Madrid-España. Paraninfo. 2003. p. 63.

RAMOS, Raudel., et al. El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis. México D.F. - México. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. 2004. pp. 40-44.

ROLDÁN, Gabriel. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia, Uso del método BMWP/Col. Medellín-Colombia. Universidad de Antioquia. 2003. 175 p.

ROLDÁN, Gabriel.,& Ramirez, John. Fundamentos de limnología neotropical. 2a. ed. Medellín-Colombia. Universidad de Antioquia. 2008. p. 346.

SÁNCHEZ, Oscar., et al. Temas sobre conservación de invertebrados silvestres en México. México D.F. - México. 2011. p. 25.

SECRETARÍA DEL AGUA. Diagnóstico de las estadísticas del agua en el Ecuador. <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>
2015-05-17

SIERRA, Rodrigo. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Ecociencia Proyecto INEFAN/GEF-BIRF. Quito-Ecuador. Rimana. 1999. 174p.

TORRES, Myriam. Zonificación Ambiental de una Cuenca Hidrográfica. Santa Fé de Grupo de Publicaciones -SENA-. Bogotá-Colombia. 1998. p. 40.

WATER QUALITY ASSOCIATION. Water Contaminants. <http://www.wqa.org/Learn-About-Water/Common-Contaminants>.
2015-05-21

WATER RESEARCH CENTER. Drinking water and other waters bacterial testing and screening <http://www.water-research.net/index.php/water-testing/bacteria-testing/coliform-bacteria>.
2015-05-18

WATER RESEARCH CENTER. Dissolved oxygen in water. <http://www.water-research.net/index.php/dissolved-oxygen-in-water>.
2015-05-14

WATER RESEARCH CENTER. Monitoring the Quality of Surfacewaters. <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters>
2015-05-14

WATER RESEARCH CENTER. Nitrates and Nitrites in Drinking Water and Surfacewaters.

<http://www.water-research.net/index.php/nitrate>

2015-05-17

WATER RESEARCH CENTER. Ph of water.

<http://www.water-research.net/index.php/ph>

2015-05-17

WATER RESEARCH CENTER. Phosphates in the environment .

<http://www.water-research.net/index.php/phosphates>

2015-05-17

WATER RESEARCH CENTER. Stream Water Quality- Importance of temperature

<http://www.water-research.net/index.php/stream-water-quality-importance-of-temperature>

2015-05-17

WATER RESEARCH CENTER. Stream Water Quality-Importance of total suspended solids/turbidity.

<http://www.water-research.net/index.php/stream-water-quality-importance-of-total-suspended-solids-turbidity>

2015-05-17

ANEXOS

Anexo A. Ficha de Campo.

Ficha de Campo de cualificación y descripción de la zona de estudio													
Datos generales	Monitoreado por				Coordenadas	X	Y	Zona UTM			FOTOGRAFÍAS		
	Fecha				Sistema							FOTOGRAFÍA DE LOS MICROHABITAT 1	
	Hora inicio	Hora fin			Altitud (m)								
	Cantón				Tipo de sustrato								
	Provincia				Colectores								
	Parroquia				Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado					
	Comunidad												
	Nombre del Río												
	Código Río												
	Observaciones					Datos de calidad de agua in situ							
					Temperatura agua (°C)								
					pH								
					Turbidez(NTU)								
					Conductividad (µS/cm)								
					TD5(mg/l)								
					OD(mg/l)								
					%OD								
					Datos de Caudal					FOTOGRAFÍA DE LOS MICROHABITAT 2			
					Profundidad media(m)	Ancho cauce (m)							
					Molinete (m³/s) a*n+b, a y b constantes del aparato	Método del Flotador A*v		Volumétrico V*t					
Vegetación ribereña					Hélice #:	A = Área del perfil del cauce (m2)=		V = Volumen (m3) t = tiempo (s)					
					Marca:	Ancho1=		V =					
					n=	Ancho2=		t1=					
						Ancho3=		t2=					
						Distancia=		t3=					
					t1=	t2=	t3=						
					Q =	Q =	Q =						
Impactos										FOTOGRAFÍA DE LOS MICROHABITAT 3			
Categorías organolépticas					Afectación antropogénica								
Apariencia (Flotantes, suspensos, espumas, transparentes)			Olor (Rancio, sangre, animal, vegetal, huevo podrido, basura, orina o excremento)		Tipo (Turismo, caza, pesca, descargas industriales, derrumbes)	Valor (Estimación % actividades antropogénica = ganadería, basura...)	Color (café, verde, morado, rojo, amarillo, azul, gris o blanco)	Riesgo (Nada=0, bajo=1, medio=2, alto =3)					
Residuos líquidos					Residuos sólidos								
Domésticos	Industriales		Combustibles	Basura	Escombros	Excretas	Cadáveres						

FUENTE: Secretaría del Agua

Anexo B. Ficha de Campo para evaluar el índice QBR.

Medición del Índice de calidad del Bosque de Ribera



Grado de cubierta de la zona de ribera		
Puntuación		Total
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no son tomadas en cuenta)	
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total	
5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es > 50 %	
-5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre 25 y 50 %	
-10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es < 25 %	

Estructura de la cubierta (se contabiliza toda la zona de ribera)		
Puntuación		Total
25	Cobertura de los árboles superior a 75 %	
10	Cobertura de los árboles entre 50 y 75 % o cobertura de los árboles entre el 25 y 50 % y el resto de la cubierta de los arbustos superan el 25 %	
5	Cobertura de los árboles inferior a 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %	
0	Sin árboles y arbustos por debajo del 10 %	
10	Si en la orilla la concentración de heliófilos o arbustos es > 50 %	
5	Si en la orilla la concentración de heliófilos o arbustos es entre 25-50 %	
5	Si existe una buena conexión entre la una de arbustos y la de árboles con sotobosque	
-5	Si existe una distribución regular (lineal) de los árboles y sotobosque recubre más del 50 %	
-5	Si los bosques y arbustos se distribuyen en manchas sin una continuidad	
-10	Si existe una distribución regular (lineal) de los árboles y sotobosque recubre menos del 50 %	

Grado de naturalidad del canal fluvial		
Puntuación		Total
25	El canal del río no ha sido modificado	
20	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	
5	Signos de liberación y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	
0	Río canalizado en la totalidad del tramo	
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río	
-10	Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río	
-5	Si hay basura en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes	
-10	Si hay un basurero permanente en el tramo estudiado	

Calidad de la cubierta		
Puntuación		Total
25	Todos los árboles de la vegetación ribereña autóctonos	
10	Máximo un 25 % de la cobertura es de especies de árboles introducidos	
5	26 - 50 % de los árboles de ribera son especies introducidas	
0	Más del 51 % de los árboles son especies introducidas	
10	> 75 % de los arbustos son especies autóctonas	
5	51 %- 75 % o más de los arbustos de especies autóctonas	
-5	26 - 50 % de la cobertura de arbustos es de especies autóctonas	
-10	Menos del 25 % de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas	

Rangos de calidad según el índice QBR		
Puntuación		Total
	Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy bueno	> 95
	Bosque ligeramente perturbada, calidad buena	75 - 90
	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	55 - 70
	Alteración fuerte, mala calidad	30 - 50
	Degradación extrema, calidad pésima	< 25

FUENTE: Secretaría del Agua

Anexo C. Ficha de Campo para evaluar el índice IHF.

Medición del Índice Hábitat Fluvial (IHF)



Inclusión de rápidos - sedimentación de charcas			
Puntuación			Total
10	Piedras, cantos rodeados y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0-30 %		
5	Piedras, cantos rodeados y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30-50 %		
0	Piedras, cantos rodeados y gravas medianamente fijadas por el sedimento fino. Inclusión > 60 %		

Regímenes de velocidad / profundidad			
Puntuación			Total
10	4 categorías : Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero		
8	Solo 3 de las 4 categorías		
6	Solo 2 de las 4		
4	solo 1 de las 4		

Frecuencia de rápidos			
Puntuación			Total
10	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7		
8	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15		
6	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos y anchura del río 15		
4	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos del río > 25		
2	Sólo pozas		

Composición del sustrato			
	Puntuación	Total	
2	1-10 %	% Bloques y piedras	
5	> 10 %		
2	1-10 %	% Cantos y gravas	
5	> 10 %		
2	1-10 %	% Arena	
5	> 10 %		
2	1-10 %	% Limo y arcilla	
5	> 10 %		

Elementos de heterogeneidad			
Puntuación		Total	
4	Hojarasca	> 10 % o < 75 %	
2		< 10 % o > 75 %	
2	Presencia de troncos y ramas		
2	Raíces expuestas		
2	Diques naturales		

Porcentaje de sombra en el cauce			
Puntuación		Total	
10	Sombreado con ventanas		
7	Totalmente en sombra		
5	Grandes claros		
4	Expuesto		

Rangos de calidad según el índice de hábitat fluvial		
Muy alta diversidad de hábitats		> 90
Alta diversidad de hábitats		71 - 90
Diversidad de hábitats media		50 - 70
Baja diversidad de hábitats		31 - 49
Muy baja diversidad de hábitats		< 30

Cobertura de vegetación acuática			
Puntuación		Total	
10	Algas + briofitas (líquenes y musgos) material flotante		10 - 50 %
5			<10 % > 50 %
0			Ausencia Total
10	Vegetación pegada a las rocas		10 - 50 %
5			<10 % > 50 %
0			Ausencia Total
10	Plantas acuáticas / sema acuáticas		10 - 50 %
5			<10 % > 50 %
0			Ausencia Total
		Total	

FUENTE: Secretaría del Agua

Anexo F. Hoja de campo para evaluar el punto de referencia 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 Traslados a 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 i/ovacas y pasto en la llanura de inundación	5	3	1
3.4 Infraestructuras laterales (carreteras, construcciones...)	5	3	1
3.5 Falta de cubierta 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, Raúl., et al. 2009. http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne28/L28a035_Calidad_rios_Andes_protocolo_CERA.pdf. pp. 35-64

Anexo G. Hoja de campo para evaluar el índice QBR en la zona Andina.

ÍNDICE QBR-And
Calidad de la ribera de
Comunidades de Pajonales de
Páramos y Punas
Protocolo CERA



<p>La puntuación de cada uno de los 3 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Estación</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>Observador</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td></td> </tr> </table>	Estación		Observador		Fecha															
Estación																					
Observador																					
Fecha																					
<p>Grado de cubierta de la zona de ribera Puntuación bloque 1</p>																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: left;">Puntuación</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">25</td> <td>> 80 % de cubierta vegetal de la ribera (Gramíneas y/o matorral y/o "almohadillas")</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10</td> <td>50-80 % de cubierta vegetal de la ribera</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>10-50 % de cubierta vegetal de la ribera</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>< 10 % de cubierta vegetal de la ribera</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+ 10</td> <td>si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es total</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+ 5</td> <td>si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es >50%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">- 5</td> <td>Si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es entre el 25-50%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-5</td> <td>Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera <50%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-10</td> <td>Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera >50%</td> </tr> </table>		Puntuación		25	> 80 % de cubierta vegetal de la ribera (Gramíneas y/o matorral y/o "almohadillas")	10	50-80 % de cubierta vegetal de la ribera	5	10-50 % de cubierta vegetal de la ribera	0	< 10 % de cubierta vegetal de la ribera	+ 10	si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es total	+ 5	si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es >50%	- 5	Si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es entre el 25-50%	-5	Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera <50%	-10	Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera >50%
Puntuación																					
25	> 80 % de cubierta vegetal de la ribera (Gramíneas y/o matorral y/o "almohadillas")																				
10	50-80 % de cubierta vegetal de la ribera																				
5	10-50 % de cubierta vegetal de la ribera																				
0	< 10 % de cubierta vegetal de la ribera																				
+ 10	si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es total																				
+ 5	si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es >50%																				
- 5	Si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es entre el 25-50%																				
-5	Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera <50%																				
-10	Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera >50%																				
<p>Calidad de la cubierta Puntuación bloque 2</p>																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: left;">Puntuación</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">25</td> <td>Todas las especies vegetales de ribera autóctonas (gramíneas, matorral o almohadillas)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10</td> <td>Ribera con <25% de la cobertura con especies de introducidas (<i>Eucalyptus spp.</i>, <i>Pinus spp.</i>) o especies arbustivas secundarias (por efecto de sobrepastoreo)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>Ribera entre 25-80% de la cobertura con especies introducidas o con arbustivas secundarias</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>Ribera con >80% de especies introducidas o arbustivas secundarias</td> </tr> </table>		Puntuación		25	Todas las especies vegetales de ribera autóctonas (gramíneas, matorral o almohadillas)	10	Ribera con <25% de la cobertura con especies de introducidas (<i>Eucalyptus spp.</i> , <i>Pinus spp.</i>) o especies arbustivas secundarias (por efecto de sobrepastoreo)	5	Ribera entre 25-80% de la cobertura con especies introducidas o con arbustivas secundarias	0	Ribera con >80% de especies introducidas o arbustivas secundarias										
Puntuación																					
25	Todas las especies vegetales de ribera autóctonas (gramíneas, matorral o almohadillas)																				
10	Ribera con <25% de la cobertura con especies de introducidas (<i>Eucalyptus spp.</i> , <i>Pinus spp.</i>) o especies arbustivas secundarias (por efecto de sobrepastoreo)																				
5	Ribera entre 25-80% de la cobertura con especies introducidas o con arbustivas secundarias																				
0	Ribera con >80% de especies introducidas o arbustivas secundarias																				
<p>Grado de naturalidad del canal fluvial Puntuación bloque 3</p>																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: left;">Puntuación</td> </tr> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;">25</td> <td>El canal del río no ha estado modificado</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">10</td> <td>Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td>Río canalizado en la totalidad del tramo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">- 10</td> <td>si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">- 10</td> <td>si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-5</td> <td>si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-10</td> <td>si hay un basurero permanente en el tramo estudiado</td> </tr> </table>		Puntuación		25	El canal del río no ha estado modificado	10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	0	Río canalizado en la totalidad del tramo	- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río	- 10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río	-5	si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes	-10	si hay un basurero permanente en el tramo estudiado		
Puntuación																					
25	El canal del río no ha estado modificado																				
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal																				
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río																				
0	Río canalizado en la totalidad del tramo																				
- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río																				
- 10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río																				
-5	si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes																				
-10	si hay un basurero permanente en el tramo estudiado																				
<p>Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)</p>																					

Fuente: ACOSTA, Raúl., et al. 2009. http://www.limnetica.com/Limnetica/Limne28/L28a035_Calidad_rios_Andes_protocolo_CERA.pdf. pp. 35-64

Anexo H. Hoja de Datos para el aforo de fuentes hídricas superficiales.

AFORO MOLINETE

IDENTIFICACION		PROCESO	GRUPO	COOPAIS
FUENTE/APROVECHAMIENTO				AFORO No.
SITIO DEL AFORO				FECHA
INSTITUCION/USUARIO/INTERESADO				HORA
				Lec. Limn. (m)

LOCALIZACION		UBICACION GEOGRAFICA		INSTRUMENTAL HIDROMETRICO (Molinete)	
LATITUD (m)		PROVINCIA		MARCA	
LONGITUD (m)		CANTON		HELICE	
ELEVACION (msnm)		PARISHOQUIA			
ZONA (17 ó 18)		DEMARCAACION	DEMARCAACION PASTAZA		
		CUENCA			

PERSONAL	
OPERADOR	
AUXILIAR	
CALCULO	
Fecha Cierre	

OBSERVACIONES

MATRIZ

Vertical	X	PT	PP	R	T	
	(m)	(m)	(m)	(metros)	(seg)	
2						MZ
3						
4						
5						
6						

Vertical	X	PT	PP	R	T	
	(m)	(m)	(m)	(metros)	(seg)	
7						
8						
9						
10						
11						MD

FUENTE: Secretaría del Agua

Anexo I. Hoja de cálculo de Excel para determinar el Caudal.

HOJA DE CALCULO DE AFOROS										
MOLINETE SEBA Helice 125-80mm										
Ecuaciones Si $0 < n < 0,58$ _ $v = 0,0147 + 0,1488 * n$										
Si $0,58 < n < 3,53$ _ $v = 0,0226 + 0,1351 * n$										
Si $3,53 < n < 10$ _ $v = 0,0339 + 0,1319 * n$										
								Q Total	1,2685 m3/s	1268,53 l/s
Distancia	Prof. Total	Prof. Medida	Revoluciones	Tiempo	n	Velocidad	V.media	Area	Q parcial	
0,00	0,79									
0,50	0,50	0,16	86	30	2,87	0,410	0,423	0,3225	0,1365	
		0,32	90	30	3,00	0,428				
		0,48	91	30	3,03	0,432				
2,00	0,38	0,15	156	30	5,20	0,720	0,742	0,66	0,4896	
		0,30	166	30	5,53	0,764				
3,00	0,32	0,13	140	30	4,67	0,649	0,724	0,35	0,2535	
		0,26	174	30	5,80	0,799				
4,00	0,32	0,13	148	30	4,93	0,685	0,755	0,32	0,2416	
		0,26	180	30	6,00	0,825				
5,00	0,24	0,16	112	30	3,73	0,526	0,526	0,28	0,1474	
5,50	0,10									
							0,634	1,933		
							V.Promedio	A. Total		

Fuente: Secretaría del Agua

Anexo J. Perfil de río.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA I

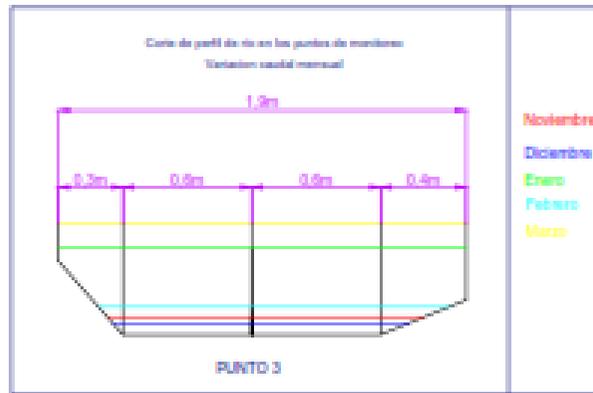
DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBR

LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO

Corte de perfil de rí



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO		Noviembre Diciembre Enero Febrero Marzo
DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL USO DE MICROINVERTEBRADOS AQUÁTICOS COMO BIOMONITORES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO		Febrero Marzo
Carre de perfil de río en los puntos de monitoreo - Variación caudal mensual		Tesis: Margarita Toledo B.



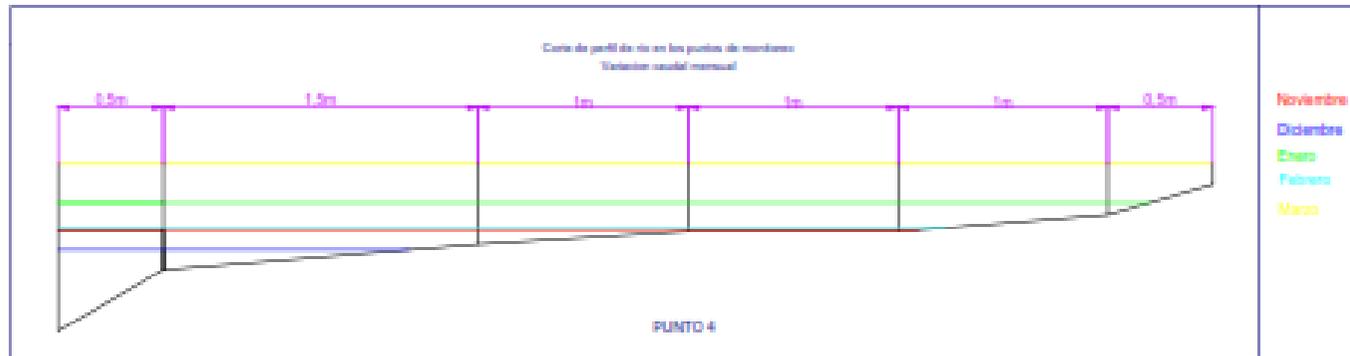
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SIGUIENTE EL USO DE SACROVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES EN
LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO

Corte de perfil de río en los puntos de muestreo - Variación caudal mensual

Noviembre
Diciembre
Enero
Febrero
Marzo

Tutora: Margarita Toledo B.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL USO DE MICROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOMONITORES EN
LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO

Corte de perfil de río en los puntos de muestreo - Variación caudal mensual

Noviembre Febrero
Diciembre Marzo
Enero

Tesis: Margarita Toledo B.

Anexo K. Informe de Laboratorio CESTTA Punto 1.

	<p style="text-align: center;">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p style="text-align: center;">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p style="text-align: center;">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	 <p style="text-align: center;">LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INFORME DE ENSAYO No: 605
ST: 15 – 199 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: NA
Atn. Margarita Toledo
Dirección: Cda. Las Acacias
 Riobamba – Chimborazo
 10 de Abril del 2015

FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/04/01 - 16:48
FECHA DE MUESTREO: 2015/04/01 - 10:30
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/04/01 - 2015/04/10
TIPO DE MUESTRA: Agua natural
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 360-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: P1
PUNTO DE MUESTREO: Río Chimborazo

ANÁLISIS SOLICITADO: Físico Químico Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Margarita Toledo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222I	UFC/100 ml	<1	+20%	-
Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No 4500 NO ₃	mg/L	<2,3	±29%	-
Fosfatos	PEE/LABCESTTA/21 Standard Methods No 4500-P B5/ 4500-PC	mg/L	<1,7	±23%	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	<2	±32%	-
Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	UNT	<0,64	±24%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-14

Página 1 de 1
 Edición 4

Anexo L. Informe de Laboratorio CESTTA Punto 2.

	<p style="text-align: center;">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p style="text-align: center;">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p style="text-align: center;">Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Teléfono: (03) 3013183</p>	 <p style="text-align: center;">LABORATORIO DE ENSAYOS N° ODE LE 20 06-008</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INFORME DE ENSAYO No: 605
ST: 15 – 199 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: NA
Atn. Margarita Toledo
Dirección: Cda. Las Acacias
 Riobamba – Chimborazo
 10 de Abril del 2015
FECHA:
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/04/01 - 16:48
FECHA DE MUESTREO: 2015/04/01 - 11:30
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/04/01 - 2015/04/10
TIPO DE MUESTRA: Agua natural
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 361-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: P2
PUNTO DE MUESTREO: Río Chimborazo
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico Químico Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Margarita Toledo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222I	UFC/100 ml	1800	±20%	-
Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No 4500 NO ₃	mg/L	3,04	±23%	-
Fosfatos	PEE/LABCESTTA/21 Standard Methods No 4500-P B5/ 4500-PC	mg/L	<1,7	±23%	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/l	18	+32%	-
Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	UNT	26	48%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra recibida en el laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO
 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 Riobamba

Anexo M. Informe de Laboratorio CESTTA Punto 3.

 <p>CESTTA SGC</p>	<p align="center">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p align="center">DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA)</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	 <p align="center">LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INFORME DE ENSAYO No:	605
ST:	15 - 199 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Margarita Toledo
Dirección:	Cdla. Las Acacias Riobamba - Chimborazo
FECHA:	10 de Abril del 2015
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2015/04/01 - 16:48
FECHA DE MUESTREO:	2015/04/01 - 12:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2015/04/01 - 2015/04/10
TIPO DE MUESTRA:	Agua natural
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 362-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	P3
PUNTO DE MUESTREO:	Rio Chimborazo
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico Químico Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Margarita Toledo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222I	UFC/100 ml	2760	±20%	-
Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No 4500 NO ₃	mg/L	<2,3	±29%	-
Fosfatos	PEE/LABCESTTA/21 Standard Methods No 4500-P B5/ 4500-PC	mg/L	<1,7	±23%	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	5	±32%	-
Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	UNT	9,96	±8%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 2015-04-01

Anexo N. Informe de Laboratorio CESTTA Punto 4.

	<p style="text-align: center;">CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA ALIMENTARIA DEPARTAMENTO : LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN (LABCESTTA) Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 20 08 008
-----------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

INFORME DE ENSAYO No: 605
ST: 15 - 199 ANÁLISIS DE AGUAS
Nombre Peticionario: NA
Atn. Margarita Toledo
Dirección: Cda. Las Acacias
 Riobamba - Chimborazo
FECHA: 10 de Abril del 2015
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2015/04/01 - 16:48
FECHA DE MUESTREO: 2015/04/01 - 13:30
FECHA DE ANÁLISIS: 2015/04/01 - 2015/04/10
TIPO DE MUESTRA: Agua natural
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-A 363-15
CÓDIGO DE LA EMPRESA: P4
PUNTO DE MUESTREO: Rio Chimborazo
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico-Químico Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Margarita Toledo
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222I	UFC/100 ml	3200	±20%	-
Nitratos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No 4500 NO ₃	mg/L	<2,3	±25%	-
Fosfatos	PEE/LABCESTTA/21 Standard Methods No 4500-P B5/ 4500-PC	mg/L	<1,7	±25%	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	14	±32%	-
Turbidez	PEE/LABCESTTA/43 EPA 180.1	UNT	14,6	±8%	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO
 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
 LAB - CESTTA

Anexo O. Datos Meteorológicos.

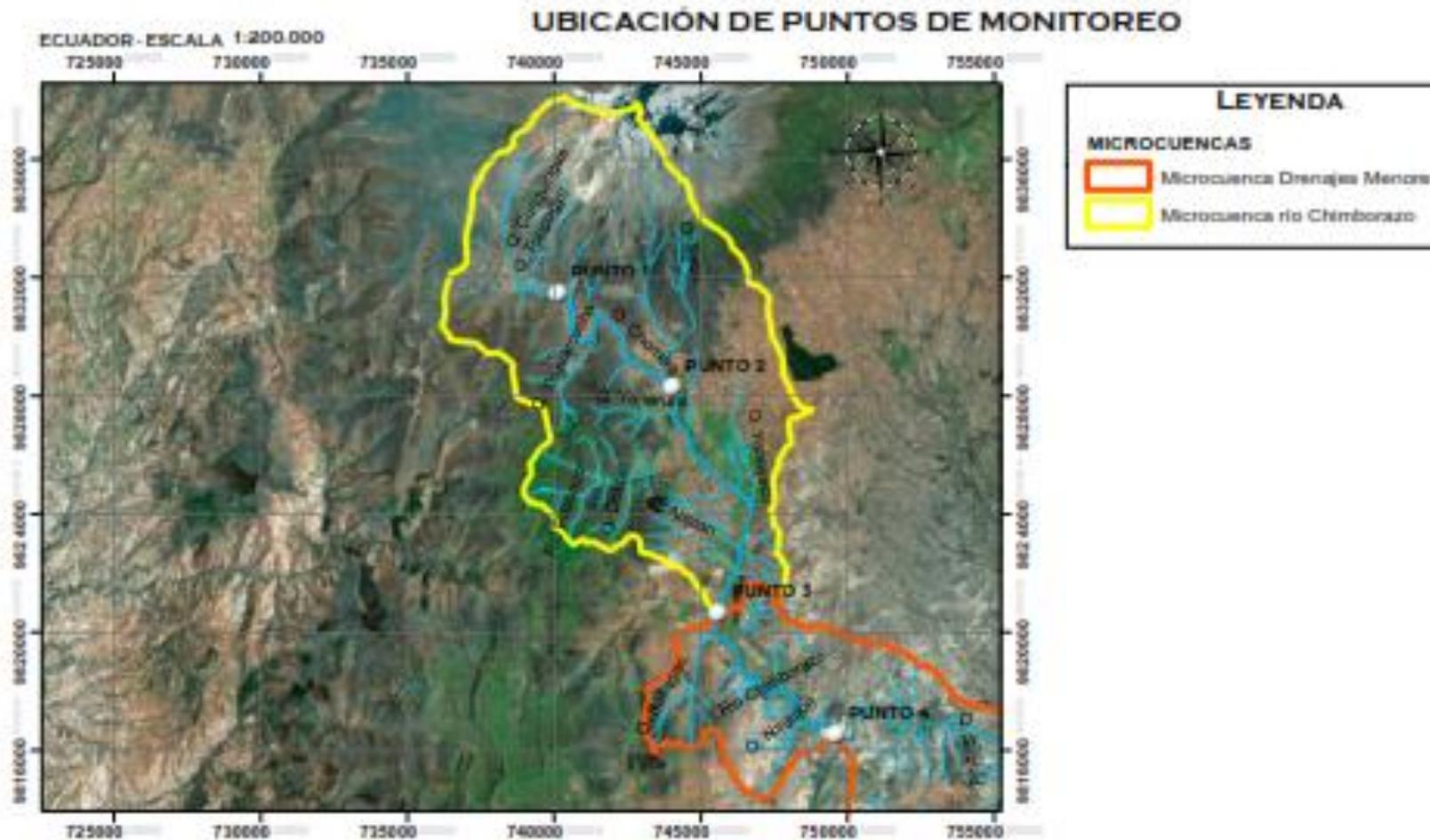
AÑO	MES	DIA																														SUMA	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		31
2014	ENE	0,0	0,0	0,0	3,8	1,9	17,9	18,1	14,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,3	0,0	3,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	65,3
	FEB	0,0	0,0	9,4	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,6	0,4	3,5	0,0	0,5	2,4			22,7	
	MAR	12,7	0,0	0,0	4,4	1,0	0,0	11,6	8,5	0,0	7,3	19,6	11,0	0,0	0,0	5,4	3,2	2,6	3,9	2,2	0,0	1,4	0,0	2,4	0,7	0,0	5,5	2,0	0,0	0,0	4,5	0,0	109,9
	ABR	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	1,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	2,1	6,3	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	1,1	2,0	0,0	24,4	0,0	0,0	4,5	1,8		48,9
	MAY	1,1	0,2	6,1	0,0	0,0	4,5	1,3	8,5	3,5	8,9	13,2	11,8	0,0	7,9	0,9	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,8	4,8	0,0	0,8	0,0	0,6	0,0	6,2	0,0	5,8	94,4
	JUN	8,3	3,2	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,9	0,0	0,7	1,0	0,9	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	2,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0		28,7
	JUL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,6
	AGO	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,2	4,0	0,0	0,0	0,4	0,0	18,8
	SEPT	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	9,5	2,2	0,0	5,2	6,1	0,0	0,0	7,3	7,0	14,5	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,6		61,9
	OCT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,4	3,3	4,2	37,4	10,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	5,2	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,5	4,3	3,5	0,0	86,6
	NOV	0,0	0,0	0,0	10,3	1,0	3,8	2,5	1,9	10,5	5,8	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	3,7	1,9	14,7	4,0	0,0	1,1	0,0		65,0
	DIC	0,4	0,0	0,0	3,8	4,1	1,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,5	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	5,8	6,0	3,2	2,8	4,3	0,0	1,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	39,6
2015	ENE	0,0	0,0	0,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	6,5	4,7	8,4	0,7	5,5	5,2	2,2	3,6	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	1,6	0,5	57,7
	FEB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	5,2	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	1,6	0,0	0,0	0,0			20,6	
	MAR	0	30	0	0	1,8	0,6	0	0	0	0	1,2	0	0	2,2	0,9	7,2	17	13	4	1	0	0	9,6	2,1	8	14	0,2	5,2	5,1	1,9	0	125,1

FUENTE: INAHMI

Anexo P. Microcuenca del río Chimborazo



Anexo Q. Mapa de ubicación de los puntos de monitoreo del área de estudio.



SINBOLOGIA

- Puntos de monitoreo
- Río Principal
- Río Secundarios y Confluencias

UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO RESPECTO A LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

0 40.000 80.000 120.000
Metros

**ESCALA DE TRABAJO:
1:150.000**

DATUM:
WGS 1984 UTM ZONA 17S

**FUENTE:
GOOGLE EARTH
(ORTOFOTOGRAFIA)**

**SECRETARIA DEL AGUA
(RED HIDROLÓGICA Y
MICROCUENCAS)**

SECRETARIA DEL AGUA

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOMONITORES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO.

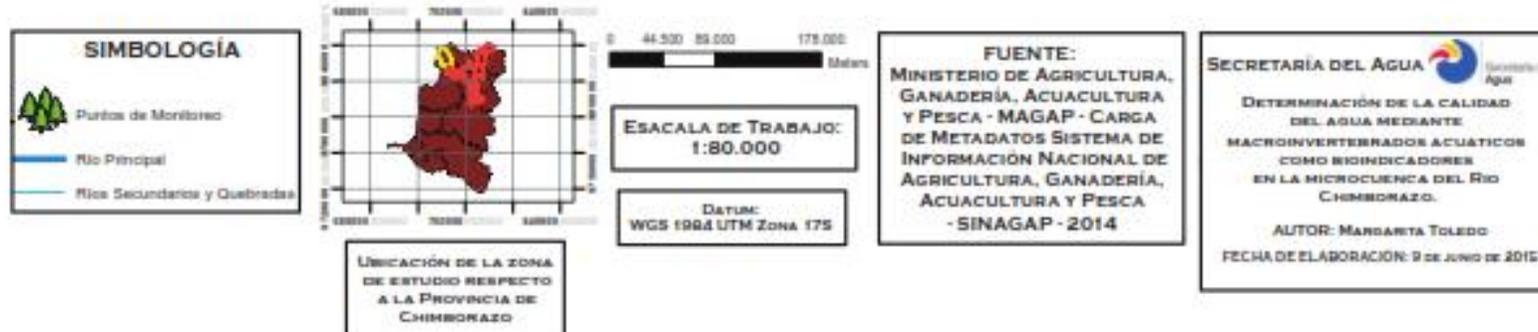
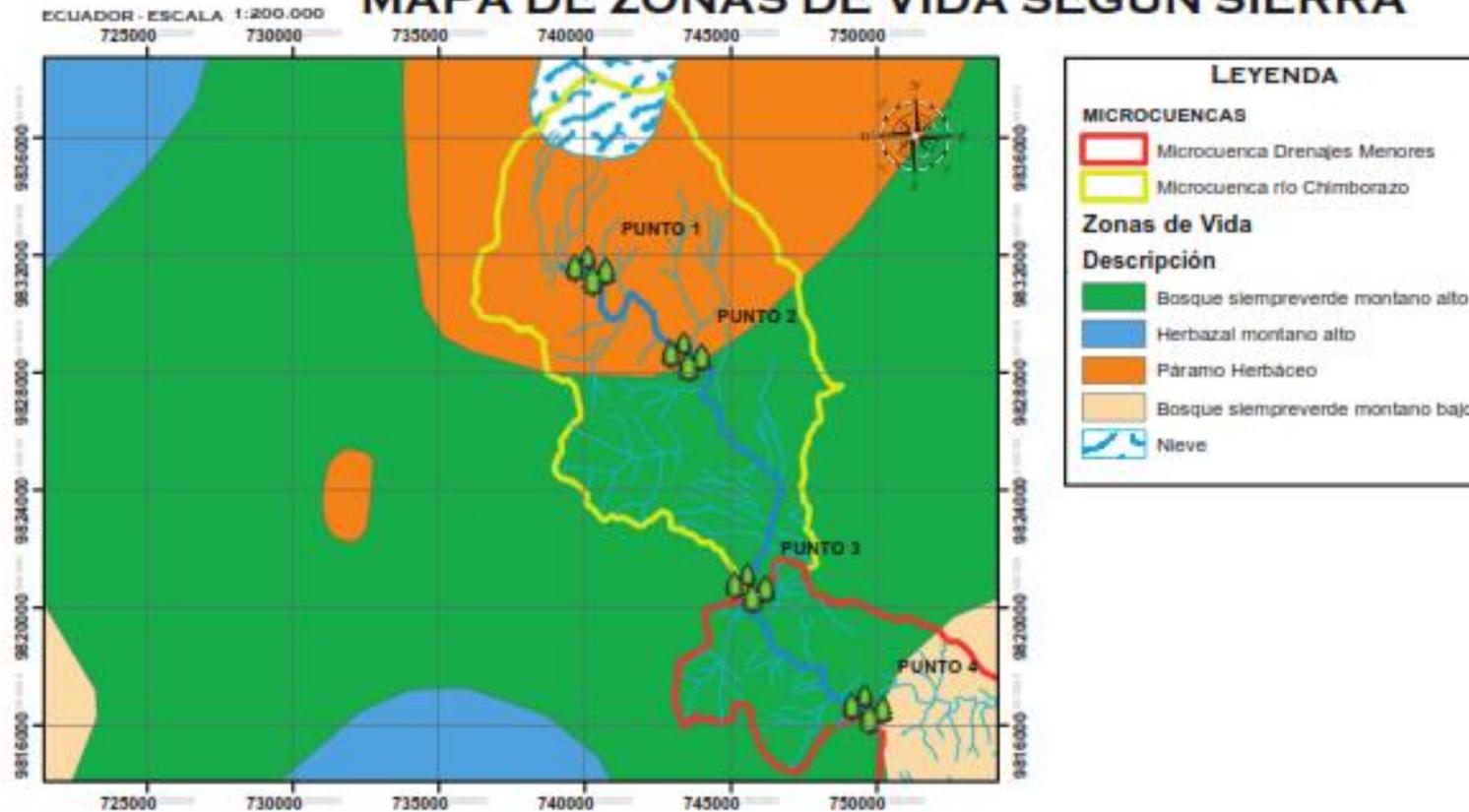
AUTOR: MARGARITA TOLEDO

PROYECTO DE ELABORACIÓN: 01 DE JUNIO DE 2017

Anexo
o R.

Mapa de Zonas de vida del área de estudio.

MAPA DE ZONAS DE VIDA SEGÚN SIERRA



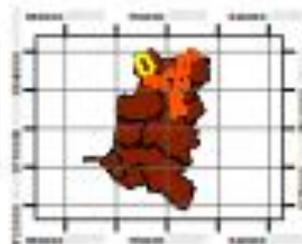
Anexo S. Mapa de calidad del agua del área de estudio según el índice BMWP/Col

MAPA DE CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL ÍNDICE BMWP/COL



SIMBOLOGÍA

	Puntos de monitoreo
	Río Principal
	Ríos Secundarios y Quebradas



ESCALA DE TRABAJO:
1:150.000

Datum:
WGS 1984 UTM Zona 17S

FUENTE:
GOOGLE EARTH
(ORTOFOTOGRAFÍA)

SECRETARÍA DEL AGUA
(RED HIDROLÓGICA
Y MICROCUENCAS)

SECRETARÍA DEL AGUA

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOMONITORES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO.

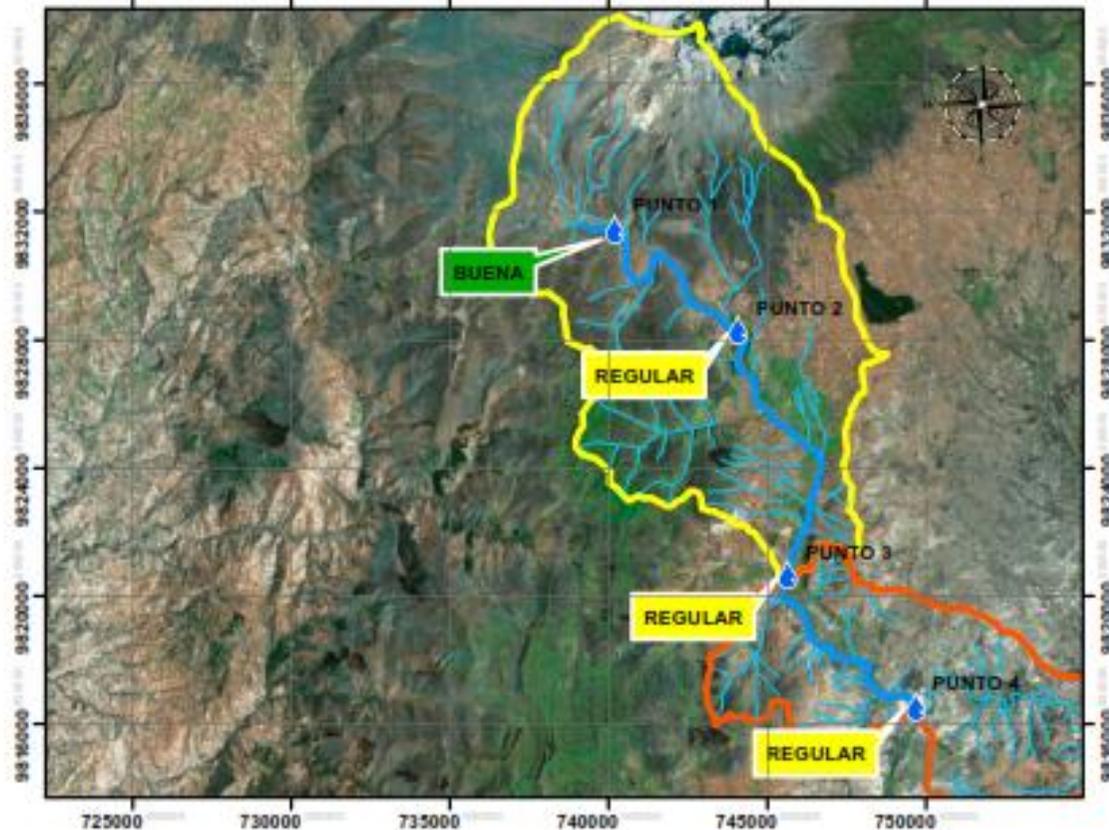
AUTOR: MARGARITA TOLEDO

FECHA DE ELABORACIÓN: 6 DE AGOSTO DE 2018

Anexo T. Mapa de calidad del agua del área de estudio según el índice ABI.

ECUADOR - ESCALA 1:200.000
 725000 730000 735000 740000 745000 750000

MAPA DE CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL ÍNDICE ABI



LEYENDA

MICROCUCENCAS

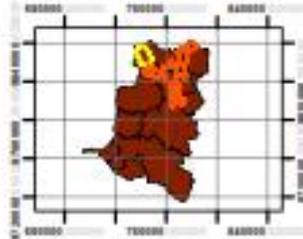
- Microcuenca Drenajes Menores
- Microcuenca río Chimborazo

CALIDAD DEL AGUA

PUNTO DE MONITOREO	VALOR
PUNTO 1	68,8
PUNTO 2	35,2
PUNTO 3	37,8
PUNTO 4	42

SIMBOLOGIA

- Puntos de monitoreo
- Río Principal
- Ríos Secundarios y Quebradas



UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO RESPECTO A LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO



ESCALA DE TRABAJO:
 1:159.000

DATUM:
 WGS 1984 UTM ZONA 17S

FUENTE:
 GOOGLE EARTH
 (ORTOFOTOGRAFÍA)

SECRETARÍA DEL AGUA
 (RED HIDROLÓGICA
 Y MICROCUENCAS)

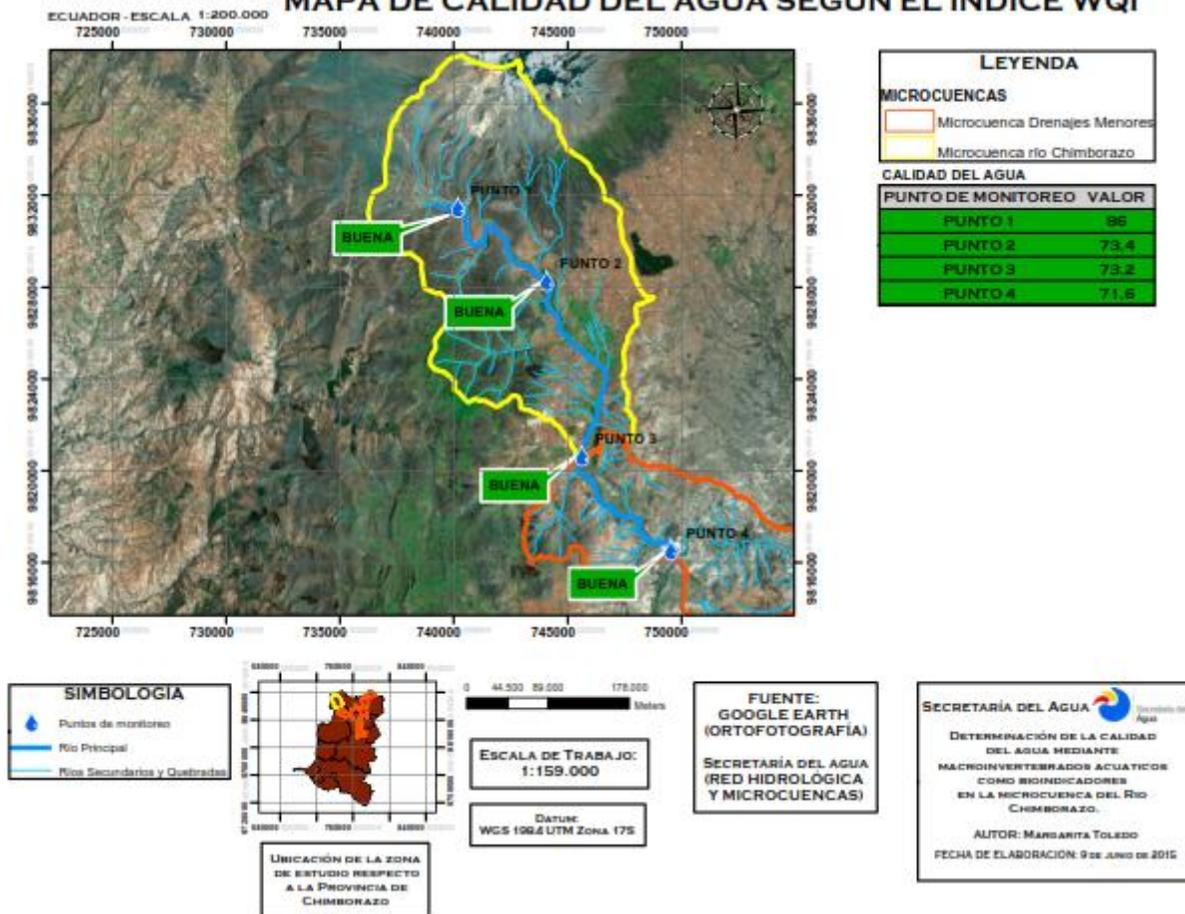
SECRETARÍA DEL AGUA

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO.

AUTOR: MARGARITA TOLEDO
 FECHA DE ELABORACIÓN: 9 DE JUNIO DE 2015

Anexo U. Mapa de calidad del agua del área de estudio según el índice WQI.

MAPA DE CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL ÍNDICE WQI



Anexo V. Mapa de Usos y Autorizaciones de agua de la zona de estudio.

Anexo W. Puntos de Monitoreo.

Punto 1



Punto 2





Punto 3



Punto 4

Anexo X. Influencia Antropogénica y Vertientes subterráneas.



Ganado ovino (punto 1)



**Encauce total del río Chimborazo para uso hidroeléctrico de la Unión Cementera Nacional
aguas abajo del punto 1**



Vertientes subterráneas aportantes (punto 2)



Quesera (punto 3)



Ganado Vacuno y asentamientos poblados (punto 3)



Agricultura (punto 3)



Ganado Vacuno (punto 4)



Vertiente aportante (punto 4)

Anexo Y. Microhábitats.



Hojarasca



Plantas Acuáticas



Troncos y ramas



Rápidos



Lentos



Raíces expuestas

Anexo Z. Muestreo de macroinvertebrados



Anexo Aa. Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio.



Anexo Bb. Familias de Macroinvertebrados acuáticos recolectados en la investigación.



Hydrobiosidae



Simuliidae



Elmidae (larvae)



Tipulidae



Ceratopogonidae



Elmidae (adulto)



Dytiscidae



Hydrachnidae



Gripopterygidae



Leptoceridae



Hydroptilidae



Tubificidae



Limoniidae



Hyalellidae



Blepharoceridae



Limnephilidae



Glossosomatidae



Haliplidae



Glossiphoniidae



Scirtidae



Sphaeriidae



Physidae



Planariidae



Chironomidae



Empididae



Lymnaeidae



Calamoceratidae



Hydropsychidae



Pyralidae



Ptilodactylidae



Sthaphylinidae



Dolichopodidae



Baetidae



Muscidae



Polycentropodidae



Planorbidae

Anexo Cc. Medición de caudales en campo.



Medición del ancho del río



Medición de profundidades

Anexo Dd. Toma de parámetros en campo.



Anexo Ee. Toma de muestras de agua.

