



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

**ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICRO CUENCA
DEL RÍO TINGO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN ÍNDICE
DE CALIDAD DEL AGUA (WQI) Y LA IDENTIFICACIÓN DE
MACRO INVERTEBRADOS COMO BIO INDICADORES, PARA
EL GAD PROVINCIAL DE CHIMBORAZO.**

Trabajo de titulación presentado para optar el grado académico de:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL.

AUTOR: MAURO ORLANDO BUÑAY TAPIA.

TUTOR: Dra. LOURDES CUMANDÁ CARRERA BELTRÁN.

RIOBAMBA-ECUADOR

2016

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

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICRO CUENCA DEL RÍO TINGO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE UN ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (WQI) Y LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVRTEBRADOS COMO BIO INDICADORES, PARA EL GAD PROVINCIAL DE CHIMBORAZO, de responsabilidad del señor Mauro Orlando Buñay Tapia, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán.

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN _____

Dr. José Gerardo León Chimbolema.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL _____

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, MAURO ORLANDO BUÑAY TAPIA, declaro que le presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 02 de Junio del 2016

MAURO ORLANDO BUÑAY TAPIA

060354899-1

DEDICATORIA

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, quien colaboró con mi educación superior.

A mis padres, hermanos y familiares quienes fueron un pilar fundamental en el desarrollo de mi formación humana y profesional.

A mi esposa Johanna y mi hija Sofía quienes fueron la fuente de inspiración y deseos de superación personal.

Mauro.

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por la oportunidad de obtener una profesión, a mis maestros quienes fueron los facilitadores de los conocimientos adquiridos fundamentales para poder servir a la sociedad.

Mauro.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.	xvi
SUMARY.	xvii
INTRODUCCIÓN.	1
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Cuenca Hidrográfica.....	5
1.1.1 <i>Definiciones de cuenca hidrográfica.</i>	5
1.1.2 <i>Clases o Tipos de Cuencas.</i>	7
1.2.3 <i>Procesos que alteran la calidad del agua dentro de una microcuenca.....</i>	14
1.2.4 <i>Principales indicadores físicos, químicos y Biológicos que afectan la calidad del agua</i>	15
1.2.5 <i>Indicadores Físicos.....</i>	15
1.2.5.1 <i>Temperatura del Agua.....</i>	15
1.2.5.2 <i>Sólidos Totales.</i>	16
1.2.5.3 <i>Turbidez.</i>	16
1.2.6 <i>Indicadores Químicos.....</i>	17
1.2.6.1 <i>pH.....</i>	17
1.2.6.2 <i>Oxígeno Disuelto.....</i>	18
1.2.6.3 <i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).</i>	18
1.2.6.4 <i>Nitratos.....</i>	19
1.2.6.5 <i>Fosfatos.....</i>	20
1.2.7 <i>Indicadores biológicos-bacteriológicos.</i>	20
1.2.7.1 <i>Coliformes Fecales.....</i>	20
1.3 Monitoreo del Agua, fundamentos y aplicaciones.....	21
1.3.1 <i>Objetivos del Monitoreo.....</i>	21
1.3.2 <i>Determinación de los sitios de monitoreo.</i>	22
1.4 Índice de Calidad del Agua.....	22
1.4.1 <i>Usos de los Índices.....</i>	23
1.4.2 <i>Modo de Valoración.....</i>	23
1.4.3 <i>Procedimiento de Cálculo del WQI.....</i>	23

1.4.4	<i>Estimación del Índice de Calidad del Agua.</i>	25
1.5	Macro invertebrados Acuáticos.	26
1.5.1	<i>Los macro invertebrados como bio indicadores de la calidad del agua.</i>	30
1.5.2	<i>Los macro invertebrados y su uso como Índices Biológicos.</i>	30
1.5.3	<i>Índice BMWP/Col.</i>	31
1.6	Actividades Antrópicas.	33
1.6.1	<i>Diagnóstico.</i>	33
1.6.2	<i>Información cartográfica.</i>	33
1.6.3	<i>Cubierta vegetal.</i>	34
1.6.3.1	<i>Fisonomía.</i>	35
1.6.3.2	<i>Bioclima.</i>	35
1.6.3.3	<i>Biogeografía.</i>	35
1.6.3.4	<i>Fenología.</i>	35
1.6.3.5	<i>Piso bioclimático.</i>	35
1.6.3.6	<i>Geoforma.</i>	35
1.6.3.7	<i>Inundabilidad general.</i>	35
1.6.4	Agrobiodiversidad.	36
1.6.4.1	<i>Flora.</i>	36
1.6.4.2	<i>Fauna.</i>	42
1.6.5	Caracterización Socioeconómica.	43
1.6.5.1	<i>Organización comunitaria.</i>	43
1.6.5.2	<i>Salud.</i>	44
1.6.5.3	<i>Migración.</i>	45
1.6.5.4	<i>Características Climáticas.</i>	45
CAPITULO II		
2.	METODOLOGIA.	47
2.1	Recopilación de Información.	47
2.1.1	<i>Contacto con instituciones de apoyo.</i>	47
2.1.2	<i>Líderes comunitarios.</i>	47
2.1.3	<i>Selección de los puntos de monitoreo.</i>	48
2.1.4	<i>Mapas temáticos.</i>	48
2.1.5	<i>Muestreo.</i>	48
2.2	Índices de Calidad Químicos y Biológicos.	49
2.2.1	<i>Índice WQI.</i>	50
2.2.1.1	<i>Materiales, equipos y reactivos para el análisis de parámetros del Índice WQI.</i>	54
2.2.2	<i>Índices Biológicos.</i>	54

2.2.2.1	<i>Índice BMWP/Col.</i>	54
2.2.2.2	<i>Materiales, equipos y reactivos para el análisis de parámetros del Índice WQI.</i>	55
CAPITULO III		
3.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.	56
3.1	Características del lugar.	56
3.1.1	<i>Localización.</i>	56
3.1.2	<i>Ubicación Geográfica.</i>	56
3.1.3	<i>Puntos de monitoreo.</i>	56
3.1.3.1	<i>El punto T-01.</i>	57
3.1.3.2	<i>El punto T-02.</i>	57
3.1.3.3	<i>El punto T-03.</i>	58
3.1.3.4	<i>El punto T-04.</i>	58
3.1.3.5	<i>El punto T- 05.</i>	59
3.2	Cálculos.	60
3.2.1	Cálculos parámetros físico-químicos e Índice Biológico.	60
3.2.1.1	<i>Oxígeno Disuelto.</i>	60
3.2.1.2	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno.</i>	61
3.2.1.3	<i>Variación de la Temperatura.</i>	61
3.2.1.4	<i>Índices WQI y BMWP.</i>	62
3.3	Resultados y Discusión de Resultados.	63
3.3.1	<i>Temperatura.</i>	63
3.3.2	<i>Sólidos Totales.</i>	64
3.3.3	<i>Turbidez.</i>	65
3.3.4	<i>Potencial Hidrógeno (pH).</i>	66
3.3.5	<i>Oxígeno Disuelto.</i>	67
3.3.6	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).</i>	68
3.3.7	<i>Nitratos.</i>	69
3.3.8	<i>Fosfatos.</i>	70
3.3.9	<i>Coliformes Fecales.</i>	71
3.4	Calidad del Agua.	73
3.4.1	Parámetros para la determinación del Índice WQI.	73
3.4.1.1	<i>Índice de Calidad de Agua (WQI).</i>	86
3.4.2	Índice Biológico.	87
3.4.2.1	<i>Índice de Sensibilidad BMWP.</i>	101
3.5	Relación entre el Índice de calidad (WQI) y el Índice BMWP.	102
3.6	Estudio estadístico.	104

CONCLUSIONES.

RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Parámetros para el cálculo del WQI.	28
Tabla 2-1	Interpretación del Índice de Calidad del Agua “WQI”.	28
Tabla 3-1	Índices biológicos usados para estimar la tolerancia de los macroinvertebrados a los contaminantes presentes en un cuerpo de agua.	34
Tabla 4-1	Valoración de las familias de macroinvertebrados acuáticos para su Aplicación en el índice BMWP/Col.	35
Tabla 5-1	Interpretación del Método BMWP/Col.	36
Tabla 6-1	Clasificación ecológica de la Micro cuenca del río Tingo.	38
Tabla 7-1	Especies de flora presentes en la MCRT.	40
Tabla 8-1	Especies de fauna presente en la MCRT	44
Tabla 9-1	Características Climáticas en la Micro cuenca del Río Tingo.	47
Tabla 1-2	Técnicas de muestreo para Parámetros Físico – Químicos, Microbiológicos y Bentos.	51
Tabla 2-2	Equipos y Técnicas para determinar los parámetros Físico-químicos y microbiológicos realizados in-situ.	53
Tabla 3-2	Métodos y Técnicas para determinar los parámetros Físico-químicos realizados ex-situ para su posterior análisis en el laboratorio.	54
Tabla 4-2	Materiales y equipos para calidad de agua.	56
Tabla 5-2	Materiales y equipos para calidad de agua.	57
Tabla 1-3	Ubicación geográfica de la micro cuenca del Río Tingo.	59
Tabla 2-3	Determinación de los puntos de monitoreo de la micro cuenca del río Tingo.	62
Tabla 3-3	Valores obtenidos de Oxígeno Disuelto en el río Tingo.	63
Tabla 4-3	Valores obtenidos de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Tingo.	64
Tabla 5-3	Valores obtenidos de la Variación de Temperatura en el río Tingo.	65
Tabla 6-3	Cálculo del Índice WQI para el punto Testigo.	65
Tabla 7-3	Cálculo del Índice BMWP para el punto Testigo.	66
Tabla 8-3	Resultados de temperatura promedio en los puntos de monitoreo.	66
Tabla 9-3	Resultado de Sólidos Totales promedio en los puntos de monitoreo.	67
Tabla 10-3	Resultados de Turbidez promedio en los puntos de monitoreo.	68
Tabla 11-3	Resultados de pH promedio en los puntos de monitoreo.	69
Tabla 12-3	Resultados de Oxígeno Disuelto promedio en los puntos de monitoreo.	70
Tabla 13-3	Resultado de DBO ₅ promedio en los puntos de monitoreo.	71
Tabla 14-3	Resultados promedio de Nitratos en los puntos de monitoreo.	72

Tabla 15-3	Resultados de Fosfatos promedio en los puntos de monitoreo.	73
Tabla 16-3	Resultados de Coliformes Fecales promedio dentro de los puntos de monitoreo.	74
Tabla 17-3	Resultados del WQI por punto de Monitoreo.	76
Tabla 18-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el primer monitoreo, en el punto T-01.	77
Tabla 19-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el primer monitoreo, en el punto T-02.	77
Tabla 20-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el primer monitoreo, en el punto T-03.	78
Tabla 21-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el primer monitoreo, en el punto T-04.	78
Tabla 22-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el primer monitoreo, en el punto T-05.	79
Tabla 23-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el segundo monitoreo, en el punto T-01.	79
Tabla 24-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el segundo monitoreo, en el punto T-02.	80
Tabla 25-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el segundo monitoreo, en el punto T-03.	80
Tabla 26-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el segundo monitoreo, en el punto T-04.	81
Tabla 27-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el segundo monitoreo, en el punto T-05.	81
Tabla 28-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el tercer monitoreo, en el punto T-01.	82
Tabla 29-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el tercer monitoreo, en el punto T-02.	82
Tabla 30-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el tercer monitoreo, en el punto T-03.	83
Tabla 31-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el tercer monitoreo, en el punto T-04.	83
Tabla 32-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el tercer monitoreo, en el punto T-05.	84
Tabla 33-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el cuarto monitoreo, en el punto T-01.	84
Tabla 34-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el cuarto monitoreo, en el punto T-02.	85
Tabla 35-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el cuarto monitoreo, en el punto T-03.	85

Tabla 36-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el cuarto monitoreo, en el punto T-04.	86
Tabla 37-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el cuarto monitoreo, en el punto T-05.	86
Tabla 38-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el quinto monitoreo, en el punto T-01.	87
Tabla 39-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el quinto monitoreo, en el punto T-02.	87
Tabla 40-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el quinto monitoreo, en el punto T-03.	88
Tabla 41-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el quinto monitoreo, en el punto T-04.	88
Tabla 42-3	Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el quinto monitoreo, en el punto T-05.	89
Tabla 43-3	Resultados de los Índices WQI en los puntos de monitoreo promedio.	89
Tabla 44-3	Resultados del BMWP por Punto de Monitoreo.	91
Tabla 45-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el primer monitoreo, en el punto T-01.	92
Tabla 46-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el primer monitoreo, en el punto T-02.	92
Tabla 47-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el primer monitoreo, en el punto T-03.	93
Tabla 48-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el primer monitoreo, en el punto T-04.	93
Tabla 49-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el primer monitoreo, en el punto T-05.	94
Tabla 50-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el segundo monitoreo, en el punto T-01.	94
Tabla 51-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el segundo monitoreo, en el punto T-02.	95
Tabla 52-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el segundo monitoreo, en el punto T-03.	95
Tabla 53-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el segundo monitoreo, en el punto T-04.	96
Tabla 54-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el segundo monitoreo, en el punto T-05.	96
Tabla 55-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el tercer monitoreo, en el punto T-01.	97
Tabla 56-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el tercer monitoreo, en el punto T-02.	97

Tabla 57-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el tercer monitoreo, en el punto T-03.	98
Tabla 58-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el tercer monitoreo, en el punto T-04.	98
Tabla 59-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el tercer monitoreo, en el punto T-05.	99
Tabla 60-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el cuarto monitoreo, en el punto T-01.	99
Tabla 61-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el cuarto monitoreo, en el punto T-02.	100
Tabla 62-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el cuarto monitoreo, en el punto T-03.	100
Tabla 63-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el cuarto monitoreo, en el punto T-04.	101
Tabla 64-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el cuarto monitoreo, en el punto T-05.	101
Tabla 65-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el quinto monitoreo, en el punto T-01.	102
Tabla 66-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el quinto monitoreo, en el punto T-02.	102
Tabla 67-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el quinto monitoreo, en el punto T-03.	103
Tabla 68-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el quinto monitoreo, en el punto T-04.	103
Tabla 69-3	Resultados del monitoreo de macro invertebrados por el método BMWP/Col, en el quinto monitoreo, en el punto T-05.	104
Tabla 70-3	Resultados promedio del Índice BMWP en los puntos de monitoreo.	104
Tabla 71-3	Relación entre los índices WQI vs BMWP en los puntos de monitoreo.	105
Tabla 72-3	Resultados del Test ANOVA de un Factor para el índice WQI y BMWP.	108
Tabla 73-3	Resultados de la prueba de Tukey b para el índice WQI.	108
Tabla 74-3	Resultados de la prueba de Tukey b para el índice BMWP.	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	La cuenca hidrográfica como sistema, sus elementos e interacciones.	9
Figura 2-1	Tamaños relativos de cuenca, subcuenca y microcuenca.	10
Figura 3-1	Distribución de los usos Consuntivos en el Ecuador.	13
Figura 4-1	Escala del Índice de Calidad del Agua.	29
Figura 5-1	Organismos representativos de fauna béntica y su hábitat dentro del río.	32
Figura 6-1	Organismos representativos de tipo neuston.	32
Figura 7-1	Organismos representativos de tipo necton.	33
Figura 8-1	Especies nativas MCRT.	43
Figura 9-1	Especies nativas de la MCRT.	45
Figura 10-1	Estructura interna de las comunidades.	46
Figura 11-1	Subcentro de salud de Cebadas.	46
Figura 1-2	Contacto con los líderes comunitarios	49
Figura 2-2	Toma de muestras.	51
Figura 3-2	Trabajo en el laboratorio de conteo e identificación de macro invertebrados. ...	52
Figura 1-3	Punto T-01 de la micro cuenca del Río Tingo.	60
Figura 2-3	Punto T-02 de la micro cuenca del Río Tingo.	60
Figura 3-3	Punto T-03 de la micro cuenca del Río Tingo.	61
Figura 4-3	Punto T-04 de la micro cuenca del Río Tingo.	61
Figura 5-3	Punto T-05 de la micro cuenca del Río Tingo.	62
Figura 6-3	Variación de temperatura promedio en los puntos de monitoreo.	67
Figura 7-3	Variación de Sólidos Totales promedio en los puntos de monitoreo.	68
Figura 8-3	Variación de Turbidez promedio en los puntos de monitoreo.	69
Figura 9-3	Variación de pH en los puntos de monitoreo.	70
Figura 10-3	Variación de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo.	71
Figura 11-3	Variación de la DBO ₅ promedio en los puntos de monitoreo.	72
Figura 12-3	Variación de Nitratos promedio en los puntos de monitoreo.	73
Figura 13-3	Variación de Fosfatos en los puntos de monitoreo.	74
Figura 14-3	Valores de Coliformes fecales promedio dentro de los puntos de monitoreo. ...	75
Figura 15-3	Presencia de ganado dentro de la micro cuenca del río Tingo.	75
Figura 16-3	Resultados Totales del Monitoreo de Calidad del Agua WQI.	76
Figura 17-3	Variación de los Índices WQI en los puntos de monitoreo promedio.	90
Figura 18-3	Resultados del BMWP por punto de monitoreo.	91
Figura 19-3	Variación del Índice BMWP en los puntos de monitoreo.	105
Figura 20-3	Relación entre los índices WQI vs BMWP.	106

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** Mapa de Diagnóstico y uso de suelo de la micro cuenca del Río Tingo.
- ANEXO B.** Mapa Base de la Micro cuenca del Río Tingo, límites geográficos, área, longitud principal, vías y afluentes secundarios.
- ANEXO C.** Mapa de Ubicación y distancia entre de los puntos de monitoreo dentro de la micro cuenca del Río Tingo.
- ANEXO D.** Mapa del Índice WQI en la micro cuenca del Río Tingo obtenido durante el estudio.
- ANEXO E.** Mapa del Índice BMWP en la micro cuenca del Río Tingo obtenido durante el estudio.
- ANEXO F.** Interpolación de temperatura y Oxígeno para obtener el porcentaje de Saturación de Oxígeno.
- ANEXO G.** Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.
- ANEXO H.** Criterios de calidad admisible para aguas de uso agrícola.

RESUMEN

El presente trabajo fue conocer la calidad del agua de la microcuenca del río Tingo que se extiende desde el Tingo hasta la parroquia de Cebadas, mediante un índice químico (WQI) usando 9 parámetros y un índice biológico (BMWP) manejando macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua, identificadas las actividades presentes en la microcuenca, se establecieron 5 puntos de monitoreo, muestreados y analizados mensualmente en el periodo Noviembre 2015 - Marzo 2016. Los parámetros fisicoquímicos fueron medidos en el campo mediante un multiparámetro y la recolección de macroinvertebrados se hizo con una red tipo D-net. Los datos obtenidos se clasificaron por punto y mes de monitoreo, para los parámetros Temperatura, STD, pH, Turbiedad, Oxígeno Disuelto, DBO5, Nitratos, Fosfatos y Coliformes fecales, se obtuvo: para el índice químico WQI, en el primer punto existe una calidad de agua de 58,08 con categoría regular, en el segundo y tercer punto una calidad de agua de 45,50 y 45,53 con categoría de mala y en el cuarto y quinto punto una calidad de agua de 58,31 y 54,36 con categoría de regular, esto demuestra que la calidad del agua del río va disminuyendo en función del aumento de las actividades antrópicas con un mayor énfasis en los puntos dos y tres por influencia de dichas actividades. Usando el índice biológico BMWP se tiene que en el primer y segundo punto presentan una calidad de agua de 73 y 65,6 con categoría de aceptable, en el tercer, cuarto y quinto punto poseen una calidad de agua de 41,6; 37,2 y 39,6 con categoría de dudosa; lo cual corrobora los datos obtenidos con el índice químico WQI. Como resultado general, tenemos que la calidad del agua del río Tingo mediante el índice WQI es regular y mediante el índice BMWP es dudosa. Por tanto, el uso de estas aguas debe ser controlado en base a la categoría de uso a la que corresponden para evitar afectaciones a la salud humana. Se recomienda al Departamento de Gestión Ambiental realizar el estudio durante un año consecutivo para obtener mayor y mejor información en distintas estaciones del año.

PALABRAS CLAVE: <BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL> <MEDIO AMBIENTE><MICROCUECA DEL RÍO TINGO> <CALIDAD DEL AGUA> <ÍNDICE QUÍMICO (WQI)> <ÍNDICE BIOLÓGICO (BMWP)> <MACROINVERTEBRADOS> <BIOINDICADORES> <RED TIPO D-NET>.

SUMMARY

The study was aimed to determine the water quality of Tingo River microbasin that goes from the Tingo to Cebadas parish, by a chemical index (**Water Quality Index**) using 9 parameters and a biological index (**Biological Monitoring Working Party**) handling macroinvertebrates as bioindicators of water quality. Once the current activities in the microbasin were identified, five monitoring points were established, sampled and analyzed monthly from November 2015 to March 2016. A multiparameter was used in order to measure the physicochemical parameters in the field and the macroinvertebrates collection was performed by using a net type D-net. The obtained data were classified by point and monitoring month. For temperature, TDS, pH, Turbidity, Dissolved oxygen, BOD5 (biochemical oxygen demand in five days), Nitrates, Fosfates and Fecal coliforms was obtained: for **WQI** chemical index, in the first point there is a water quality of 58,08 with regular category. In the second and third point a water quality of 45,50 and 45,53 with bad category and in the fourth and fifth point a water quality of 58,31 and 54,36 with regular category. This shows that the river water quality is declining due to the increment of human activities especially in the third and fourth point since these activities. By using BMWP biological index, we obtained that the first and second point shows a water quality of 73 and 65,6 with a category of acceptable, in the third, fourth and fifth point possess a water quality of 41,6; 37,2 and 39,6 with a dubious category, which corroborated the data obtained by the **WQI** chemical index. As an overall result, we that the water quality of Tingo River is regular by WQI index and by BMWP index is doubtful. Thus, the use of this water must be controlled based on the correspond use category to avoid impact on human health. It is recommended that the Environmental Management Department develop studies along of the year in order to obtain more and improved information in different seasons.

KEYWORDS: < ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY> <ENVIRONMENT> <TINGO RIVER MICROBASIN> <WATER QUALITY> <**WATER QUALITY INDEX**> <**BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY**> <MACROINVERTEBRATES> < BIOINDICATORS> <NET TYPE D-NET>.

INTRODUCCIÓN

Al hablar de páramos conocemos que son ecosistemas que se encuentran ubicados en la parte alta de la montaña, sabiendo que los mismos contienen un valor ecológico muy elevado por los diferentes usos y aplicaciones de carácter hídrico, económico y estético, sumándole la parte ambiental la cual es prioritaria para el bienestar y desarrollo del hombre.

Las microcuencas del sector de Cebadas han sido consideradas como fuente potencial de agua para los diferentes usos de la población tanto personal como agrario y de riego, lo cual genera la preocupación sobre estos ecosistemas que involucran principalmente estas fuentes del recurso agua.

Ya que se ha dado un considerable crecimiento de la frontera agrícola dentro de estos ecosistemas se da la generación de impactos ambientales negativos y de manera directa la contaminación de las aguas por el uso de agroquímicos y del lavado de bombas de fumigación dentro de los canales de riego.

Existen comunidades que se dedican a actividades de ganadería los cuales realizan sobrepastoreo cerca de las fuentes de agua y cauces naturales, lo que provoca la contaminación directa del agua junto con otros impactos como la compactación del suelo y la disminución de su capacidad de retención de agua en el mismo.

Otra causa de contaminación del recurso agua es la eliminación irresponsable e inadecuada de basura generada por los habitantes de las comunidades debido a una falta de cultura ambiental.

Tomando en cuenta que el recurso agua es de suma importancia para toda la provincia y el país, es esencial conocer la situación actual del recurso, por lo que es necesaria la generación de información sobre la calidad de sus aguas, de manera que se pueda generar una cultura ambiental dentro de las diferentes comunidades de los sectores aledaños a las fuentes hídricas garantizando su sustentabilidad a lo largo del tiempo. (GADPCH, 2013. p. 53-69)

En la actualidad el Ecuador cuenta con 79 cuencas hidrográficas, de las cuales 72 provienen de la vertiente del Pacífico y 7 corresponden a la vertiente del Amazonas, adicionalmente cuenta con 137 subcuencas y aproximadamente 890 microcuencas no definidas completamente (SENAGUA, 2009), la actividad del hombre, su mal uso y cuidado han provocado condiciones

desfavorables a las mismas, lo que ha causado preocupación e interés de las autoridades y comunidades de la provincia para poder generar programas y proyectos de recuperación y preservación de estos ecosistemas.

ANTECEDENTES

De estudios anteriores sobre la calidad del agua y su forma de evaluación se ha encontrado “Caracterización de la calidad de agua de la microcuenca del río Pachanlica” esto se realizó en la Provincia de Tungurahua utilizando el índice de calidad de Montoya. Este índice utiliza 18 parámetros tanto físicos como químicos y bacteriológicos. Los resultados obtenidos indican que el agua del sector presenta niveles de contaminación con un valor de ICA de 40,71. (Chiliquinga, C. y Donoso, H., 2012).

Estos resultados fueron atribuidos a las descargas de aguas residuales en las aguas superficiales de la Provincia, esto ha permitido tomar medidas ambientales por parte del Municipio de la Provincia para disminuir el nivel de contaminación del río. (Chiliquinga, C. y Donoso, H., 2012).

Otra investigación relacionada con el presente estudio es la “La calidad del agua de la microcuenca del río Virilla” donde se aplicaron dos índices de calidad del agua utilizando parámetros, físicos químicos y bacteriológicos para facilitar la gestión del recurso agua. Los índices utilizados fueron: el índice del Sistema Holandés de Valoración de calidad del agua y el índice de la Fundación Nacional de Sanidad de USA. (Coto, J.M., Hugo, L, Salgado, V. (2010).

Aquí se concluyó que la parte superior de la microcuenca estaba influenciada por la acción de la escorrentía superficial mediante el ingreso de contaminantes generados por acciones antrópicas. Los estudios de la calidad del agua utilizando el índice de USA permitió establecer que la microcuenca presenta una agua de buena calidad siendo el oxígeno disuelto (OD) el parámetro más importante que establece esta calidad de agua. (Coto, J.M., Hugo, L, Salgado, V. (2010).

Los macroinvertebrados fueron utilizados en el 2010 por Zambrano Yungán como bioindicadores en el estudio de calidad del agua de la microcuenca de río Blanco. Jaramillo en 1995 evaluó la importancia de la utilización de macro invertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua.

JUSTIFICACIÓN

Nuestro planeta en la actualidad se encuentra atravesando diferentes cambios climáticos como lluvias prolongadas, sequías, pérdida de páramos, acuíferos y humedales generados por actividades antrópicas hacia la naturaleza y por el mal uso de los recursos naturales.

El mal uso de las fuentes hídricas y su deterioro es preocupante ya que dichas fuentes están sometidas a diferentes actividades generadas por acción del hombre que causan impactos al recurso agua, junto con la falta de conocimiento por parte de los moradores del sector, siendo importante que el hombre disminuya sus impactos hacia la naturaleza por el bienestar de la misma.

Junto con la información suministrada en investigaciones anteriores se cuenta con información por parte del Plan de Manejo del Territorio Hídrico de Cebadas, el cual genera información del estado de Cebadas y sus microcuencas.

La microcuenca del río Tingo es un afluente del río Cebadas cuyas aguas son utilizadas para diferentes usos por parte de la población generando así la contaminación del recurso debido a: el uso de los suelos para generar espacios de cultivo en los cuales se utiliza agroquímicos para una mejor producción generando contaminación al recurso suelo y por ende al recurso agua por medio de escurrimiento hacia el río y el lavado de bombas de fumigación en el mismo.

La presencia de pastizales en el sector es claro y es tomado como fuente de alimentación para animales de pastoreo del sector generando un impacto negativo al realizarse un sobrepastoreo de la zona teniendo que buscar lugares más altos afectando nuestros paramos a su vez que se da la compactación del suelo y contaminación del agua por los desechos generados por estos animales.

Los pobladores del sector aledaños a la microcuenca del río Tingo no constan con un sistema de agua potable por lo que ellos ocupan un sistema de agua entubada desde las fuentes por lo que conocer el estado de la calidad del agua es esencial para precautelar la salud y el medio ambiente.

Donde el Plan de Manejo del Territorio Hídrico de Cebadas es una herramienta para gestionar la conservación de los ecosistemas del páramo y sus recursos naturales tomando en cuenta los métodos de subsistencia de los pobladores del sector.

Esta propuesta surge a causa de la falta de información que permita conocer el verdadero estado de la microcuenca del río Tingo, a su vez tiene como propósito contar con información válida y confiable de la calidad del recurso agua.

La generación de los datos de calidad del agua de la microcuenca del río Tingo servirá de sustento para posteriores estudios generados por el GAD Provincial de Chimborazo, contribuyendo de esta manera con información de importancia para la comunidad de Cebadas y de la Provincia de Chimborazo.

Si no se realiza la gestión mediante la conservación y el manejo sostenible del recurso hídrico, no se conocería la potencial calidad de agua que tiene la microcuenca del río Tingo y se corre el riesgo de incrementar el impacto generado por las actividades que realizan los pobladores del sector ocasionando daños al ambiente y a la salud.

OBJETIVOS

General

Efectuar el estudio de la Calidad del Agua de la microcuenca del río Tingo mediante la utilización de un Índice de Calidad del Agua (WQI) y la identificación de macroinvertebrados como bioindicadores, para el GAD Provincial de Chimborazo.

Específicos

- a) Determinar la Calidad del Agua de la microcuenca del río Tingo mediante el uso de un Índice de Calidad (WQI) por medio del software Calculating NSF WQI.
- b) Analizar los resultados obtenidos del Índice de Calidad del Agua (WQI) y determinar en qué categoría de uso se encuentra el agua de la microcuenca del río Tingo.
- c) Determinar la Calidad del Agua de la microcuenca del río Tingo mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.

1.1. Cuenca Hidrográfica.

La cuenca hidrográfica es el medio en donde se da la captación y concentración de los cuerpos de agua superficial allí se da la interacción de diferentes recursos que se encuentran de manera natural, así como, los proporcionados por el hombre aquí el recurso hídrico juega un factor determinante.

La delimitación de la cuenca y de su territorio favorece la relación entre sus diferentes habitantes, sin considerar si estos se encuentran agrupados o no, debido a factores de dependencia común, vías de acceso, caminos, etc. La variación en la definición de una cuenca hidrográfica dependerá del objetivo que se persiga, estos intereses van a determinar de cierta manera sus características, su manejo y planificación. (Gómez, 2002, p. 2-4)

En referencia a los recursos naturales tanto en su gestión como a su administración, la cuenca hidrográfica es considerada como fuente de recursos de carácter hidráulico tanto los asentamientos humanos que generan una demanda sobre el recurso y cuando el mismo forma un sistema complejo con interacciones internas y externas.

Independientemente a su definición, por sus características originales y naturales, la cuenca hidrográfica posee relaciones entre sus diferentes ocupantes por la dependencia de cada uno de ellos hacia el recurso. Por lo cual la cuenca hidrográfica se convierte en un conjunto de sistemas eficaz para lograr la gestión y el manejo correcto de los recursos. (SENAGUA, 201, p. 12)

1.1.1 *Definiciones de cuenca hidrográfica.*

Para poder definir un concepto apropiado para una cuenca hidrográfica, se puede decir que es una unidad de territorio conformada por un río y sus afluentes.

Dentro de la cuenca se incluyen los recursos utilizados para las diferentes actividades del hombre como el recurso suelo, recurso agua, vegetación y fauna las cuales deben mantener una interacción con el hombre para un adecuado desarrollo productivo. (Gómez, 2002, p. 3-5)

La cuenca hidrográfica es una parte de territorio natural en la cual se capta la precipitación transportada por escurrimiento hasta el cauce principal, de otra manera es un área delimitada por una división topográfica denominada parte aguas, la cual desemboca en un cauce común. (Calles, 2007. p. 7-8)

De manera física la cuenca hidrográfica se da a conocer como una fuente natural de captación de agua y concentración de la misma, teniendo en cuenta que el agua captada es una fuente esencial para la vida del hombre y al mismo tiempo es una fuente de riesgo cuando se da la aparición de fenómenos naturales y por actividades que la contaminan.

Dentro de la cuenca hidrográfica se generan diversas relaciones entre varios factores biológicos y socioeconómicos que evolucionan dependiendo de las actividades generadas en ellas por el hombre. Esto significa que es necesario estudiar y conocer cada uno de estos factores considerando todo el sistema de la cuenca. (Gómez, 2002, p. 6)

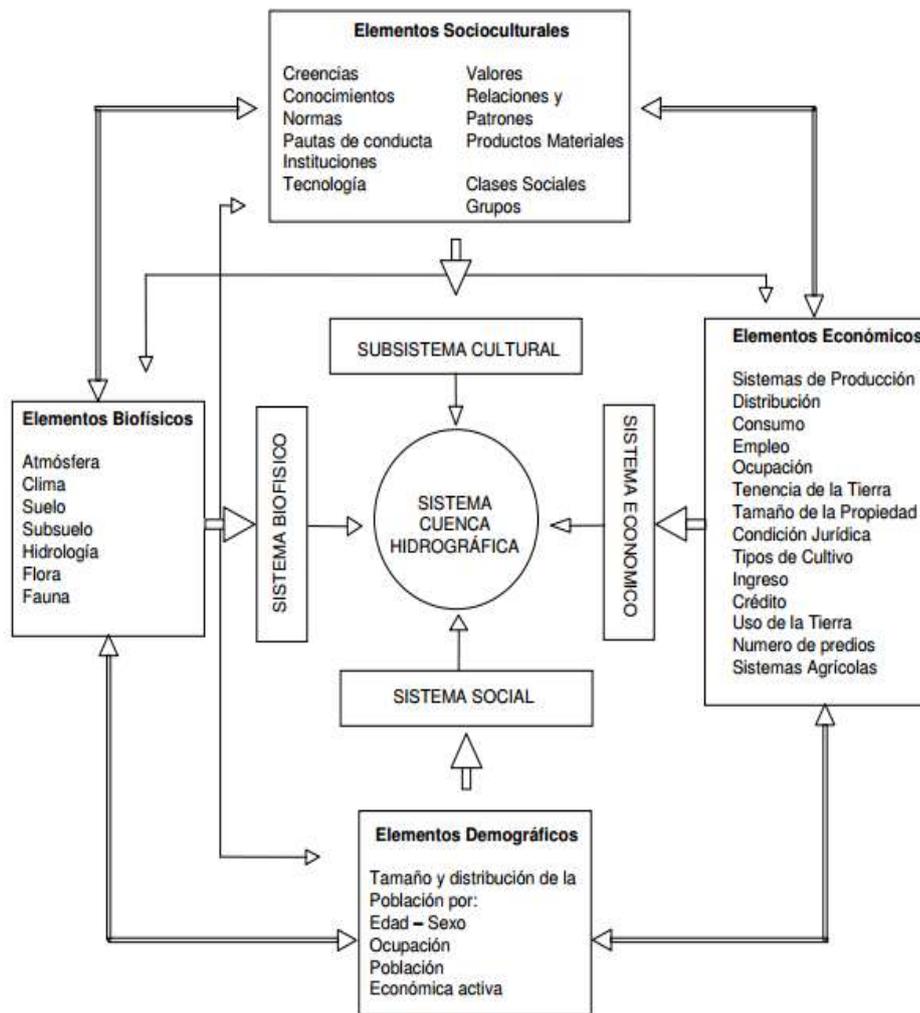


Figura 1-1. La cuenca hidrográfica como sistema, sus elementos e interacciones.
Fuente: (Vásquez, 1997).

1.1.2 Clases o Tipos de Cuenca.

Para conocer mejor la cuenca hidrográfica es conveniente separarla en unidades de menor tamaño, entre las cuales se puede mencionar a las subcuencas, microcuencas y quebradas. De igual manera se puede considerar una división para identificar las partes de una cuenca entre las cuales tenemos: Parte Alta, Parte Media Y Parte Baja.

1.1.2.1 Subcuenca.

La subcuenca es un área en la cual el drenaje del recurso agua se dirige de manera directa al río principal de la cuenca. Una segunda definición para la subcuenca es una subdivisión de la cuenca, por lo que una cuenca puede estar conformada por varias subcuencas. (Gómez, 2002, p. 5)

1.1.2.2 Micro cuenca.

Una microcuenca es un área en el cual el drenaje del recurso agua se dirige al cauce principal de una subcuenca, por ello, una subcuenca está dividida en varias microcuencas.

Otro concepto apropiado para una microcuenca corresponde a pequeñas unidades que drenan de pendientes altas, desde el punto de vista práctico las microcuencas comienzan en la naciente de los pequeños flujos de agua que a su vez se van incorporando con otras corrientes de agua hasta componer la cuenca hidrográfica de un río.

El recurso agua es un elemento expuesto a sufrir cambios en la calidad de los ríos y estos cambios se ven reflejados en las actividades generadas por el hombre que habitan las cuencas hidrográficas. (Gómez, 2002, p. 6)

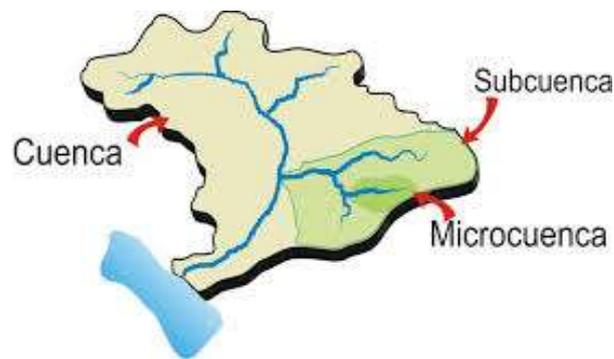


Figura 2-1. Tamaños relativos de cuenca, subcuenca y microcuenca.
Fuente: (Calles, 2007).

1.1.3 Aprovechamiento Hídrico en el Mundo.

El recurso agua es esencial e indispensable para el bienestar, la vida humana y el sector económico del mundo. Los recursos hídricos del mundo se encuentran repartidos de forma desigual tanto en tiempo como espacio, estos están amenazados por la actividad humana.

La distribución del agua en la Tierra depende de su ubicación y la forma en la que se encuentre el recurso, pudiendo ser en la atmósfera, superficie o subterránea. Estadísticamente el agua dulce representa el 25 % del agua en la Tierra, teniendo en cuenta que la mayoría se encuentra congelada en glaciares y la restante en forma de agua subterránea, superficial y en la atmósfera. (CEPAL, 2012, p. 6-7)

La presencia de las precipitaciones es de carácter primordial para que se pueda dar la renovación de los recursos hídricos, de igual manera son indispensables para determinar las

condiciones climáticas y la biodiversidad del mundo ya que alimentan cuerpos de agua y regresan a la atmosfera por acción de la evaporación.

Los glaciares cumplen una función importante dentro del planeta, esta es, almacenar el agua en forma de nieve y hielo, estos a su vez alimentan los arroyos cercanos a ellos. A consecuencia del calentamiento global muchos de estos están desapareciendo.

Como unidad de gestión natural del recurso agua se encuentran las cuencas fluviales distribuidas en la mayoría de países. Siendo las cuencas fluviales más grandes del mundo las del rio Amazonas y la del Congo-Zaire.

La presencia de humedales en el planeta cubre alrededor del 6 % de la superficie terrestre la cual desempeña una función importante en los ecosistemas y en el recurso hídrico ya que mantiene el caudal de los ríos y previniendo inundaciones.

En forma general se puede decir que la mayor cantidad del agua dulce no se encuentra congelada sino como aguas subterráneas que en general son de excelente calidad y son utilizadas principalmente para uso doméstico por procesos de potabilización. El recurso agua es considerado como renovable siempre y cuando estas no se extingan a una velocidad superior que la que necesita la naturaleza para renovarla. (Calles, 2007, p. 4-6)

1.1.4 Aprovechamiento Hídrico en el Ecuador.

En el Ecuador la mayoría de la población se encuentra ubicada en la región Sierra y en la cuenca del rio Guayas los pertenecientes a la región Costa. Es importante considerar que el mayor potencial hídrico del Ecuador se encuentra ubicado en la vertiente del Amazonas con un 88 %, la mayor parte del País cuenta con agua dulce de origen subterráneo, entre estos se puede citar acuíferos pequeños pertenecientes al Callejón Interandino y los más abundantes localizados en la cuenca del rio Guayas y aluviones del Oriente.

El Ecuador cuenta con zonas en las cuales el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento para la población y uso agrario, por lo que el recurso agua es esencial para asegurar la soberanía alimentaria y el equilibrio de los ecosistemas. (CEPAL, 2012, p. 8)

1.1.5 Demanda Hídrica y sus Usos.

Corresponde al volumen de agua que se necesita para satisfacer los usos a los cuales se encuentran destinados. La demanda y los usos del recurso agua se pueden dividir en Consuntivos y No Consuntivos.

Los usos Consuntivos incluyen el consumo del recurso agua en Calidad y Cantidad, por ejemplo el uso doméstico. Mientras que los No Consuntivos se caracterizan por no tener un consumo en Calidad y Cantidad importante por ejemplo la navegación. (CEPAL, 2012. p. 12)

Es de gran importancia el poder distinguir entre consumo y demanda. El consumo es la reducción tangible del volumen del agua, mientras que demanda es la porción de agua necesaria para satisfacer un determinado uso. Tomando en cuenta la base de datos (SENAGUA, 2011), el uso consuntivo que tiene mayor dominancia o que se encuentra en el primer lugar en el Ecuador es el agrícola con un 80 % de uso de caudal, en segundo lugar se tiene el uso doméstico con el 13 % y en tercer lugar tenemos a la industria con el 7 %.

De igual manera para los usos no consuntivo está la hidroenergía que ocupa un 53 % de caudal total en el País, por lo cual se están haciendo esfuerzos por el cambio de la matriz energética dentro del País. (CEPAL, 2012. p. 13)

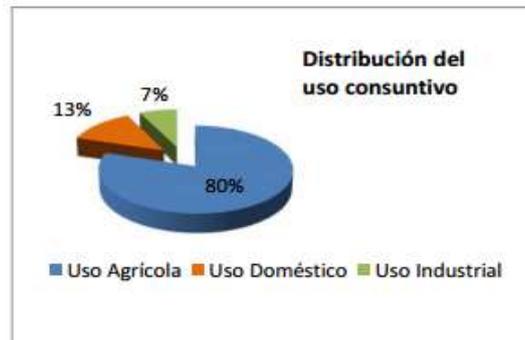


Figura 3-1. Distribución de los usos Consuntivos en el Ecuador.
Fuente: (SENAGUA, 2011).

1.2 Calidad del agua.

El tener un agua de buena calidad hace referencia a las diferentes características que posee el agua en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y biológicas, tomando en cuenta que el agua se puede encontrar en estado natural o contaminado por actividades antrópicas.

La calidad del agua está asociada al uso humano, comprendiendo que el agua de calidad debe estar libre de contaminación y puede ser consumida sin causar enfermedades al ser humano, todo esto dependerá del uso que se le va a dar, al conocer esto se puede determinar la calidad del agua para diferentes usos. En resumen un agua de buena calidad es aquella que está libre de contaminación y organismos patógenos que causen daño al que lo consume.

La característica principal del agua es la calidad, ya que este es el principal medio por el cual se transmiten las enfermedades que atacan a hombre. Por lo tanto, el agua que se recomienda consumir se denomina potable, misma que puede ser captada de fuentes superficiales o subterráneas, que por lo general deben tener un pre tratamiento para asegurar la eliminación de cualquier contaminante. Existen diferentes factores que pueden determinar la calidad del agua. (Rojas, 2009, p. 4-5)

Entre los cuales tenemos:

1.2.1 Variabilidad de la Calidad del Agua.

El agua en estado puro no se encuentra presente en la naturaleza ya que al momento de distribuirse adquiere contaminantes así por ejemplo el agua lluvia asimila impurezas al pasar por el aire, los cuerpos de agua como ríos o quebradas asimilan las impurezas que se encuentran en el suelo y a su vez cuando entran en contacto con aguas residuales.

Las condiciones de polución disminuyen a medida que el agua se encuentra a mayor altura ya que en estas condiciones escasea la población humana, pero de igual manera no se puede generalizar que el agua esté libre de contaminación.

Se debe tener presente que la calidad del agua varía a medida que pasa el tiempo, algunos parámetros pueden variar por la relación con el tiempo otros pueden variar de manera independiente. Los valores de las muestras monitoreadas dependerán del número de muestras colectadas y de la variación de los parámetros. La variación de la calidad del agua depende del volumen y de la masa de las muestras de agua.

En cuerpos de agua más grandes como ríos o lagos la variabilidad de la calidad del agua es diferente y esta será mayor cuando la toma de la muestra del cuerpo de agua se encuentre más cercano al punto de origen que causa la variación de la calidad, a medida que aumenta la distancia a ese punto de origen la mezcla suaviza las variaciones de calidad y no será necesario realizar varias tomas de muestras para poder obtener datos confiables. (Romero, 2009, p. 345).

1.2.2 Factores que Influyen en la calidad del agua.

La determinación correspondiente de los diferentes factores considerados en la Calidad del Agua ayuda a comprender su significado, el uso correspondiente del recurso y a conocer de mejor no solo su composición química y microbiológica, sino que, también nos ayuda a conocer las necesidades que tiene el recurso para su correcto aprovechamiento.

1.2.2.1 Uso del suelo y su relación con la calidad del agua.

La influencia del suelo sobre el recurso hídrico ha provocado cambios grandes sobre la calidad del agua provocando perturbaciones primordialmente cuando el agua es para uso potable. (Mitchell, 1991, p. 202)

Aproximadamente la disminución de la calidad del agua se da por la presencia de sedimentos suspendidos en un 80%, los cuales son generados por procesos de erosión producto de actividades antrópicas hechas por el hombre como actividades agrícolas, ganaderas y la deforestación, concluyendo que este tipo de actividades son las que causan una mayor perturbación a la calidad del recurso hídrico. (FAO, 1997, p. 116)

La utilización del suelo afecta a diferentes procesos hidrológicos y de sedimentación los mismos que tienen una relación estrecha con las inundaciones, erosión, escorrentía y recarga de aguas subterráneas. Una propiedad importante es el tamaño de los granos de suelo y el contenido de materia orgánica, los mismos que van a influir en la retención de humedad y capacidad de infiltración por lo que conocer el tipo de suelo de una cuenca influye en el escurrimiento de sus aguas.

1.2.2.2 Actividad ganadera y su relación con la calidad del agua.

La actividad ganadera y el uso del suelo en la misma es una actividad que genera alteraciones sobre la calidad del recurso hídrico, el abuso de la actividad ganadera genera un sobrepastoreo sobre el sector que incide negativamente a nivel químico y bacteriológico.

Este impacto se evidencia en zonas donde existe mayor nivel de precipitación y con pendientes pronunciadas con fuentes de agua próximas, aquí los contaminantes existentes son arrastrados por las escorrentías hacia los cuerpos de agua. La gravedad del impacto se da cuando no existe la presencia de cobertura vegetal lo cual impide que exista la protección necesaria para generar

un efecto de amortiguamiento deteniendo microorganismos patógenos y sólidos suspendidos que arrastran estas escorrentías. (Brooks, 1991, p. 392)

La presencia de niveles elevados de bacterias en el agua se puede verificar cuando existe la presencia de ganado en zonas que se encuentren próximas a las fuentes del recurso. Se realizó un estudio en el que se midió la cantidad de bacterias en el suelo en base a la cantidad del ganado y el manejo de sus residuos. (Brooks, 1991, p. 393)

Dicho esto se dice que la calidad del agua está en función del sobrepastoreo que se puede dar en la zona cercana a las fuentes hídricas ya que provoca alteraciones sobre la densidad del suelo gracias a la acción del pisoteo, esto provoca que la capacidad que tiene el suelo para almacenar agua sea superada al momento de una lluvia y se genere el arrastre de lixiviados a las fuentes de agua

La presencia de contaminación por parte del estiércol dentro de las fuentes de agua depende de la capacidad de absorción de los cultivos. Del nitrato y del amonio por parte del suelo y del transporte de los mismos por parte de la escorrentía hacia el recurso. (Vidal, 2000, p. 45-46)

1.2.2.3 *La agricultura y su relación con la calidad del agua.*

La práctica de la agricultura es una de las actividades más usadas en el mundo de manera más pronunciada en sectores rurales. El impacto que se va a generar sobre el recurso agua es visible ya que el agua que se utiliza para la agricultura es de un 70%, lo que provoca el desgaste del mismo por medio de la escorrentía y la erosión. El impacto que tiene la agricultura sobre las fuentes de agua es muy importante ya que se considera como fuente principal de contaminación dentro de las aguas dulces en Latino América. (FAO, 1997, p. 117)

La pérdida de suelos está directamente relacionada con la contaminación de las aguas superficiales debido a la agricultura, en la cual existen dos dimensiones, la primera tiene que ver con la pérdida de la capa arable y la segunda por causa de la erosión generada por la presencia de turbiedad.

Los principales contaminantes que se generan en el proceso agrario son los fertilizantes, plaguicidas, insecticidas y residuos que son arrastrados por acción de la lluvia hacia los cuerpos de agua. El nitrato presente en los cultivos puede ser lixiviado a poca profundidad y puede dirigirse hacia las fuentes de agua, estas acciones disminuyen cuando se realizan prácticas de conservación de agua y de suelos.

En muchos de los casos el estiércol es utilizado como fuente de abono dentro de la agricultura esto puede provocar impactos negativos por causa del amonio mediante el proceso de escorrentía este puede ser transportado a las fuentes de agua. (Wagner, 2000, p. 424)

1.2.2.4 *Actividades humanas y su relación con la calidad del agua.*

Las actividades generadas por el hombre como la tala de bosques incontrolada y la eliminación de residuos son causantes principales de la pérdida de caudal y de calidad dentro de los cuerpos de agua.

La generación de aguas contaminadas se produce por medio de dos factores, el primero causado por la lluvia por medio de la escorrentía la cual arrastra subproductos generados por actividades humanas y la segunda por medio de la reintegración de aguas que una vez usadas y cambiadas sus propiedades son devueltas a las fuentes hídricas.

Los acuíferos que de igual manera son utilizados como fuentes de agua que se pueden ver contaminadas por parte de las actividades generadas por el hombre disminuyendo la calidad aguas abajo poniendo en riesgo el mal funcionamiento de hábitats acuáticos y la salud humana . (Wagner, 2000, p. 426)

1.2.2.5 *La cobertura vegetal y su relación con la calidad del agua.*

Hay que tener en cuenta que la falta de cobertura vegetal produce un aumento de la escorrentía superficial, empeora el impacto que genera la lluvia sobre el suelo, de igual manera produce un aumento en la escorrentía transportando los agregados del suelos que son desprendidos con más facilidad. Esto permite saber que el estado del suelo y de cobertura vegetal son de gran importancia para el arrastre de sedimentos y para la calidad del agua. (Vidal, 2000, p. 59)

1.2.3 *Procesos que alteran la calidad del agua dentro de una microcuenca.*

Dentro de la microcuenca existen diferentes actividades que alteran la calidad del agua de la misma por medio de los usos que se derivan de ella, entre las que tenemos:

- El exceso de productos agroquímicos dentro de zonas cercanas a las fuentes de agua están provocando el desgaste del suelo y como consecuencia la contaminación del agua.
- No existe una cultura ambiental bien establecida por lo que los desechos generados por habitantes del sector tiene como ruta final el cauce del río.

- Los cambios que sufre el suelo por parte del proceso de compactación altera las características físicas del mismo generando el proceso de erosión, lo que provoca que la capacidad de infiltración que tiene el suelo sea superada dándose un mayor nivel de escurrimiento superficial. Este fenómeno se intensifica si no existe la presencia de técnicas de conservación de suelos ni la presencia de cobertura vegetal que impediría su arrastre hacia el río.
- Hay que tener en cuenta que existe una relación estrecha entre la vegetación, el suelo y el agua, dentro de los cuales al generarse una alteración generada por acción del hombre genera alteraciones dentro del sistema hídrico tanto en su cantidad como en su calidad. (Vidal, 2000, p. 60)

1.2.4 Principales indicadores físicos, químicos y Biológicos que afectan la calidad del agua.

Los diferentes parámetros que tiene el agua respecto a su calidad van a variar de acuerdo a sus orígenes ya sean estos físicos, químicos o biológicos, teniendo como fuente principal las actividades antrópicas generadas por acción del hombre. Entre estos mencionaremos a la temperatura, sólidos totales, turbidez, pH, Oxígeno Disuelto, DBO₅, nitratos, fosfatos y coliformes.

Los mencionados indicadores seleccionados para la calidad del agua se definieron en dependencia de los usos actuales y potenciales que tiene la cuenca. Dentro de los diferentes usos del agua están: dotación de agua para consumo doméstico, usos ganaderos y agrícolas.

1.2.5 Indicadores Físicos.

Aquí se encuentran presentes aquellas sustancias que no necesariamente son tóxicas pero que pueden cambiar el aspecto del agua como su temperatura. (Roldán, 1992, p. 189), entre ellos tenemos:

1.2.5.1 Temperatura del Agua.

El cálculo correcto del parámetro de la temperatura es esencial para posteriores cálculos y análisis de laboratorio, como ejemplo de su uso podemos mencionarlo en la determinación de la actividad biológica, conocer el grado de saturación del oxígeno disuelto, para determinar la contaminación de los ríos mediante estudios limnológicos y la identificación de suministros en pozos, el valor de la temperatura es un parámetro muy importante. (Romero, 2002, p.71)

Al momento de realizar descargas es importante considerar que el agua a altas temperaturas causa daño al ecosistema tanto a la flora como a la fauna de las aguas que reciben la descarga causando alteraciones como la aceleración de las reacciones químicas, alterando la reproducción de especies presentes en el medio, adelantar el proceso de eutrofización, incrementación de microorganismos y la disminución de la cantidad de oxígeno. (Romero, 2009, p.111)

1.2.5.2 Sólidos Totales.

A excepción del agua se considera a todo material que se encuentra dentro de los materiales líquidos, como material sólido. Es necesario dentro de las ramas sanitarias poder conocer el contenido de materia sólida dentro de cuerpos de agua, desde aguas potables hasta aguas de carácter residual, contaminadas, de carácter industrial y aguas generadas por acción de procesos de tratamiento. La denominación de sólidos totales hace referencia a todos los residuos que se obtienen como resultado de un proceso de evaporación y secado a 103°C. Los sólidos totales incluyen tanto al material disuelto como al no disuelto o mejor conocidos como sólidos en suspensión. (Romero, 2002, p. 71-72)

Los sólidos totales disueltos son una medida de sales disueltas dentro de una muestra de agua, por lo general son visibles en los cuerpos de agua con terrenos agrícolas cercanos, los mismos que han sufrido procesos de escorrentía. (Romero, 2009, p. 111)

1.2.5.3 Turbidez.

La turbiedad es una propiedad generada por acción del efecto óptico causado por la difusión de los rayos de luz al atravesar el agua, explicado de mejor manera se puede decir que es una propiedad óptica de una sustancia que causa que la luz rebote y no sea transmitida por medio de la sustancia.

A un nivel mayor de penetración de la luz dentro del agua, va a ser menor la cantidad de partículas en suspensión esto es inversamente proporcional. La presencia de turbidez dentro del agua está relacionada con el uso del suelo, tipo de suelo, cobertura del suelo y periodos de muestreo. (Ongley, 1997, p. 154)

La presencia de turbidez en un cuerpo de agua puede ser provocada por la presencia de diferentes materiales que se encuentran en suspensión con diferentes variaciones de tamaños, desde coloides hasta partículas de mayor tamaño como arcillas, limo, microorganismos y materia orgánica e inorgánica.

Hay que tener en cuenta que cuando los cuerpos de agua se encuentran con un flujo normal/bajo muchas de las aguas presentan coloraciones verdosas y presentan turbulencias bajas generalmente menor o igual a 10 NTU, de la misma manera al existir en un cuerpo de agua un flujo alto se genera una mayor velocidad de sus aguas lo que provoca que el agua remueva los materiales suspendidos en el fondo del cuerpo de agua provocando niveles de turbulencia mayores. (Romero, 2002, p. 67-68)

La presencia de turbulencia ocasiona que el cuerpo de agua se opaque y pierda su transparencia, la unidad de medida de la turbulencia está dada en unidades nefelométricas (NTU).

1.2.6 Indicadores Químicos.

La contaminación del agua generada por la presencia de parámetros químicos se da principalmente por la actividad industrial, la misma que es perjudicial para la salud humana.

El uso de fertilizantes es una fuente importante de contaminación química especialmente por la presencia de nitritos y nitratos, al igual que el uso irracional de plaguicidas que son tóxicos para el hombre. (Romero, 2009, p. 346), entre los que tenemos:

1.2.6.1 pH.

La denominación del término pH ayuda a expresar la concentración del ion hidrogeno o de manera más precisa indica la actividad del ion hidrogeno. En forma general ayuda a indicar si una solución es ácida o básica, entendiéndose que esto no expresa la medición de la acidez total o de alcalinidad total de la solución.

Para poder establecer un rango de pH se sabe que este varía entre 0 y 14, siendo 7 el valor neutro. En el rango de 0 a 7 nos indica acidez mientras que un rango comprendido entre 7 y 14 nos indica basicidad. (Mitchel, 1991, p. 183)

La medición del pH es muy valiosa ya que ayuda a comprender e interpretar los diferentes rangos de solubilidad de los componentes químicos dentro del agua. La acción del ión hidrogeno puede incidir de manera directa o indirecta sobre el resto de componentes presentes en el cuerpo de agua, donde la medición del pH tiene una importancia elevada al momento de describir los sistemas químicos y biológicos de una muestra de agua. (Romero, 2009, p. 365)

La variación de pH puede ser dañino para la vida acuática ya que una agua que se encuentre fuera de un rango promedio comprendido entre 6 y 9 resulta perjudicial para la misma causando perturbaciones celulares y destrucción de flora y fauna. La variación del pH puede deberse a la presencia de químicos en el agua, por lo cual este parámetro sirve como un indicador de contaminación del agua. (Romero, 2002, p.203)

1.2.6.2 Oxígeno Disuelto.

A la presencia de oxígeno disuelto no se le conoce ningún efecto sobre la salud humana, puesto que por lo general indica la buena calidad del agua. La determinación de oxígeno disuelto es importante para la determinación de contaminación en los cuerpos de agua y para procesos de tratamientos de agua, en altas cantidades causa corrosión, la concentración de este parámetro va a depender de la temperatura y de la presión. (Romero, 2009, p. 364)

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua es variable y aumenta al disminuir la temperatura y la salinidad y lleva una relación directa con la pendiente y la aireación que tenga el cuerpo de agua, el contenido del mismo depende de la concentración de materia orgánica presente; al existir una cantidad excesiva de la misma, las bacterias existentes en el agua empiezan a consumir oxígeno para la descomposición de la materia orgánica provocando una mineralización lo cual genera gas carbónico, nitratos y fosfatos, ya consumido todo el oxígeno se da la descomposición anaeróbica la cual produce amonio, metano, mercaptanos y sulfuro de hidrógeno. Por lo cual la materia orgánica en cantidades excesiva puede causar escases de oxígeno en el agua. (Vidal, 2000, p. 40)

La vida acuática es muy sensible a variaciones de oxígeno disuelto y tiene problemas al existir niveles muy bajos del mismo, provocados por el estancamiento de las aguas y la presencia excesiva de materia orgánica principalmente en el verano donde sus niveles estacionales son más bajos. (Romero, 2002, p. 134)

1.2.6.3 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).

La demanda bioquímica de oxígeno es un parámetro que indica la materia orgánica presente en un cuerpo de agua que es biodegradable, es el parámetro que más se usa para poder conocer el nivel de eficiencia que tienen los tratamientos que se usan para aguas residuales. La DBO se da cuando se vierte en el flujo de agua diferentes sustancias contaminantes que captan el oxígeno presente gracias a sustancias químicas reductoras. Es una medida que nos ayuda a estimar las

diferentes materias oxidables dentro del cuerpo de agua sin depender de su origen tanto orgánico como mineral (hierro, sulfuros, cloruros, nitritos y amoníaco). (Mitchel, 1991, p. 192)

Hay que controlar que el nivel de oxígeno disuelto sea el necesario para que los microorganismos consuman la materia orgánica, controlar las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de los microorganismos como es el caso de los nutrientes nitrógeno y fósforo, teniendo siempre en cuenta que los microorganismos deben existir dentro de un valor mayor a 103/ mL.

Para conocer su valor se efectúa el análisis de la DBO₅ que mide la cantidad de oxígeno que ha sido ocupada por los microorganismos para poder estabilizar la materia orgánica que puede ser biodegradable en condiciones aeróbicas en un periodo de 5 días a una temperatura de 20 grados centígrados. (Romero, 2002, p.137)

1.2.6.4 Nitratos.

Principalmente son introducidos a los cuerpos de agua por acción de actividades antrópicas, en concentraciones elevadas los nitratos en el cuerpo humano generan metahemoglobina y diarreas por lo que se debe limitar su concentración en los suministros de agua. (Vidal, 2000, p. 63)

El nitrógeno es un nutriente fundamental para que los animales y las plantas puedan generar proteínas, dentro de los ecosistemas acuáticos el nitrógeno se encuentra en diferentes formas pudiendo combinarse con el oxígeno para generar nitratos. El origen de estos nitratos pueden ser causados por la presencia de fertilizantes, aguas contaminadas por desechos industriales y aguas negras. Dado que los nitratos y fosfato son considerados nutrientes al ser añadidos a los cuerpos de agua generan la eutrofización de las mismas, estos nutrientes son asimilados generalmente por el escurrimiento de tierras agrícolas, desechos animales, aguas negras y detergentes.

Al ser generada la eutrofización sobre los cuerpos de agua pueden ocasionar que la vida vegetal dentro del agua se desarrolle, llegando a poder cubrir la superficie total del agua actuando negativamente sobre otros organismos. Por lo cual los cuerpos de agua con niveles altos de nitratos van a tener una demanda biológica de oxígeno (DBO) elevada y una cantidad de oxígeno disuelto baja, a causa de los microorganismos presentes que degradan los desechos orgánicos y consumen el oxígeno. (Romero, 2009, p. 363)

1.2.6.5 Fosfatos.

El elemento fósforo se encuentra generalmente dentro del agua en forma de fosfatos. Los fosfatos a su vez se encuentran presentes en detergentes y fertilizantes que pueden ser asimilados al cuerpo de agua generalmente por el escurrimiento de tierras agrícolas, desechos industriales, aguas negras y detergentes. Es un parámetro que nos ayuda a controlar problemas de eutrofización dentro de los cuerpos de agua. (Vidal, 2000, p. 65)

De igual manera que en el caso de los nitratos, los fosfatos son considerados como nutriente para las plantas por lo cual estos también son causantes del crecimiento descontrolado de las plantas por medio de la eutrofización, al darse este crecimiento descontrolado de plantas en el agua se puede dar el cubrimiento total de la superficie del cuerpo de agua afectando de manera negativa a la vida acuática, por lo cual cuerpos de agua con niveles altos de fosfatos van a tener una demanda biológica de oxígeno (DBO) elevada y una cantidad de oxígeno disuelto baja a causa de los microorganismos presentes que degradan los desechos orgánicos y consumen el oxígeno. (Romero, 2009, p. 360-361)

1.2.7 Indicadores biológicos-bacteriológicos.

Entre los indicadores biológicos que alteran el cuerpo de agua se encuentran diversos organismos como las bacterias, que son fuente de contaminación. Existen indicadores que permiten conocer la calidad del agua y su fuente de contaminación, por ejemplo la presencia de coliformes es un indicador de contaminación orgánica, los coliformes totales son indicadores de contaminación fecal, etc.

El agua de mala calidad causa diversos efectos, entre ellos tenemos enfermedades al de origen digestivo. La mala calidad del agua tiene incidencia directa sobre los ecosistemas ya que la biodiversidad asocia al agua y a su contaminación. (Roldán, 1992. p. 467)

1.2.7.1 Coliformes Fecales.

La contaminación microbiológica del agua tiene relación con la presencia de microorganismos patógenos generados por las heces animales y humanas. Es frecuente tener la presencia de este tipo de contaminación dentro de los cuerpos de agua superficiales en gran parte debido a su exposición directa con el hombre. Lo principal es poder conocer el número y tipo de bacterias presentes en el agua para poder prevenir enfermedades de origen hídrico.

La detección de organismos patógenos dentro de una muestra de agua como virus y protozoarios es difícil ya que se encuentran en bajas concentraciones. Por lo que se utiliza al grupo coliformes fecal, como indicador de la presencia de microorganismos. (OPS, 1993, p. 50)

El principal indicador de la presencia del grupo coliforme fecal es la bacteria *Escherichia coli*, principalmente por su existencia dentro de la flora intestinal del hombre y de animales que sean de sangre caliente.

Se debe considerar que los coliformes no provienen únicamente de los excremento de humanos y animales, también pueden estar contenidos en el suelo, por lo cual su presencia en cuerpos de agua es un indicador de contaminación generada por el hombre, por animales o por acción del suelo de manera individual o a su vez puede darse de una manera combinada. Por lo general la mayoría de las especies de *Escherichia coli* no son patógenas. La *Escherichia coli* cuando es patógena causa diarrea en personas vulnerables como niños y viajeros. (Romero, 2002, p.173)

1.3 Monitoreo del Agua, fundamentos y aplicaciones.

El monitoreo es una herramienta que permite levantar información que ayude a el análisis y toma de decisiones sobre los diferentes usos del recurso y del manejo sostenible de los recursos naturales. Es justificativo la realización de los monitoreos de un recurso debido a la prioridad que resulta el contar con datos confiables y disponibles para tomar las mejores decisiones acerca de los recursos naturales. La realización del monitoreo consiste en hacer la evaluación de un determinado recurso para conocer su estado en el momento del monitoreo, para el caso del monitoreo del agua, este e puede realizar en cualquier tipo de cuerpo de agua ya sea natural o artificial. (Calles, 2007, p. 10)

1.3.1 Objetivos del Monitoreo.

Los objetivos de un monitoreo del agua va a estar en función de la información que se necesite levantar del recurso hídrico, algunos de estos objetivos pueden ser:

- Conocer la calidad del agua de un río.
- Determinar el impacto de un contaminante.
- Conocer el impacto que genera una industria sobre una microcuenca.
- Determinar el efecto que genera la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Estos son simples ejemplos de objetivos que pueden ser cumplidos por parte de la realización del monitoreo de cuerpos de agua. (Calles, 2007, p. 11)

1.3.2 Determinación de los sitios de monitoreo.

Uno de los puntos de más importancia dentro del monitoreo de cualquier cuerpo de agua es la designación de los sitios de monitoreo por medio del cual se realizará el monitoreo de la calidad del agua. Para una designación correcta de los sitios de monitoreo se debe cumplir con las siguientes recomendaciones:

- Se debe realizar un reconocimiento de la zona donde se supone realizar el sistema de monitoreo.
- En un cuaderno de trabajo hay que tomar nota de cualquier actividad antrópica cercanas a las orillas como por ejemplo ganadería, industrias, caminos, carreteras, agricultura, descargas de aguas etc.
- Generar registros gráficos de los puntos más importantes de la zona.
- Georreferenciar el sitio de monitoreo con un GPS.
- Hay que efectuar reuniones con las personas que son parte de las comunidades que están relacionadas con la zona de estudio y poder generar información adicional sobre el desarrollo histórico del recurso hídrico.
- Una vez conocida la zona se debe proceder a seleccionar los puntos de monitoreo, tomando como consideración una muestra en una zona alta donde no se genere ningún impacto aparente y otra u otras muestras río abajo donde exista algún o algunos impactos visibles.
- Como punto final ya designados los sitios de monitoreo se recomienda que estos sean nombrados y numerados. Toda esta información será de importancia al momento de almacenar la información. (Rojas, 2009, p. 10)

1.4 Índice de Calidad del Agua.

El índice de calidad del agua (WQI) es una herramienta que ayuda a medir el grado de contaminación del agua en el momento exacto del muestreo, el cual esta expresado como porcentaje de agua pura, de tal manera una agua que contenga un WQI cercano al cero por ciento será una agua altamente contaminada, mientras que una agua cercana al 100 por ciento será una agua de excelente calidad.

El índice de calidad del agua es una herramienta que permite resumir los numerosos datos que se puede tener de la calidad de un agua en términos simples.

1.4.1 Usos de los Índices.

La utilización de los índices se puede generar para los siguientes casos:

- 1- Manejo del recurso: puede facilitar información a las diferentes personas, para que estas puedan tomar decisiones de importancia para el recurso.
- 2- Clasificación de Áreas: ayuda a la comparación de los diferentes estados del recurso agua sobre diferentes puntos geográficos.
- 3- Aplicación de normatividad: permite la comparación de los niveles de contaminación con la normativa ambiental vigente, para determinar si está sobrepasando los límites permisibles.
- 4- Análisis de la tendencia: la realización del índice cada cierto periodo de tiempo permite mostrar si la calidad del agua está mejorando o empeorando.
- 5- Información pública: el uso de los índices y su difusión pueden generar concientización ambiental sobre las personas.
- 6- Investigación Científica: el uso de índices sirve de ayuda ya que simplifica numerosos datos para que se puedan analizar de manera más sencillas. (Rojas, 2009, p.2)

1.4.2 Modo de Valoración.

Luego de la toma de las muestras en el campo se procede a realizar el análisis de los 9 parámetros considerados por el método WQI, para su posterior comparación de los resultados obtenidos de cada parámetro con la utilización de las tablas que establecen el valor ideal que debería tener el agua en condiciones de calidad óptima.

La realización de este procedimiento se lo puede hacer por medio de la utilización de curvas de calidad del WQI individualmente para cada parámetro o de igual manera se lo puede realizar con la utilización de un software disponible para este índice el cual se conoce como Calculating NSF WQI.

1.4.3 Procedimiento de Cálculo del WQI.

Para nuestro caso usaremos el software Calculating NSF WQI, el cual es un software libre y puede manejarse dentro de esta investigación.

A continuación se describirán los pasos a seguir para su correcto cálculo:

1. Se debe obtener los nueve parámetros por medio de los diferentes análisis físicos, químicos y microbiológicos (pH, OD, DBO, Turbiedad, Fosfatos, Nitratos, STD, Coliformes Fecales) necesarios para el cálculo del WQI.
2. Hay que tener en cuenta las unidades de cada parámetro para su correcto cálculo. Ver (Tabla 1-1).
3. Para el caso de la temperatura hay que obtener el valor de la diferencia de temperatura, este valor se obtiene mediante la diferencia de la temperatura del agua obtenida durante el muestreo y la temperatura ambiente de la zona de intervención.
4. Para el caso del oxígeno disuelto hay que transformar las unidades de mg/L a porcentaje de saturación de Oxígeno mediante la interpolación de su valor con la temperatura. Ver (ANEXO F).
5. Una vez obtenidos todos los parámetros y en las unidades correspondientes se procede a introducir los valores dentro de la celda TEST RESULT.
6. La celda WEIGHTING FACTOR representa el nivel de importancia que tiene el parámetro dentro de la calidad del agua.
7. La celda Q-value genera el valor real de Calidad que representa el valor de cada parámetro.
8. El valor final de cada parámetro se obtiene mediante la multiplicación de la celda Q-value y WEIGHTING FACTOR.
9. Para la obtención del WQI se suman los valores individuales de cada parámetro y se divide para la suma total de la celda WEIGHTING FACTOR.
10. El resultado del WQI muestra el nivel de calidad del agua y el rango a que corresponde este valor.

Tabla 1-1. Parámetros para el cálculo del WQI.

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI)						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
Ph		pH units		0,12	0,12	
Change in temp		degrees C		0,11	0,11	
DO		% saturation		0,18	0,18	
BOD		mg/L		0,12	0,12	
Turbidity		NTU		0,09	0,09	
Total Phosphorus		mg/L P		0,11	0,11	
Nitrate Nitrogen		mg/L NO ₃ -N		0,10	0,10	
Solidos Totales		mg/L		0,07	0,07	
Fecal Coliforms		CFU/100mL		0,17	0,17	
TOTAL					1,07	
Índice de Calidad de Agua						

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: (Calculating NSF WQI).

1.4.4 Estimación del Índice de Calidad del Agua.

La comparación del valor del WQI se realiza por medio de los rangos estimados y se procede a elegir el rango correspondiente partiendo de esto se puede determinar su adecuado uso.

Tabla 2-1. Interpretación del Índice de Calidad del Agua “WQI”.

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Realizado por: Mauro Buñay.
Fuente:(MARN, 2012).

Las aguas que poseen un WQI mayor a 90 son aguas capaces de albergar una alta diversidad de vida acuática, siendo aceptable para todas las especies que estén en contacto con la misma.

Las aguas que poseen un WQI Regular son por lo general aguas que poseen menos diversidad de vida acuática y se da la presencia del crecimiento de algas.

Las aguas que poseen un WQI de carácter (mala) pueden albergar una baja cantidad de vida acuática ya que se observa la presencia de contaminación.

Las aguas que poseen un WQI de carácter (pésima) pueden albergar una porción limitada de vida acuática, esta agua presenta numerosos problemas y se la cataloga no aceptable para las actividades que tienen que ver con su contacto. (MARN, 2012, p. 81-87)

A partir de la (Figura 4-1) se puede conocer los diferentes usos que tiene el recurso agua en función de su índice de calidad.

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

Figura 4-1. Escala del Índice de Calidad del Agua.

Fuente: (Arroyo, 1992).

1.5 Macroinvertebrados Acuáticos.

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que podemos observar de manera directa ya que son visibles al ojo humano, se los denomina macro gracias a su tamaño que oscila ente 2 milímetros y 30 centímetros de largo, invertebrados gracias a que no poseen huesos y acuáticos porque viven y se desarrollan en sectores con agua dulce.

El uso de estos animales genera excelentes señales referente a la calidad del agua y al ser usados en el monitoreo se puede comprender el estado en el que se encuentra, algunas familias requiere un agua de calidad buena para vivir, mientras que otras sobreviven en presencia de contaminación, varios investigadores como (Calles, 2007, p. 49) mencionan que los macroinvertebrados son los mejores bioindicadores para determinar la calidad del agua.

Los insectos son el grupo de macroinvertebrados que se encuentran mayoritariamente distribuidos sobre el agua dulce. La presencia de los macroinvertebrados es de gran importancia para los ecosistemas ya que constituyen la biomasa animal ubicados en diferentes tramos de los ríos, constituyendo una fuente de energías para los depredadores superiores en la red trófica.

De manera reducida podemos decir que los macroinvertebrados consumen la materia orgánica de los ríos y lo transmiten a vertebrados superiores, siendo la principal fuente de alimento de estos vertebrados. Por lo que cualquier tipo de alteración con los macroinvertebrados va a afectar directamente la población de animales que habitan los ríos. (Roldán, 1992. p. 403-404)

Los estudios más importantes sobre macroinvertebrados recaen en su utilización como bioindicadores, que en este caso serán de carácter acuático, que según su abundancia indican alguna característica ecológica o de la calidad de las aguas, debido a que:

- Son de características sedentarias, gracias a su poca capacidad de movilidad estos están relacionados de manera directa con las sustancias vertidas en los cuerpos de agua.
- Su ciclo de vida es considerado largo en relación a otros organismos que habitan los cuerpos de agua, lo cual permite conocer los diferentes cambios que han sufrido en periodos de tiempo largos.
- Su tamaño es el aceptable en comparación a otros organismos presentes en los cuerpos de agua. (McGavin, 2001, p. 355)

Existen diferentes hábitats acuáticos en los cuales se desarrollan estos macroinvertebrados, por lo que algunos están enterrados en el sustrato, otros sobre el sustrato, pueden estar pegados a las rocas y material vegetal, se desarrollan también en las orillas de los ríos, algunos pueden estar sobre la superficie de los cuerpos de agua, otros pueden actuar como peces y nadar, algunos se desarrollan en corrientes de agua rápida y otros en corrientes lentas; y como parte final algunos prefieren un fondo lodoso mientras que otros prefieren fondos arenosos. (Carrera, 2005, p. 150)

Los hábitats lóticos hacen referencia a los hábitats que se desarrollan en aguas corrientes como es el caso de ríos, la biodiversidad de macroinvertebrados es diferente en una zona rápida que en las de las orillas. Dentro de estas corrientes rápidas existen dos zonas, la primera denominada de erosión donde la velocidad que adquiere el agua es tan fuerte que puede arrastrar partículas suspendidas, en esta zona se desarrollan especies que cuentan con ventosas y ganchos para poder soportar la corriente del agua. (Calles, 2007, p. 52)

La segunda zona es la deposición que se caracteriza por una velocidad del agua lenta donde el material en suspensión tiene la facilidad de precipitarse y formar sustratos lodosos, aquí se pueden desarrollar pocas especies pero en ocasiones su número puede ser elevado.

Los hábitats lénticos hacen referencia a los cuerpos de agua que se encuentran estancados como las lagunas y charcos, las cuales presentan una diversidad abundante de especies acuáticas vegetales y ayuda al desarrollo de un mayor número de invertebrados acuáticos.

La zona limnetética hace referencia a las aguas abiertas donde muy pocas especies que puedan flotar se desarrollan.

En la zona profunda se da la ausencia de luz y la cantidad de oxígeno disuelto es escaso limitando la existencia de organismos en esta zona.

Los macroinvertebrados reciben diferentes nombres de acuerdo al medio en el que vivan, ya sea que se encuentren al fondo, naden o floten sobre los cuerpos de agua. (Calles, 2007, p. 57)

La terminación *bentos* hace referencia a todos los organismos que se desarrollan en el fondo de los cuerpos de agua (ríos, lagos) ubicados sobre un sustrato como las rocas, residuos vegetales, madera o pueden encontrarse enterrados en el mismo. Por ejemplo es regular encontrar organismos como efemerópteros, tricópteros, coleópteros, plecópteros, dípteros y megalópteros que se desarrollan debajo de rocas, residuos vegetales y madera. (Domínguez, 2001, p. 58)

Otras especies como blefaricéridos y sanguijuelas se encuentran pegadas al sustrato por medio de sus ventosas, otros se pegan al sustrato mediante ganchos como es el caso de los insectos y otros segregan una secreción que les permite pegarse al sustrato como los tricópteros constructores de casas (glososomátidos y helicopsíquidos) (Figura 5-1)

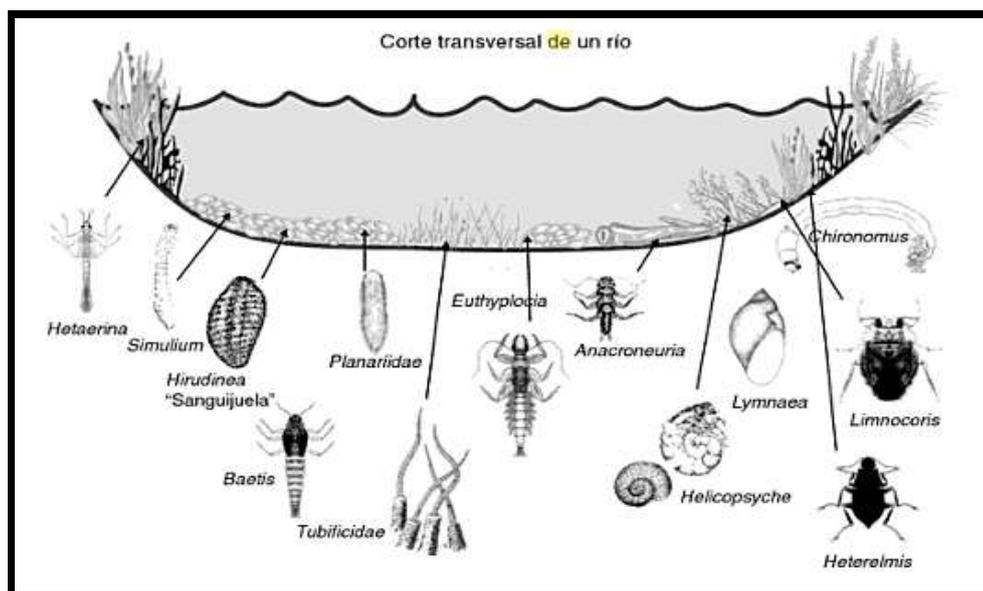


Figura 5-1. Organismos representativos de la fauna benthica y su hábitat dentro del río.
Fuente: (Roldán, 1992).

La terminación *neuston* hace referencia a los organismos que se desarrollan sobre la superficie de los cuerpos de agua ya sea caminando o patinando sobre esta, su principal cualidad es que están recubiertos por un tipo de cera que los vuelve impermeables al agua los principales miembros son los gérridos y los mesovélidos (Figura 6-1). (Domínguez, 2001, p. 60)

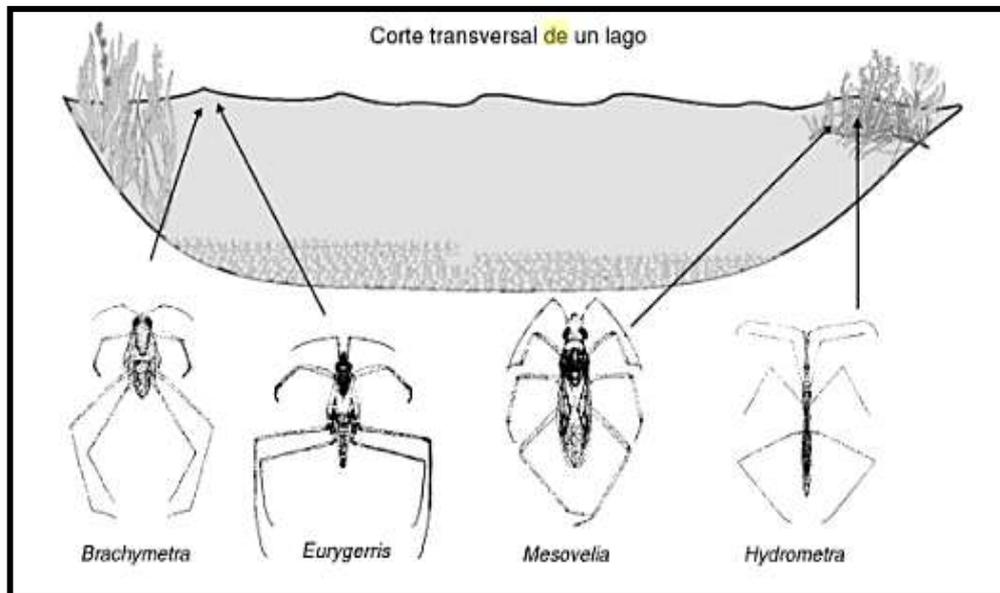


Figura 6-1. Organismos representativos de tipo neuston.
Fuente: (Roldán, 1992).

Y por último la terminación *necton* hace referencia a todos aquellos organismos que nadan en los cuerpos de agua en semejanza a los peces, aquí los principales organismos son los efemerópteros, hemípteros y coleópteros (Figura 7-1). (Domínguez, 2001, p. 62)

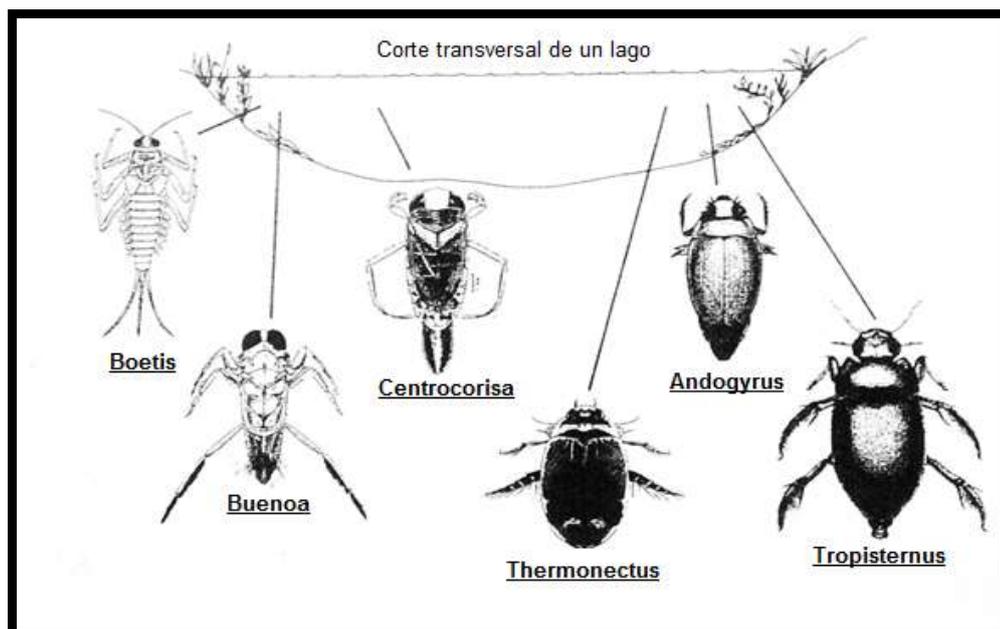


Figura 7-1. Organismos representativos de tipo necton.
Fuente: (Roldán, 1992).

1.5.1 *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua.*

La utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua hace referencia a que estos organismos se encuentran adaptados al hábitat en el que se desarrollan y permiten mediante su presencia conocer el estado en el que se encuentra un cuerpo de agua, gracias a sus adaptaciones a medios sanos y medios contaminados. (Carrera, 2005, p. 155)

Una de las ventajas sobre el uso de un bioindicador sobre cualquier parámetro físico o químico es tener la capacidad de vivir en el agua durante corto tiempo o durante toda su vida, pueden contener los diferentes cambios que se generan a causa de parámetros físicos o químicos, mientras que la realización de una medición puntual de un parámetro no dice lo que pasó con anterioridad o cual es la causa del problema. (Calles, 2007, p. 52)

La importancia recae en que los macroinvertebrados presentan diferentes niveles de tolerancia frente a diferentes cambios dentro de los ecosistemas. De esta manera se puede asociar diferentes grupos de macroinvertebrados con la contaminación de las aguas.

Por ejemplo podemos mencionar a la familia de los plecópteros, los cuales son muy sensibles a la contaminación de las aguas, mientras que los dípteros son más tolerantes a la contaminación, como deducción podemos decir que un agua con abundantes familias de plecópteros no tiene la presencia de contaminación. (Domínguez, 2001, p. 46)

Todas estas perturbaciones referentes a la calidad del agua de un río, tienen la probabilidad de causar cambios en los macroinvertebrados hasta el punto de reducir sus comunidades y llegar a tener solo pocas especies que sean tolerantes. (Roldán, 1992. p. 418-419)

1.5.2 *Los macro invertebrados y su uso como Índices Biológicos.*

Para poder predecir las variaciones a nivel morfológico y fisiológico de los macroinvertebrados que pueden sufrir por la presencia de diferentes factores físicos y químicos es fundamental aplicar índices de carácter ecológicos-bióticos de tolerancia. El uso de estos índices por lo general es de carácter específico para un determinado tipo de alteración (contaminación) o lugar geográfico, y se fundamenta en un organismo que es usado como indicador (Tabla 3-1).

Dichos índices ayudan a valorar el estado ecológico en el que se encuentra un ecosistema acuático que ha sido afectado por cualquier tipo de alteración, por lo cual a estos macroinvertebrados presentes en una muestra se les otorga un valor numérico en relación a su

tolerancia hacia ciertos contaminantes, tomando en cuenta que esta valoración va a depender del índice que se utilice. (Carrera, 2005, p. 157)

Tabla 3-1. Índices biológicos usados para estimar la tolerancia de los macroinvertebrados a los contaminantes presentes en un cuerpo de agua.

Índice	Nombre extendido	Fundamento	Utilidad
BMWP	Biological Monitoring Working Party	Otorga valores de 1 a 10 a las diferentes familias de macroinvertebrados. Los más tolerantes a la contaminación reciben valores menores y los más sensibles valores mayores. La suma total de valores nos indica la calidad biológica de la comunidad.	Valoración de la contaminación por materia orgánica en las Islas Británicas. Permite: la determinación de invertebrados presentes, la calificación ambiental de la familia taxonómica, la valoración cuantitativa del medio.
IBMWP (antes BMWP)	Iberian Monitoring Working Party	Adaptación del BMWP a la Península Ibérica.	Valoración de la contaminación por materia orgánica en la Península Ibérica.
BMWQ	Biological Monitoring Water Quality.	Mismo fundamento que el anterior pero con valores de 1 a 15.	Valoración de la contaminación por materia orgánica en la Península Ibérica.
IBF	Índice biótico de familia	$IBF = 1/N \sum n_i t_i$. Dónde: N= número total de individuos en la muestra (Estación). n_i = número de individuos en una familia. t_i = puntaje de tolerancia de cada familia.	Presenta una alta sensibilidad en la calidad de agua. Los resultados hacen posible clasificar las estaciones en clases de calidad de agua, las cuales se representan en un mapa de calidad de agua.
Riqueza EPT	Riqueza de taxa perteneciente a los grupos de Efemerópteros, Plecópteros y Tricópteros.	Las especies de estos grupos de insectos son sensibles a las perturbaciones humanas.	Contaminación en general y alteraciones del hábitat.
Porcentaje de Raspadores.	Porcentaje de individuos de la comunidad pertenecientes al grupo trófico de los raspadores.	El incremento en nutrientes aumenta la producción primaria lo que favorece a este grupo.	Eutrofización fluvial.
Abundancia de Chironomidae.	Abundancia de individuos de la familia Chironomidae.	Este grupo es muy tolerante a la contaminación por materia orgánica.	Contaminación por materia orgánica.

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: (Leva, 2004).

1.5.3 Índice BMWP/Col.

La utilización del este índice se fundamenta principalmente en dar un valor a los diferentes grupos de macroinvertebrados presentes en una muestra de agua con la peculiaridad de que estos deben ser identificados hasta el nivel de familia. Al otorgar una valoración a las familias de macroinvertebrados estas van a variar en un rango de sensibilidad de 1 a 10 (Tabla 4-1).

Donde el número 10 representa el punto más sensible, en donde la presencia de organismos con este valor indica que el cuerpo de agua es limpio, por el contrario al encontrarnos con valores de menor rango encontraremos organismos resistentes a estos valores que indican que el cuerpo de agua está contaminado, por lo que este índice es un índice de sensibilidad. (Roldán, 2003, p. 35)

Tabla 4-1. Valoración de las familias de macroinvertebrados acuáticos para su Aplicación en el índice BMWP/Col.

Familias	Puntajes
<i>Anamalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oliigoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.</i>	10
<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarciidae, Xiphocentronidae.</i>	9
<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudohelphusidae, Saldidae, Simulidae, Veliidae, Calamoceratidae.</i>	8
<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.</i>	7
<i>Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limmichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.</i>	6
<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.</i>	5
<i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Notoceridae.</i>	4
<i>Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.</i>	3
<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.</i>	2
<i>Tubificidae.</i>	1

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: Calles, 2007.

Una vez obtenidos los valores en base a la presencia de las diferentes familias de macroinvertebrados presentes en una muestra de agua, se procede con su interpretación en base al índice BMWP/Col (Tabla 5-1).

Tabla 5-1. Interpretación del Método BMWP/Col.

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>100	Aguas muy limpias.	
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas.	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas.	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas.	
V	Muy crítica	<16	Aguas fuertemente contaminadas.	

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: Calles, 2007.

1.6 Actividades Antrópicas.

1.6.1 Diagnóstico.

La microcuenca del río Tingo se encuentra ubicada en la cuenca del río Pastaza, subcuenca del río Chambo, en el margen derecho del río Cebadas que alimenta la red hidrográfica del Territorio Hídrico de Cebadas. Esta red tiene sus orígenes en las vertientes y lagunas de Atillo, páramos y drenajes menores del sector oriental de la parroquia Cebadas; en el sector Tiug (junto a la vía a Macas) se unen los ríos Atillo y Ozogoche para dar forma al río Cebadas, el mismo que se alimenta 3 km aguas abajo por el río Yasipán

El río Tingo junto con los ríos Macalete, Pancún e Ichubamba incrementan el caudal del río Cebadas; al llegar al sector de Ceceles, los ríos Cebadas y Guamote se unen y dan origen al Río Chambo, del cual 1,5 km hacia abajo se encuentra la toma del canal de Riego Chambo – Guano. (SENAGUA, 2008, p.12-13)

Las principales causas de contaminación dentro de la microcuenca del río Tingo son las actividades antrópicas que se dan dentro del sector principalmente por el uso de suelo destinado a la actividad agraria y por parte de la ganadería, por lo que se ha generado un mapa de uso de suelo dentro de la microcuenca del río Tingo. (Ver ANEXO A)

1.6.2 Información cartográfica.

La cartografía base fue proporcionada por el Instituto Geográfico Militar (IGM) la misma que fue digitalizada en el programa ArcGis 9 para la realización de mapas base y mapas temáticos.

La elaboración del mapa base consta de los siguientes elementos: límites geográficos, área, longitud principal, vías, afluentes secundarios de la microcuenca. Ver (ANEXO B)

1.6.3 Cubierta vegetal.

La cubierta vegetal en la microcuenca del río Tingo está caracterizada por vegetación propia de páramo: paja (*Stipa ichua*), Calamagrostis intermedia, pajilla (*Agrostis nigritella*), holco (*Holcus lanatus*), taraxaco (*Taraxacum officinales*), llantén (*Plantago mayor*), orejuela (*Senecio canescens*), achicoria (*Hypochaeris sessilifolia*), entre otras que se encuentran en el inventario de Flora (Tabla 7-1); a la misma que se debe dar mayor atención en el manejo y conservación por ser un área de almacenamiento de agua considerable. (GADPCH-PDOTC, 2011, p. 4)

El Sistema Nacional de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental identifica siete factores diagnósticos para el mapeo de ecosistemas establecidos por el Proyecto Mapa de Vegetación, que cubren las dimensiones ambientales principales que han sido asociadas con la distribución de ecosistemas en diferentes contextos geográficos. (MAE, 2013, p. 8)

Así tenemos:

Tabla 6-1: Clasificación ecológica de la Microcuenca del río Tingo.

FACTOR DIAGNÓSTICO	DESCRIPCIÓN
Fisonomía	<i>Herbazal</i> <i>Arbustal</i>
Bioclima	<i>Pluvial</i> <i>Pluviestacional</i> <i>Xérico</i> <i>Ombrotipo (Io): húmedo y subhúmedo</i>
Biogeografía	<i>Región: Andes, Provincia: Andes del Norte</i> <i>Sector: Norte de la Cordillera Oriental de los Andes y Páramo</i>
Fenología	<i>Siempreverde</i> <i>siempreverde estacional</i> <i>Semideciduo</i>
Piso bioclimático	<i>Montano bajo</i> <i>Montano</i> <i>montano alto</i> <i>montano alto superior</i> <i>Termotipos (It): infratropical y mesotropical</i>
Geoforma	<i>Relieve general: De montaña, Macrorelieve: Cordillera, Mesorelieve: Montañoso</i>
Inundabilidad general	<i>Régimen de Inundación: no inundable</i>

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: GADPCH-PDOTC, 2011

Según el cuadro de clasificación ecológica se describe:

1.6.3.1 Fisonomía.

La Fisonomía de la microcuenca del Río Tingo corresponde a *Herbazal* para el sector uno y tres por tener mayor superficie de páramo y cubierta vegetal nativa, y *Arbustal* en la comunidad de Tablillas, Curiquinga, Utucún, Tres aguas, Shanaycun y San Antonio.

1.6.3.2 Bioclima.

La microcuenca del río Tingo se caracteriza por ser *Pluvial* a partir de los 3900 msnm y *Xérico* para el Sector dos del territorio.

1.6.3.3 Biogeografía.

La Microcuenca del Río Tingo se ubica en la *Región:* Andes, *Provincia:* Andes del Norte, *Sector:* Norte de la Cordillera Oriental de los Andes y Páramo

1.6.3.4 Fenología.

Semideciduo: Se ubica en el Sector de Tingo, Cenán, Inmaculada y Gaurón; en las comunidades del Sector tres: Tranca Shulpuj, Gozoy San Luis y Bazán Chico.

1.6.3.5 Piso bioclimático.

Los pisos bioclimáticos presentes en el área de estudio son *Montano:* Las comunidades Curiquinga, San Antonio, Tranca San Luis y Bazán Grande; *Montano alto* en Tablillas, Pancún, Etén, Retén, Guarguallá Chico, Guarguallá Grande y San Alberto.

Montano alto superior en las comunidades de Queseraloma, Etén y la Cooperativa Ichubamba Yasipán con *Termotipos (It)* mesotropical.

1.6.3.6 Geoforma.

Corresponde a *Relieve general* de montaña, *Macrorelieve* Cordillera y *Mesorelieve* Montañoso.

1.6.3.7 Inundabilidad general.

Régimen no inundable.

1.6.4 Agrobiodiversidad.

La biodiversidad en el territorio presenta una riqueza natural que proporciona servicios ambientales a los seres humanos y la naturaleza trata de armonizar y compensar los desequilibrios ocasionados por el hombre.

Los páramos de la zona sufren una fuerte presión por las actividades de roturación y el sobrepastoreo de animales que realizan las familias; en las quebradas se pierde la escasa vegetación natural debido a la extracción de leña; los suelos están en un proceso de desertificación resultado de malas prácticas agrícolas que conlleva a la disminución de la cubierta vegetal, provocando que la fauna abandone sus hábitats.

Las actividades agrícolas se ven afectadas por la migración, ya que la población se ha dedicado más a los monocultivos (cebadada, haba, chocho) que a la diversificación y como consecuencia la pérdida de semillas andinas (melloco, oca y mashua). (GADPCH-PDOTC, 2011, p. 8-14)

A continuación se describe la flora y fauna representativa del THC en función del tipo de especie y el uso que realiza la población:

1.6.4.1 Flora.

La gran variedad de flora presente tiene especies con potencial para medicina, alimentación humana y algunas empleadas en la construcción de viviendas (madera) entre otras. La flora característica del territorio se describe a continuación:

Tabla 7-1: Especies de flora presentes en la MCRT.

Nombre común	Nombre científico	Tipo de vegetación			USO					
		Arbórea	Arbustiva	Herbácea	Alimentación humana	Alimentación animales especies mayores	Alimentación animales especies menores	Medicinal	Leña	Construcción vivienda
Achicoria	<i>Hypochaeris sessilifolia</i>			✓		✓	✓	✓		
Ajenjo	<i>Artemisa absinthium</i>			✓				✓		
Ají	<i>Capsicum annum</i>		✓		✓			✓		
Aliso	<i>Alnus acuminat</i>	✓							✓	✓

Nombre común	Nombre científico	Tipo de vegetación			USO					
		Arbórea	Arbustiva	Herbácea	Alimentación humana	Alimentación animales especies mayores	Alimentación animales especies menores	Medicinal	Leña	Construcción vivienda
	<i>a</i>									
Alverjilla	<i>Lathyrus odoratus</i>			✓				✓		
Arquitecto	<i>Calcitium reflexion</i>		✓			✓		✓		
Arrayán	<i>Eugenia spp.</i>		✓			✓	✓	✓		
Atcera	<i>Canna indica</i>			✓			✓	✓		
Berro de páramo	<i>Nasturtium officinale</i>			✓	✓	✓	✓	✓		
Borraja	<i>Borrago officinalis</i>		✓					✓		
Botoncillo	<i>Biden leavis</i>			✓				✓		
Cabuya	<i>Furcraea bedinghausii</i>		✓		✓	✓		✓		✓
Calahuala	<i>Polypodium calaguala</i>			✓				✓		
Canayuyo	<i>Sonchus oleraceus</i>			✓		✓	✓			
Capulí	<i>Prunus serótina</i>	✓			✓				✓	✓
Cardo santo	<i>Cirsium mexicanum</i>			✓		✓		✓		
Cashamarucha	<i>Xanthium catharticum</i>			✓				✓		
Caumal	<i>Lupinus pubescens</i>		✓			✓	✓	✓		
Cedrón	<i>Aloysia triphylla</i>		✓					✓		
Chanca piedra	<i>Phyllanthus niruri</i>			✓				✓		
Chilca blanca	<i>Baccharis polyantha</i>		✓			✓	✓	✓		
Chuquiragua	<i>Chuquiragua jussieui</i>		✓			✓	✓	✓		
Cola de caballo	<i>Equisetum spp.</i>			✓		✓	✓	✓		
Cuerno de venado	<i>Halenia mendeliana</i>			✓				✓		
Culantrillo	<i>Adiantum capillus</i>			✓		✓	✓	✓		
Enojo	<i>Thymus serpyllum</i>		✓					✓		

Nombre común	Nombre científico	Tipo de vegetación			USO					
		Arbórea	Arbustiva	Herbácea	Alimentación humana	Alimentación animales especies mayores	Alimentación animales especies menores	Medicinal	Leña	Construcción vivienda
Enredadera	<i>Aristolochia baetica</i> .			✓		✓	✓	✓		
Escancel	<i>Aerva sanguinolenta</i>			✓				✓		
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	✓							✓	✓
Fical	<i>Lotus uliginosus</i>	✓							✓	✓
Frutilla	<i>Fragaria vesca</i>			✓	✓			✓		
Fucho	<i>Fuchsia spp</i>		✓						✓	
Gongona	<i>Citronella congona</i>		✓					✓		
Gramma	<i>Cynodon dactylon</i>			✓		✓	✓	✓		
Guanto	<i>Datura arborea</i>		✓					✓		
Habas	<i>Vicia faba</i>			✓	✓			✓		
Hierba Buena	<i>Mentha sativa</i>			✓				✓		
Hierba luisa	<i>Aloysia citrodora</i>			✓	✓			✓		
Hierba mora	<i>Solanum nigrum</i>			✓				✓		
Huaicundo	<i>Tilandsia spp</i>		✓					✓		
Inga muelan	<i>Paullinia spp</i>			✓			✓	✓		
Kikuyo	<i>Penisetum clandestinum</i>			✓		✓	✓			
Lancetilla	<i>Alternanthera lanceolata</i>			✓				✓		
Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i>			✓		✓	✓	✓		
Limón	<i>Citrus limón</i>	✓			✓			✓		
Llantén	<i>Plantago major</i>			✓		✓	✓	✓		
Lupina	<i>Cytisus monspesulanus</i>		✓					✓		
Malla (falso chocho)	<i>Chenopodium album</i>			✓		✓	✓			
Malva	<i>Malva silvestris</i>		✓					✓		
Manzana	<i>Malus</i>	✓			✓					

Nombre común	Nombre científico	Tipo de vegetación			USO					
		Arbórea	Arbustiva	Herbácea	Alimentación humana	Alimentación animales especies mayores	Alimentación animales especies menores	Medicinal	Leña	Construcción vivienda
	<i>domestica</i>									
Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla</i>			✓				✓		
Marco	<i>Ambrosia arborescens</i>		✓			✓	✓	✓	✓	
Matico	<i>Buddleja globosa Hope</i>		✓					✓		
Menta	<i>Mentha común</i>			✓				✓		
Musgo	<i>Rigodium implexum Kunz</i>			✓						
Nabo	<i>Brassica rapa</i>			✓	✓	✓	✓	✓		
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>			✓				✓		
Oreja de ratón	<i>Salvinia auriculata</i>		✓					✓		
Ortiga	<i>Urtica dioica L</i>			✓				✓		
Paico	<i>Chenopodium ambrosioides</i>			✓	✓			✓		
Paja	<i>Stipa ichu</i>			✓		✓	✓	✓		✓
Palohuashca	<i>Cyclolepis genistoides</i>			✓				✓		
Perejil	<i>Petroselinum sativum</i>			✓	✓			✓		
Pino	<i>Pinus radiata</i>	✓							✓	✓
Putzo	<i>Acaena ovalifolia</i>		✓						✓	✓
Quishuar	<i>Buddleja incana</i>	✓						✓	✓	✓
Quisquis	<i>Gaillardia cabreriae</i>			✓		✓		✓		
Retama	<i>Retama sphaerocarpa</i>		✓			✓	✓	✓	✓	
Romerillo	<i>Bidens pilosa</i>		✓					✓		
Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>		✓					✓		
Rosas	<i>Rosa</i>		✓					✓		

Nombre común	Nombre científico	Tipo de vegetación			USO					
		Arbórea	Arbustiva	Herbácea	Alimentación humana	Alimentación animales especies mayores	Alimentación animales especies menores	Medicinal	Leña	Construcción vivienda
	<i>centifolia</i>									
Ruda	<i>Ruta graveolens</i>			✓				✓		
Sábila	<i>Aloe barbadensis</i>			✓				✓		
Sachapulí	<i>Vallea stipularis</i>		✓						✓	✓
Samal	<i>Chimona nthus praecox</i>		✓						✓	✓
San Pedro	<i>Primula officinalis</i>			✓		✓		✓		
Sangoracha	<i>Amaranthus caudatus</i>		✓					✓		
Santa María	<i>Pyrethrum parthenium</i>			✓				✓		
Sauco	<i>Sambucus nigra L</i>		✓			✓	✓	✓		
Siempre viva	<i>Sempervivum tectorum</i>			✓				✓		
Sigse	<i>Cortaderia selloana</i>			✓			✓			✓
Tanitani	<i>Geranium sessiliflorum</i>			✓				✓		
Taraxaco	<i>Taraxacum officinale</i>			✓	✓	✓	✓	✓		
Taruga lulu	<i>Xenopus laevis</i>			✓				✓		
Taxo	<i>Passiflora tarminiana</i>		✓		✓			✓		
Tipillo	<i>Bistropogon mollis</i>		✓					✓		
Tomate de árbol	<i>Cyphomandra betacea</i>		✓		✓			✓	✓	
Toronjil	<i>Melissa officinalis</i>			✓				✓		
Trébol andino	<i>Trifolium arrenatherum</i>			✓		✓	✓	✓		
Trinitaria	<i>Bougainvillea glabra</i>		✓					✓		
Tuna	<i>Opuntia</i>		✓		✓			✓		

Nombre común	Nombre científico	Tipo de vegetación			USO					
		Arbórea	Arbustiva	Herbácea	Alimentación humana	Alimentación animales especies mayores	Alimentación animales especies menores	Medicinal	Leña	Construcción vivienda
	<i>ficus indica</i>									
Uvilla	<i>Physalis peruviana</i>		✓		✓	✓	✓	✓		
Valeriana	<i>Valeriana rigida</i>			✓				✓		
Verbena	<i>Verbena littoralis</i>			✓				✓		
Yagual	<i>Polylepis incana</i>	✓						✓	✓	
Yanachaqui	<i>Hyssopus officinalis</i>			✓				✓		
Zanahoria blanca	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>			✓	✓			✓		
Zuzo	<i>Stipa tenacissima</i>			✓		✓				✓
<i>Total de especies reportadas</i>					18	29	25	82	13	12

Realizado por: Investigador.

Fuente: GADPCH, 2011

A la flora identificada en la microcuenca del río Tingo la población la utiliza con doble y triple propósito en medicina, alimentación de animales y leña las más importantes: retama, yagual, quishuar, tilo, chuquiragua, en el campo de la medicina es donde más servicios presta la vegetación nativa (82 especies) por tradición y cultura ancestral.

Para leña los pobladores utilizan especies que están cerca a las riberas de ríos y quebradas; para la construcción de la vivienda emplean el pino y eucalipto.

Se evidencia el reemplazo de especies nativas por plantaciones forestales exóticas (pino y eucalipto) debido al interés de la explotación de la madera para obtener un ingreso adicional en su economía. (GADPCH-PDOTC, 2011, p. 19-27)



Figura 8-1. Especies nativas MCRT.

Fuente: GADPCH, 2011.

1.6.4.2 Fauna.

La Fauna nativa al igual que la flora en el territorio está en un proceso de extinción, la razón principal es el avance de la frontera agrícola y en algunos sectores persiste la cacería de venados, zorro y conejos. (GADPCH-PDOTC, 2011, p. 28-35)

Las especies de fauna se describen a continuación:

Tabla 8-1: Especies de fauna presente en la MCRT.

Nombre común	Nombre científico	TIPO				USO		
		Mamíferos	Aves	Reptiles/ anfibios	Peces	Alimentación humana	Medicinal	Otros
Ardilla	<i>Sciurus vulgaris</i>	✓						✓
Búho	<i>Bubo virginianus</i>		✓					✓
Chirote	<i>Sturnella belicosa</i>		✓					✓
Chucuri	<i>Mustela frenata</i>	✓						✓
Colibrí	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>		✓					✓
Conejo	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	✓				✓		✓
Curiqinga	<i>Phalcoboenus carunculatus</i>		✓					✓
Cutio	<i>Oryzoborus angolensis</i>		✓			✓	✓	
Cuviví	<i>Bartramia longicauda</i>		✓					
Cuy de cerro	<i>Cavia porcellus</i>	✓				✓	✓	
Gavilán	<i>Accipiter nisus</i>		✓				✓	
Golondrina	<i>Notiochelidon murina</i>		✓					✓
Guarro	<i>Caracara plancus</i>		✓					✓
Huirachuro	<i>Pheuticus chrysopeles</i>		✓					
Jambato	<i>Atelopus ignescens</i>			✓				
Lagartija	<i>Alopoglossus atriventris</i>			✓				
Lechuza	<i>Tyto alba</i>		✓					✓
Ligle	<i>Venellus resplendens</i>		✓					✓
Lobo	<i>Canis lupus</i>	✓						✓
Mirlo	<i>Turdus merula</i>		✓					✓
Murciélago	<i>Eptesicus fuscus</i>	✓						
Paloma	<i>Columba fasciata</i>		✓			✓	✓	
Pato	<i>Anas platyrhynchos</i>		✓			✓		✓
Perdiz (Yuto)	<i>Alectoris rufa</i>		✓			✓		
Puma	<i>Puma concolor</i>	✓						✓

Nombre común	Nombre científico	TIPO				USO		
		Mamíferos	Aves	Reptiles/ anfibios	Peces	Alimentación humana	Medicinal	Otros
Rana	<i>Rana perezii</i>			✓			✓	✓
Raposa	<i>Didelphis marsupialis</i>	✓				✓	✓	
Ratón	<i>Akodon mollis</i>	✓						
Sapo	<i>Bufo bufo</i>			✓				✓
Silvi Cabra	<i>Mazama Rufina</i>	✓				✓	✓	
Solitario	<i>Monticola solitarius</i>		✓					
Torcaza	<i>Zenaida asiática</i>		✓			✓	✓	
Tórtolas	<i>Streptopelia chinensis</i>		✓			✓	✓	
Trucha	<i>Oncorhynchus mikiss</i>				✓	✓		
Tuli	<i>Patagona gigas</i>		✓			✓		
Venado	<i>Ozotocerosbezo articus</i>	✓				✓	✓	✓
Zorro	<i>Vulpes vulpes</i>	✓					✓	✓
Zumbador	<i>Gallinago jamesoni</i>		✓					✓
<i>Total de especies reportadas</i>		12	21	4	1	13	11	20

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: GADPCH, 2011



Figura 9-1. Especies nativas de la MCRT.

Fuente: GADPCH; 2011.

1.6.5 Caracterización Socioeconómica.

La caracterización socioeconómica de la microcuenca del río Tingo se realizó mediante la revisión de información secundaria disponible, reconocimiento físico, entrevistas con dirigentes y familias, recolección y análisis de información de los talleres realizados en las comunidades, principalmente: educación, salud, migración, económico-financiero, saneamiento ambiental. (GADPCH-PDOTC, 2011, p. 15), que se describe a continuación:

1.6.5.1 Organización comunitaria.

El Sistema socio-cultural se caracteriza por su capacidad de organización, valores que conforman su identidad, cultura y la capacidad de aportar a la gestión del territorio. Las organizaciones sociales comunitarias se orientan por valores y objetivos, se fundamentan en

compromisos con responsabilidad, cumplen roles, promueven la inclusión, la equidad y buscan el desarrollo social de sus miembros.

El tejido social de las comunidades es lo que mantiene a los pobladores unidos y les permite sentirse identificados como parte de una misma cultura; las organizaciones cuentan con personería jurídica y mantienen mecanismos para elegir líderes representativos que velan por sus derechos y reivindicaciones. (GADPCH-PDOTC, 2011, p. 17)



Figura 10-1. Estructura interna de las comunidades.
Fuente: PDOT Cebadas, 2011.

1.6.5.2 Salud.

En la Constitución del Ecuador 2008, Art 32, señala que la Salud es un derecho garantizado por el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el Buen Vivir.

La población de la microcuenca no cuenta con un centro de salud, sin embargo los pobladores van hacia el Subcentro de salud del MSP, ubicado en la cabecera parroquial de Cebadas que brinda atención en medicina general, odontología, inmunización y atención primaria de salud.

Además cuenta con talento humano intercultural que está conformado por la red de parteras, quienes en coordinación con el personal del Subcentro atienden a madres embarazadas de la parroquia. (MSP, 2013, p. 14)



Figura 11-1: Subcentro de salud de Cebadas.
Fuente: GADPCH/PROMAREN.

Según la información proporcionada por el subcentro de salud, dentro del territorio, las cuatro principales causas de enfermedad son: las infecciones respiratorias agudas, que afectan principalmente a las mujeres (52,30%); el retardo en el desarrollo de los menores de cinco años más frecuente en niñas (50,81%) debido a la desnutrición proteica-calórica.

Las enfermedades diarreicas son más frecuentes en mujeres con el 53,49% y la parasitosis con el 54,39%; este problema tiene una relación directa con el deficiente servicio de saneamiento ambiental básico del THC, el consumo de agua no tratada e inadecuados hábitos de higiene que inciden negativamente en la salud de la población. (MSP, 2013, p. 18)

1.6.5.3 Migración.

Según los datos de talleres comunitarios resaltan que los jefes de familia (padre) son los que migran con mayor frecuencia, seguidos de hijos e hijas en busca de fuentes de trabajo para incrementar sus ingresos e invertir en educación y salud de la familia.

Los destinos frecuentes son las ciudades de Riobamba (34,48%), Guayaquil (17,24%), Ambato (15,09%), Macas (6,90%), Milagro y Naranjito (5,75%). Las actividades en las que se emplean son: la construcción, jornaleros agrícolas, estibadores y comerciantes informales. (GADPCH-PDOTGCH, 2011, 30)

1.6.5.4 Características Climáticas.

El clima del área de estudio es de tipo Ecuatorial de alta montaña, hay una diferencia muy marcada entre el día y la noche. (GADPCH-PDOTC, 2011, p. 46)

Tabla 9-1. Características Climáticas en la Microcuenca del Río Tingo.

Características Climáticas	
Temperatura:	15°C
Precipitación:	600 mm / año
Período seco:	Junio a Octubre
Periodo lluvioso:	Noviembre a Mayo

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: GADPCH, 2011

CAPÍTULO II

2. METODOLOGIA.

2.1 Recopilación de Información.

2.1.1 *Contacto con instituciones de apoyo.*

Se contactó con técnicos de la GADPCH y ESPOCH, los cuales brindaron el apoyo necesario para la elaboración del presente trabajo.

Se realizó reuniones informativas, para la ejecución de la propuesta contando con el apoyo de un guía de la zona.

2.1.2 *Líderes comunitarios.*

Se contó con apoyo de los líderes comunitarios quienes acompañaron en algunas acciones durante el desarrollo de la investigación. Fue importante que durante los diversos recorridos, se contó con la guía de una persona conocedora de la zona, pues esto ayudó a obtener una memoria histórica del estado de la microcuenca.



Figura 1-2 Contacto con los líderes comunitarios

Fuente: Mauro Buñay.

2.1.3 Selección de los puntos de monitoreo.

Una vez identificada y reconocida la zona de intervención, se procedió a la determinación de los puntos de monitoreo, estos sitios debían cumplir con las características apropiadas para poder garantizar la toma de muestras y precautelar la integridad del técnico y su equipo de muestreo con los siguientes criterios:

- Un sitio de referencia o testigo en donde se puedan tomar las muestras en condiciones naturales (parte alta de la microcuenca, correspondiente al páramo).
- Tres sitios de referencia en donde existen condiciones de contaminación por actividades antropogénicas (parte media - que corresponden a sitios de referencia de: cobertura vegetal, áreas de cultivos, ganaderas, entre otras).
- Un sitio de referencia en donde sea de salida al final de la cuenca o en la unión a un río principal (parte baja).

Al momento de la designación de los puntos se dio mayor importancia al reconocimiento de los sitios en donde las características físicas y químicas del agua son más representativas dentro de la microcuenca, y que a su vez, pueden provocar la perturbación de la calidad del agua; esto se logró gracias a la información proporcionada por los habitantes de la comunidad.

2.1.4 Mapas temáticos.

- Mapa de la microcuenca del Río Tingo, con la ubicación y distancia entre cada punto de monitoreo (ANEXO C).
- Mapa del Índice WQI en la microcuenca del Río Tingo obtenido durante el estudio. (ANEXO D).
- Mapa del Índice BMWP en la microcuenca del Río Tingo obtenido durante el estudio. (ANEXO E).

2.1.5 Muestreo.

Los puntos de muestreo establecidos son muy diversos por lo tanto la toma de muestra se realizó considerando las condiciones particulares del lugar, procurando respetar las técnicas de muestreo establecidas (Tabla 1-2).



Figura 2-2 Toma de muestras.
Fuente: Mauro Buñay.

2.2 Índices de Calidad Químicos y Biológicos.

Tabla 1-2: Técnicas de muestreo para Parámetros Físico – Químicos, Microbiológicos y Bentos.

Muestreo	Técnica
Parámetros Físico-químico	<p>Al realizar del monitoreo del agua hay que considerar que las muestras deben ser representativas para evitar problemas posteriores al momento de su análisis. Pevio a la toma de las muestras debemos homogenizar el frasco mediante un enjuague con el agua que se va a muestrear por 2 o 3 veces.</p> <p>Debemos procurar que el envase se encuentre sumergido en su totalidad y que la muestra se tome a contracorriente. La técnica de muestreo será dejada a decisión del analista.</p>
Bentos	<p>Para la selección de los puntos de monitoreo debemos considerar los lugares que pueden verse alterados o que causen un impacto al cuerpo de agua como por ejemplo donde exista la presencia de habitantes.</p> <p>Para el muestreo realizamos un barrido en el fondo del sustrato del cuerpo de agua con ayuda de la red, para facilitar que los microorganismos ingresen a la misma, teniendo presente que la captura de los microorganismos se debe realizar a contra corriente.</p>
Microbiológico	<p>La toma de muestras de agua para realizar los análisis bacteriológicos se los debe realizar con un frasco estéril con una capacidad de 150 mL, la toma de muestra se debe realizar en la parte media del cuerpo de agua, procurando tomar una muestra representativa; y lo más importante, asegurar que la toma de muestra sea aséptica en todo momento.</p>

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: Guía para el monitoreo de Agua de Corrientes Superficiales dirigida a Municipios Medianos y Pequeños del Ecuador.

Una vez identificados los puntos más importantes de la microcuenca, se realizaron análisis in-situ y se tomaron muestras que se transportaron al laboratorio para su respectivo análisis, donde se determinó los valores de los parámetros a medir para el índice WQI. De igual forma se tomó

muestras de bentos del curso del río para el conteo e identificación de macroinvertebrados y establecer el índice BMWP/Col.



Figura 3-2 Trabajo en el laboratorio de conteo e identificación de macroinvertebrados.

Fuente: Mauro Buñay.

2.2.1 Índice WQI.

Una vez obtenidos los resultados de los análisis de los parámetros físico-químico y microbiológicos, se procedió a introducir los datos en el software Calculating NSF WQI mediante el procedimiento adecuado que se indica en la metodología de nuestra investigación que proporcionará el valor de calidad del agua.

Posteriormente procedemos a realizar la comparación del valor obtenido en el WQI con la tabla (Tabla 2-1) que nos indicará el rango en el que se encuentra nuestros valores de calidad de agua.

Valores que nos servirán posteriormente para la determinación de la categoría de uso que tiene la microcuenca del Río Tingo.

A continuación se muestran las diferentes técnicas y equipos que se necesitan para la determinación de los parámetros físicos-químicos y biológicos para el cálculo del WQI.

Tabla 2-2. Equipos y Técnicas para determinar los parámetros Físico-químicos y microbiológicos realizados in-situ.

Parámetros Físico-químico y microbiológico.	Equipo	Técnica	Imagen
<ul style="list-style-type: none"> pH Temperatura Sólidos Disueltos. 	Medidor Multiparámetro OAKTON modelo PCSTestr 35	Antes de ser utilizado el medidor se debe calibrar correctamente el equipo utilizando tres estándares de color verde, rojo y azul, en los cuales se introduce el electrodo hasta que este se estabilice, y posteriormente se procede a realizar las mediciones.	
<ul style="list-style-type: none"> Oxígeno Disuelto 	Medidor Multiparámetro ExStik, modelo DO600.	<p>Antes de ser utilizado el medidor hay que proceder a realizar su calibración por medio de una solución que se encuentra incluido dentro del equipo. Se destapa el equipo y dentro de la tapa que protege a la membrana se procede a colocar la solución cubriendo las $\frac{3}{4}$ partes de la tapa, se procede a poner la tapa hasta que el exceso de solución se elimine procurando eliminar todas las burbujas que puedan existir.</p> <p>Al momento de realizar el monitoreo el medidor debe estar sumergido y este se debe mover en forma circular para una mejor medición.</p> <p>Se guardan los datos en el equipo, pero es recomendable anotarlos en una hoja para evitar problemas posteriores al recolectar los datos.</p>	

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: Standar Methods

Tabla 3-2. Métodos y Técnicas para determinar los parámetros Físico-químicos realizados ex-situ para su posterior análisis en el laboratorio.

Parámetro Físico-químico	Método	Técnica	Imagen
Nitratos	HACH DR2800	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados. 2. seleccionamos el test 355 N Nitrato RA PP. 3. Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta la marca de 10 mL con muestra. 4. La muestra preparada: añadir el contenido de un sobre de reactivo de nitrato Nitriver 5 en polvo a la cubeta. Tapar la cubeta. 5. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok. Comienza un periodo de reacción de 1 minuto. 6. Agitar vigorosamente la cubeta hasta que suene el temporizador. 7. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos. En presencia de nitrato, aparecerá un color ámbar. 8. Preparación del blanco: después de que suene el temporizador, llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta la marca de 10 mL con muestra. 9. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha. 10. seleccionar en la pantalla: Cero; la pantalla indicara: 0,0 mg/L NO³-N en el transcurso de 1 minuto desde que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha. 11. Seleccionar en la pantalla: Medición; el resultado aparecerá en mg/L NO³-N. 	
Fosfatos	HACH DR2800	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados. 2. Seleccionar el test 490 P react. PV. 3. llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta la marca de 10 mL de la muestra. 4. La muestra preparada: añadir el contenido de un sobre de reactivo de PhosVer 3 en polvo. Tapar la cubeta inmediatamente y agitar vigorosamente durante 30 segundos para mezclar. 5. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar ok. Comienza un periodo de reacción de 2 minutos. Si la muestra fue sometida a digestión mediante el procedimiento de digestión para ácido persulfato, dejar 10 minutos de tiempo de reacción. 	

Continuación de la **Tabla 3-2. Métodos y Técnicas** para determinar los parámetros Físico-químicos realizados ex-situ para su posterior análisis en el laboratorio.

		<p>6. Preparación del blanco: llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10 mL hasta marcar los 10 mL con muestra.</p> <p>7. Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar en la pantalla: Cero. • La pantalla indicara: 0.00 mg/L PO₄. <p>8. Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte porta cubetas con la marca de llenado hacia la derecha.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar en la pantalla: Medición. • El resultado aparecerá en mg/L PO₄. 	
DBO5	Método gasométrico	<p>En el equipo BOD TRACK.</p> <p>Se toma una muestra de 250 mL del agua a ser analizada dentro de los embaces, se coloca una píldora nutriente para generar las condiciones adecuadas para los microorganismos.</p> <p>Dentro del cabezal del embace se coloca una lenteja de hidróxido de sodio cuya función es la de adsorber los gases que se generaran.</p> <p>Por último se colocan las cabezas DBO SENSOR SYSTEM 6 en cada botella y se depositan las mismas en la plancha de digestión durante 5 días tomando mediciones diariamente y reportando los datos.</p>	
Turbiedad	2130A. Nefelométrico	Lectura directa.	
Coliformes fecales.	Placas de Recuento de E. Coli/Coliformes.	<p>Se coloca 1 mL de muestra dentro de las placas petrifilm y se introduce en la incubadora a 37 °C durante un periodo de 2 días. Estas placas contienen Violeta Rojo Bilis (VRB) nutrientes, un agente gelificante soluble en agua fría, un indicador de la actividad glucuronidasa y un indicador que facilita la enumeración de colonia.</p> <p>La mayoría de E. coli (aproximadamente un 97%) producen beta-glucuronidasa que produce un precipitado azul asociado con la colonia. La película superior atrapa el gas producido por la fermentación de la lactosa coliformes y E. coli.</p> <p>Alrededor del 95 % de E. coli producen gas, indicado por el azul de las colonias rojo-azul asociadas con gas atrapado en la placa petrifilm.</p>	

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: Standar Methods

2.2.1.1 Materiales, equipos y reactivos para el análisis de parámetros del Índice WQI.

Tabla 4-2. Materiales y equipos para calidad de agua.

Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Hielo • Cooler • Placas Petri film de E. Coli/Coliformes. • Vasos de precipitación • Embaces de plástico de 1 L. • Embaces de cristal • Botas 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor Multiparámetro OAKTON modelo PCSTestr 35 (pH, Temperatura, Sólidos disueltos). • Medidor Multiparámetro de Oxígeno Disuelto ExStik, modelo DO600. • GPS GARMIN • Computadora • BOD TRACK • DR 2800 • Turbidímetro • Reverbero 	<ul style="list-style-type: none"> • Reactivo PhosVer 3 • Reactivo Nitrover 5 • Píldora nutriente. • Lenteja de hidróxido de sodio.

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: Standar Methods

2.2.2 Índices Biológicos.

Se recolectó las muestras de macroinvertebrados en los sitios establecidos para el monitoreo en el lecho del río. Ya en el laboratorio se realizó el conteo y la identificación de los macroinvertebrados por especies utilizando la “Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia” de Roldán (2003); es importante recordar que los sistemas saludables tendrán una mayor diversidad de macroinvertebrados.

Para la presente investigación se utilizó el índice de calidad de agua para macroinvertebrados BMWP/Col.

2.2.2.1 Índice BMWP/Col.

El índice BMWP/Col se basa en la valoración de los diferentes grupos de invertebrados que se encuentran en una muestra. Para poder aplicar este índice se necesita haber identificado los macroinvertebrados hasta nivel de familia. Cada familia de macroinvertebrados posee un grado de sensibilidad que va del 1 al 10.

Para obtener un valor BMWP/Col para cada sitio se suma el valor de cada grupo, se obtiene un total y se compara con los valores de referencia (Tabla 5-1).

2.2.2.2 *Materiales, equipos y reactivos para el análisis de parámetros del Índice BMWP.*

Tabla 5-2. Materiales y equipos para calidad de agua.

Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none">• Cooler• Pinza metálica• Embaces de cristal• Botas• Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia” de Roldán (2003).	<ul style="list-style-type: none">• Red tipo D• Estereoscopio	<ul style="list-style-type: none">• Alcohol

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: Standar Methods

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

3.1 Características del lugar.

3.1.1 Localización.

La presente investigación se llevó a cabo en la Microcuenca del Río Tingo de la Provincia de Chimborazo, en la parroquia Cebadas, cantón Guamote, perteneciente a la Subcuenca del Río Chambo y la Cuenca del Río Pastaza, con una superficie de 3857,77 Ha de terreno cuyo cauce del Río Tingo tiene una longitud aproximada de 6 km. Ver (ANEXO B)

3.1.2 Ubicación Geográfica.

Se ubica en la zona 17, América del Sur, delimitada por las coordenadas en UTM enunciadas en la siguiente tabla.

Tabla 1-3: Ubicación geográfica de la microcuenca del Río Tingo.

Ubicación geográfica	Coordenadas UTM
Sistema de proyección	WGS84
Latitud	767716
Longitud	9769951
Altitud (msnm)	2800 – 3400

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: IGM

3.1.3 Puntos de monitoreo.

En la Microcuenca del Río Tingo, de una extensión 3857,77 Ha, que va desde los 2800 msnm hasta los 3400 msnm, comprende zonas de recolección de agua, para la determinación de los puntos se utilizó los criterios de observación directa, afirmaciones de habitantes, así como el recorrido de la zona, determinando los siguientes puntos. Ver (ANEXO C).

3.1.3.1 *El punto T-01.*

La ubicación del punto testigo se encuentra a una altura de 3368 msnm, la elección de este punto se debe a las acotaciones de los pobladores quienes manifestaron que aguas más arriba no existía ningún tipo de intervención, por lo cual, se estima que en este punto no hay alteraciones de la calidad del agua, aquí se determinó la calidad del agua por medio del índice de calidad del agua WQI y del uso de macroinvertebrados como bioindicadores por el método BMWP/Col.



Figura 1-3. Punto T-01 de la microcuenca del Río Tingo.
Fuente: Mauro Buñay.

3.1.3.2 *El punto T-02.*

Este punto está ubicado a una altura de 3303 msnm, la elección de este punto se debe a que en este sitio existe una mayor interacción con los habitantes, adicionalmente existe una bifurcación del río lo que puede influir en la calidad de sus aguas, en este punto se monitoreará la calidad del agua por medio del índice de calidad del agua WQI y del uso de macroinvertebrados como bioindicadores por el método BMWP/Col.



Figura 2-3. Punto T-02 de la microcuenca del Río Tingo.
Fuente: Mauro Buñay.

3.1.3.3 *El punto T-03.*

Este punto se localiza a una altura de 3243 msnm, la elección de este punto se da gracias a que los pobladores indicaron que en este punto existe la presencia de actividades agrícolas y ganaderas, lo que ocasionaría una variabilidad en la calidad del agua por la presencia de contaminación, en este punto se va a realizar el monitoreo de la calidad del agua por medio del índice de calidad del agua WQI y del uso de macroinvertebrados como bioindicadores por el método BMWP/Col.



Figura 3-3. Punto T-03 de la microcuenca del Río Tingo.
Fuente: Mauro Buñay.

3.1.3.4 *El punto T-04.*

Este punto se localiza a una altura de 3231 msnm, este punto fue considerado por tener la presencia de una carretera de primer orden y tuberías que permiten el paso del afluente por debajo de la carretera, en este punto se monitoreará la calidad del agua por medio del índice de calidad del agua WQI y del uso de macroinvertebrados como bioindicadores por el método BMWP/Col.



Figura 4-3. Punto T-04 de la microcuenca del Río Tingo.
Fuente: Mauro Buñay.

3.1.3.5 El punto T- 05.

Se encuentra a una altura 2833 msnm, luego de haber realizado el reconocimiento de la zona se escogió este punto porque se encuentra al final de la microcuenca, en este punto se monitoreará la calidad del agua por medio del índice de calidad del agua WQI y del uso de macroinvertebrados como bioindicadores por el método BMWP/Col.



Figura 5-3. Punto T-05 de la microcuenca del Río Tingo.
Fuente: Mauro Buñay.

Tabla 2-3: Determinación de los puntos de monitoreo de la microcuenca del río Tingo.

Cuenca	Subcuenca	Microcuenca		Coordenadas		Altitud (msnm)	Observaciones
		Nombre	Código	X	Y		
Río Pastaza	Río Chambo	Tingo	T-01	0769413	9770540	3368	Medición de WQI y BMWP/Col
		Tingo	T-02	0767981	9770119	3303	Medición de WQI y BMWP/Col
		Tingo	T-03	0767716	9769951	3243	Medición de WQI y BMWP/Col
		Tingo	T-04	0767313	9770045	3231	Medición de WQI y BMWP/Col
		Tingo	T-05	0767072	9770197	2833	Medición de WQI y BMWP/Col

Realizado por: Mauro Buñay.

3.2 Cálculos.

3.2.1 Cálculos parámetros físico-químicos e Índice Biológico.

Los resultados de los análisis físicos y químicos se los obtiene en base a los cálculos establecidos en cada uno de los métodos generados de manera directa y en el laboratorio para su posterior cálculo del WQI. Para la obtención del Índice BMWP se aplicaron las tablas de cálculo, posterior al trabajo de identificación y conteo de macroinvertebrados.

3.2.1.1 Oxígeno Disuelto.

El Oxígeno Disuelto se obtuvo directamente mediante el Medidor Multiparámetro ExStik, modelo DO600 en unidades de mg/L, para la utilización del WQI necesitamos las unidades en porcentaje de Saturación de Oxígeno, por lo cual los valores obtenidos por el Medidor Multiparámetro fueron interpolados en base al valor de la temperatura del agua durante el momento del monitoreo para obtener este valor. Ver (ANEXO F).

Como ejemplo se tomara el punto T-01 para su cálculo.

OD (mg/L): 7,9 mg/L

Temperatura del agua (°C): 9,1 °C

OD (% Sat.): 70 % Sat.

Cuyos resultados se muestran a continuación:

Tabla 3-3: Valores obtenidos de Saturación de Oxígeno Disuelto en el río Tingo.

RESULTADOS DE OXÍGENO DISUELTO								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio de OD
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	% Sat.	3368	70	75	76	75	68	72,8
T-02	% Sat.	3303	55	65	65	64	55	60,8
T-03	% Sat.	3243	37	53	54	53	32	45,8
T-04	% Sat.	3231	70	80	81	82	70	76,6
T-05	% Sat.	2833	62	71	79	74	60	69,2

Realizado por: Mauro Buñay.

3.2.1.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Para la obtención de la Demanda Bioquímica de Oxígeno se utilizó el Método Gasométrico. Estos cálculos fueron realizados para los cinco monitoreos de estudio de la microcuenca del río Tingo.

Resultados que se muestran en la tabla a continuación:

Tabla 4-3: Valores obtenidos de Demanda Bioquímica de Oxígeno en el río Tingo.

RESULTADOS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO AL DÍA 5								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	mg/L	3368	15	17	16	18	16	16
T-02	mg/L	3303	17	18	19	18	18	18
T-03	mg/L	3243	20	21	22	22	21	21
T-04	mg/L	3231	15	17	16	17	16	16
T-05	mg/L	2833	17	19	18	17	18	18

Realizado por: Mauro Buñay.

3.2.1.3 Variación de la Temperatura.

La variación de la temperatura es un valor que necesitamos únicamente para ser utilizado dentro del índice WQI, para su análisis y comparación con la normativa se usara el valor directo en el momento de la medición.

El valor de la variación de la temperatura es obtenido mediante la diferencia del valor de la temperatura obtenido durante el monitoreo con el valor de la temperatura ambiente de la zona.

Como ejemplo calculamos el punto T-01.

Datos:

Temperatura ambiente: 15 °C

Temperatura del agua durante el monitoreo: 9,1 °C

Variación de Temperatura = (15-9,1) °C

Variación de Temperatura = 5,9 °C

Cuyos valores se muestran a continuación:

Tabla 5-3 : Valores obtenidos de la variación de temperatura en el río Tingo.

RESULTADOS DE TEMPERATURA								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	°C	3368	5,9	5,4	5,2	5,5	5,8	5,56
T-02	°C	3303	5,5	4,9	5,1	4,7	5,4	5,12
T-03	°C	3243	4,7	4,2	4,3	4,6	4,8	4,52
T-04	°C	3231	4,3	3,6	3,2	3,3	4,5	3,78
T-05	°C	2833	3,7	2,7	2,4	2,3	4	3,02

Realizado por: Mauro Buñay.

3.2.1.4 Índices WQI y BMWP.

Las tablas que se muestran a continuación son las aplicadas para el cálculo de los Índices de Calidad del agua (WQI) y para el Índice Biológico (BMWP), aplicados durante los cinco meses de monitoreo dentro de la microcuenca del Río Tingo.

Ejemplo Punto Testigo

Tabla 6-3: Cálculo del Índice WQI para el punto Testigo.

MONITOREO I						
Fecha: 27/11/15						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-01						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,49	pH units	76	0,12	0,12	6,00
Change in temp	5,9	degrees C	69	0,11	0,11	7,54
DO	70	% saturation	74	0,18	0,18	13,40
BOD	15	mg/L	21	0,12	0,12	2,55
Turbidity	7,02	NTU	81	0,09	0,09	7,33
Total Phosphorus	0,26	mg/L P	44	0,11	0,11	4,84
Nitrate Nitrogen	2,4	mg/L NO ₃ -N	50	0,10	0,10	4,95
Solidos Totales	71	mg/L	45	0,07	0,07	3,14
Fecal Coliforms	36	CFU/100mL	56	0,17	0,17	9,47
TOTAL					1,07	62,33
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	58,25

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 7-3: Cálculo del Índice BMWP para el punto Testigo.

ÍNDICE BMWP		
Orden	Familia	Puntaje
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	7
<i>Trichoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>	10
<i>Plecoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	8
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	10
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	7
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	9
<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>	8
<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	5
	Total	76
Índice de Sensibilidad BMWP (ACEPTABLE)		

Realizado por: Mauro Buñay.

3.3 Resultados y Discusión de Resultados.

3.3.1 Temperatura.

Tabla 8-3: Resultados de temperatura promedio en los puntos de monitoreo.

RESULTADOS DE TEMPERATURA								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	°C	3368	9.1	9.6	9.8	9.5	9.2	9.4
T-02	°C	3303	9.5	10.1	9.9	10.3	9.6	9.9
T-03	°C	3243	10.3	10.8	10.7	10.4	10.2	10.5
T-04	°C	3231	10.7	11.4	11.8	11.7	10.5	11.2
T-05	°C	2833	11.3	12.3	12.6	12.7	11	12.0

Realizado por: Mauro Buñay.

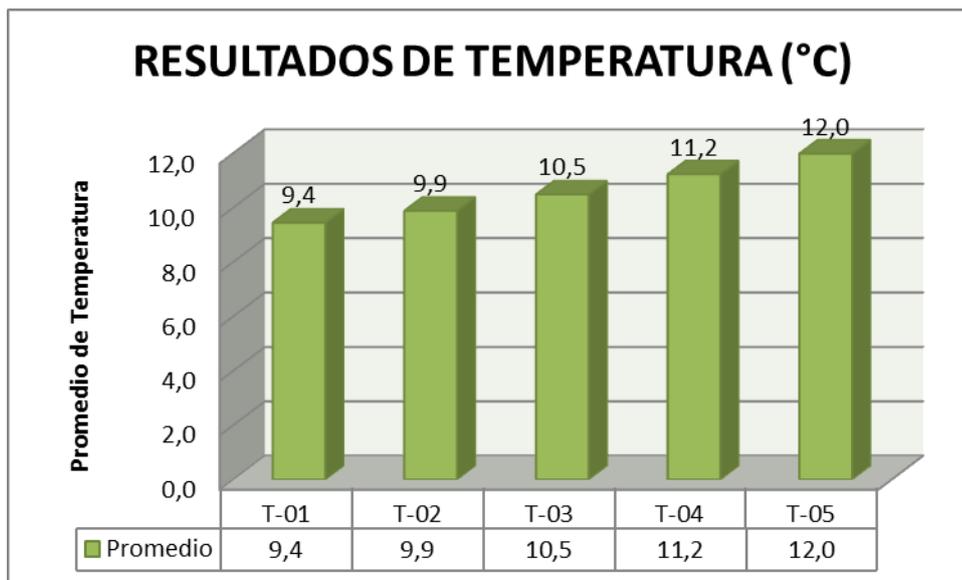


Figura 6-3. Variación de temperatura promedio en los puntos de monitoreo.
Fuente: Mauro Buñay.

La Figura 6-3 de la variación de la temperatura, muestra que existe una diferencia de temperatura desde el punto T-01 al punto T-05, la cual es de 2,6 grados centígrados, con una tendencia ascendente a lo largo de la microcuenca. Este incremento se puede justificar ya que a medida que el río avanza se van encontrando actividades antrópicas como ganadería y agricultura que alteran la calidad del río. Como referencia tomamos el límite máximo permisible según el TULSMA, libro VI anexo I, que para éste parámetro en condición natural es de 0- 3 grados, por lo cual esta agua no se encuentra dentro de norma y no es apta para consumo humano ni para uso doméstico.

3.3.2 Sólidos Totales.

Tabla 9-3: Resultado de Sólidos Totales promedio en los puntos de monitoreo.

RESULTADOS DE SÓLIDOS TOTALES								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	Ppm	3368	71	51.9	52.1	52	72	60
T-02	Ppm	3303	73	54	57	56	74	63
T-03	Ppm	3243	72	53	55	54	73	61
T-04	Ppm	3231	76	56	59	58	77	65
T-05	Ppm	2833	75	55	57	56	76	64

Realizado por: Mauro Buñay.



Figura 7-3. Variación de Sólidos Totales promedio en los puntos de monitoreo
Fuente: Mauro Buñay.

En Figura 7-3 se puede observar que este parámetro tiene un incremento desde el punto T-01 hasta el punto T-05 esto podría deberse a características de la zona como el alto contenido de sólidos influenciados por las propiedades del terreno, procesos de erosión y arrastre de las actividades que se desarrollan a lo largo de la microcuenca y también hay que tomar en cuenta que estos valores pueden ser influenciados por el momento del monitoreo ya que en esos momentos el río se encontraba crecido por acción de la lluvia y existía mucha turbulencia como consecuencia existe un mayor arrastre de sólidos por acción de la escorrentía. Como referencia tomamos el límite máximo permisible según el TULSMA, libro VI anexo I, tabla 1, que para este parámetro es de 1000 mg/L por lo que todos los resultados se encuentran dentro de norma, mientras que para la tabla 6 el límite máximo permisible es de 3000 mg/L y de igual manera se su valor se encuentra dentro de norma.

3.3.3 Turbidez.

Tabla 10-3: Resultados de Turbidez promedio en los puntos de monitoreo.

RESULTADOS DE TURBIEDAD PROMEDIO								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	NTU	3368	7.02	6.03	6.08	6.05	7.04	6.44
T-02	NTU	3303	22	18	20	17	26	20.60
T-03	NTU	3243	33	29	30	29	36	31.40
T-04	NTU	3231	20	16	18	17	22	18.60
T-05	NTU	2833	27.7	24	26	25	29.1	26.36

Realizado por: Mauro Buñay.

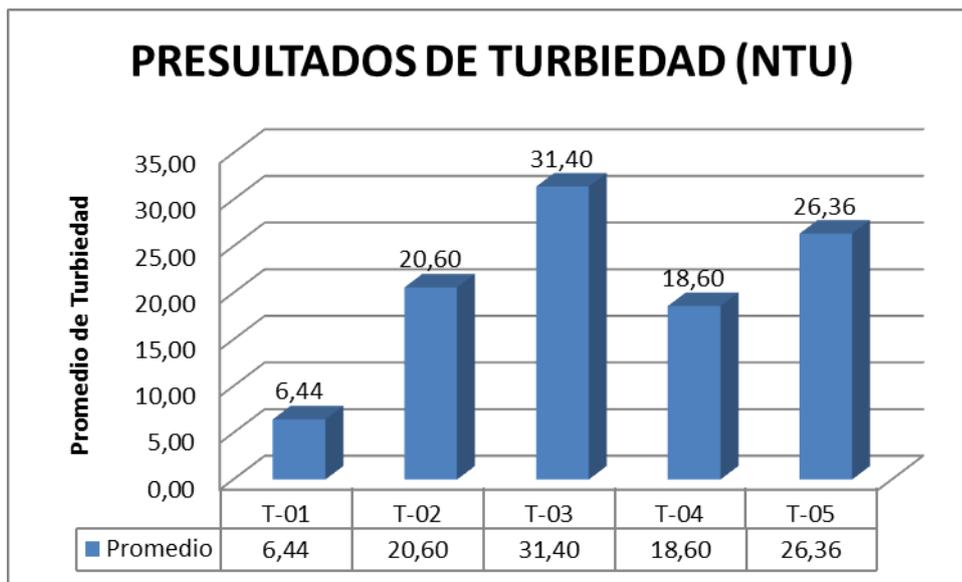


Figura 8-3. Variación de Turbidez promedio en los puntos de monitoreo.
Fuente: Mauro Buñay.

En la Figura 8-3 se observa que existe un incremento desde el punto T-01 al punto T-05 de turbiedad, esto se justifica con el incremento de Sólidos en los puntos ya que existe relación directa entre ambos parámetros, en los puntos T-03 y T-05 el valor es más elevado probablemente a que estos dos puntos son sectores que tienen la presencia de actividades agrícolas y de igual manera durante los muestreos existía un flujo alto del caudal del río que genera que el agua remueva el material suspendido en el fondo del río generando mayores niveles de turbulencia. Como referencia tomamos el límite máximo permisible según el TULSMA, libro VI anexo I, tabla 1, que para este parámetro es de 100 NTU, los resultados que se muestran se encuentran dentro de norma.

3.3.4 Potencial Hidrógeno (pH).

Tabla 11-3: Resultados de pH promedio en los puntos de monitoreo.

RESULTADOS DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	–	3368	6.49	6.52	6.51	6.52	6.51	6.5
T-02	–	3303	5.56	6.01	5.59	6	5.59	5.8
T-03	–	3243	6.54	6.7	6.53	6.55	6.66	6.6
T-04	–	3231	6.44	6.71	6.67	6.59	6.57	6.6
T-05	–	2833	6.19	6.31	6.28	6.32	6.29	6.3

Realizado por: Mauro Buñay.

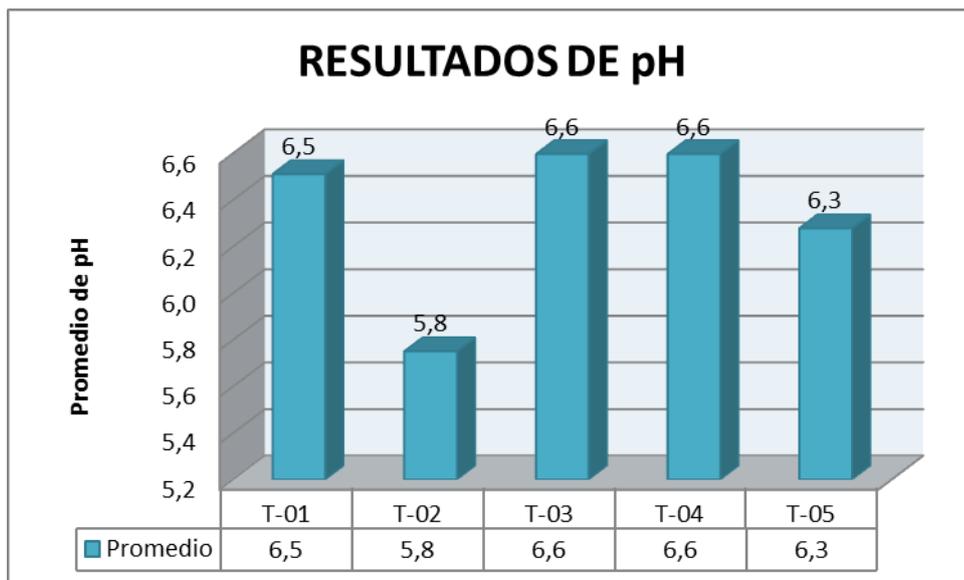


Figura 9-3. Variación de pH en los puntos de monitoreo.
Fuente: Mauro Buñay.

En la Figura 9-3 de la variación del pH, se puede evidenciar que existe un valor uniforme durante los muestreos, excepto en el punto T-02 cuyo valor es poco más bajo que el resto de puntos esto se puede deber a que en ese punto existe la presencia de una bifurcación del río que nos indica que está alterando la calidad del mismo. Como referencia tomamos el límite máximo permisible según el TULSMA, libro VI anexo I, tanto en la tabla 1 y 2, para éste parámetro es de 6-9 de potencial de hidrógeno, cuyos valores se encuentran dentro de norma a excepción del punto T-02 que se encuentra ligeramente fuera de norma.

3.3.5 Oxígeno Disuelto.

Tabla 12-3: Resultados de Oxígeno Disuelto promedio en los puntos de monitoreo.

RESULTADOS DE OXÍGENO DISUELTO PROMEDIO								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio de OD
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	%Sat.	3368	70	75	76	75	68	72,8
T-02	%Sat.	3303	55	65	65	64	55	60,8
T-03	%Sat.	3243	37	53	54	53	32	45,8
T-04	%Sat.	3231	70	80	81	82	70	76,6
T-05	%Sat.	2833	62	71	79	74	60	69,2

Realizado por: Mauro Buñay.

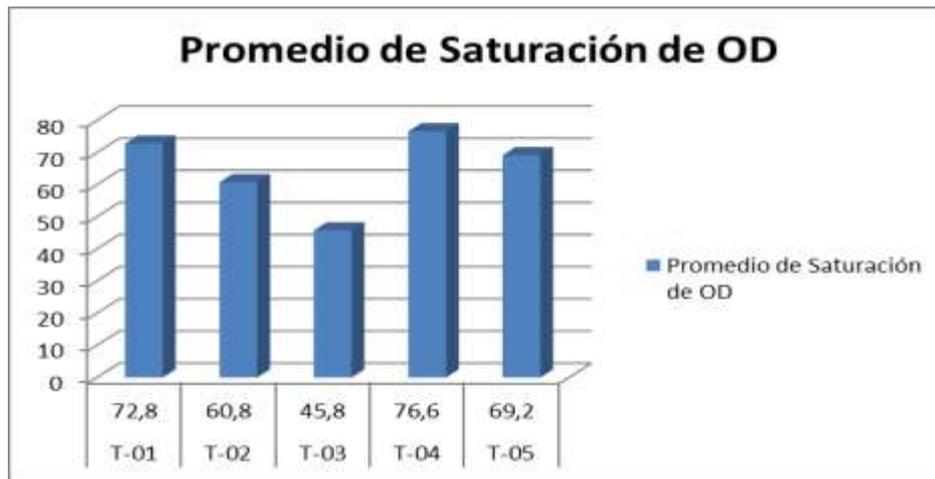


Figura 10-3. Saturación de oxígeno disuelto en los puntos de monitoreo.
Fuente: Mauro Buñay.

La Figura 10-3 representa la variación de la Saturación de oxígeno disuelto durante los 5 meses de investigación en la microcuenca del Río Tingo, demostrándose una tendencia inestable a lo largo de todos los puntos, notándose una disminución de su valor desde el punto T-01 hasta el punto T-03 ya que dentro de estos puntos es donde existe la mayor cantidad de actividades antrópicas del sector afectando directamente el nivel de saturación de oxígeno dentro de estos puntos, es observable que dentro del punto T-04 y T-05 incrementa el valor cuya razón puede ser ya que en estos puntos existe la presencia de pendientes y de pequeños rápidos que oxigenan el agua a su vez que las actividades antrópicas disminuyen en comparación a los otros puntos. Como referencia tomamos el límite máximo permisible según el TULSMA, libro VI anexo I, tabla 1, cuyo valor es no menor al 80 % de Saturación de Oxígeno encontrándose fuera de norma todos los valores, en consecuencia esta agua no es apta para uso doméstico y consumo humano.

3.3.6 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

Tabla 13-3: Resultado de DBO₅ promedio en los puntos de monitoreo.

RESULTADOS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO AL DÍA 5								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	mg/L	3368	15	17	16	18	16	16
T-02	mg/L	3303	17	18	19	18	18	18
T-03	mg/L	3243	20	21	22	22	21	21
T-04	mg/L	3231	15	17	16	17	16	16
T-05	mg/L	2833	17	19	18	17	18	18

Realizado por: Mauro Buñay.



Figura 11-3. Variación de la DBO₅ promedio en los puntos de monitoreo.
Fuente: Mauro Buñay.

La Figura 11-3 representa la variación de DBO₅ evidenciándose que este parámetro, desde punto testigo tiene una tendencia ascendente estable, notándose en el punto T-03 un incremento de su valor en su DBO₅, este aumento podría deberse a la presencia de actividades de agricultura y ganadería en mayor proporción que en los otros puntos, conociendo que el efecto de las lluvias durante los monitoreos generan una mayor escorrentía que afecta al agua con una mayor cantidad de materia orgánica en el cuerpo de agua generada de las actividades antrópicas anteriormente mencionadas. Como referencia tomamos el límite máximo permisible según el TULSMA, libro VI anexo I, tabla 1, que para este parámetro es de 2,0 mg/L encontrándose todos los puntos fuera de norma, para lo cual esta agua no puede ser usada para consumo humano ni para uso doméstico.

3.3.7 Nitratos.

Tabla 14-3: Resultados promedio de Nitratos en los puntos de monitoreo.

RESULTADOS DE NITRATOS PROMEDIO								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	Ppm	3368	2.4	3.1	3.2	3.3	2.6	2.92
T-02	Ppm	3303	4.3	5.1	5.0	5.3	4.5	4.84
T-03	Ppm	3243	1.4	2.3	2.0	3.5	1.6	2.16
T-04	Ppm	3231	2.4	3.2	3.1	3.3	2.6	2.92
T-05	Ppm	2833	2.8	3.5	3.3	3.7	2.7	3.20

Realizado por: Mauro Buñay.

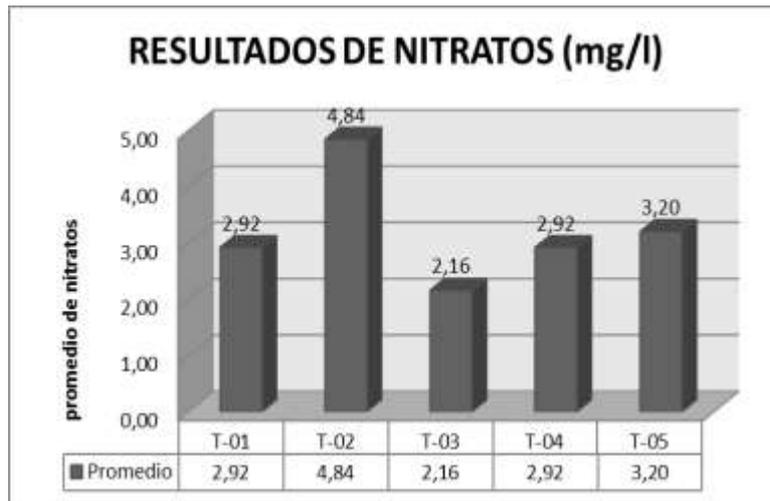


Figura 12-3. Variación de Nitratos promedio en los puntos de monitoreo.
Fuente: Mauro Buñay.

La Figura 12-3 muestra que los valores de nitrógeno en la microcuenca son bajos, excepto en el punto T-02, debido a la presencia de una bifurcación del río que está influenciando en la calidad del agua provocado por actividades generadas en este afluente aguas arriba, estos valores son favorables a pesar de las actividades agrícolas y ganaderas que se presentan en la zona mostrando una buena depuración del río. Como referencia tomamos el límite máximo permisible según el TULSMA, libro VI anexo I, tabla 1, que para este parámetro es de 10 mg/L encontrándose todos los puntos dentro de norma.

3.3.8 Fosfatos.

Tabla 15-3: Resultados de Fosfatos promedio en los puntos de monitoreo.

RESULTADOS DE FOSFATOS								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	Ppm	3368	0.26	0.31	0.32	0.31	0.25	0.29
T-02	Ppm	3303	0.38	0.41	0.42	0.42	0.37	0.40
T-03	Ppm	3243	0.47	0.51	0.52	0.53	0.48	0.50
T-04	Ppm	3231	0.25	0.27	0.28	0.3	0.25	0.28
T-05	Ppm	2833	0.2	0.23	0.24	0.25	0.22	0.23

Realizado por: Mauro Buñay.

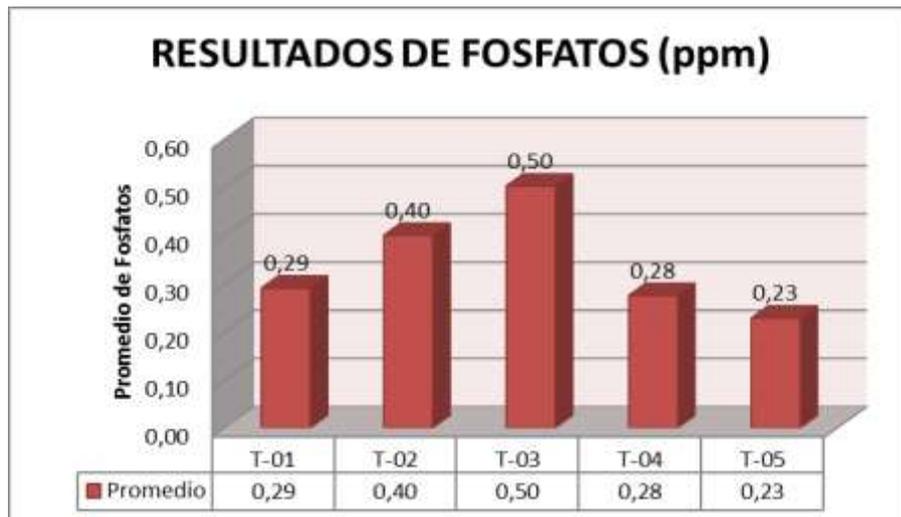


Figura 13-3. Variación de Fosfatos en los puntos de monitoreo.
Fuente: Mauro Buñay.

La Figura 13-3 nos muestra que el valor de fosfatos tiene una tendencia ascendente hasta el punto T-03 esto es justificable por la presencia de actividades agrícolas y ganaderas a lo largo del río a su vez que la acción de la lluvia durante el muestreo afecta la escorrentía hacia el cuerpo de agua provocando que el nivel de nutrientes aumente en el río, notándose una disminución en los dos últimos puntos debido a que las actividades antrópicas disminuyen en comparación con los puntos anteriores, lo que al igual que en el caso de los nitratos es una condición buena por la capacidad de recuperación natural del río.

3.3.9 Coliformes Fecales.

Tabla 16-3: Resultados de Coliformes Fecales promedio dentro de los puntos de monitoreo.

RESULTADOS DE COLIFORMES FECALES								
Código punto	Unidad	Altura (m)	Fechas de Monitoreos					Promedio
			27/11/2015	18/12/2015	29/01/2016	26/02/2016	18/03/2016	
			Mon. 1	Mon. 2	Mon. 3	Mon. 4	Mon. 5	
T-01	UFC/100	3368	36	50	60	55	38	48
T-02	UFC/100	3303	170	200	219	190	190	194
T-03	UFC/100	3243	188	230	248	210	210	217
T-04	UFC/100	3231	44	60	55	65	50	55
T-05	UFC/100	2833	67	80	76	84	72	76

Realizado por: Mauro Buñay.

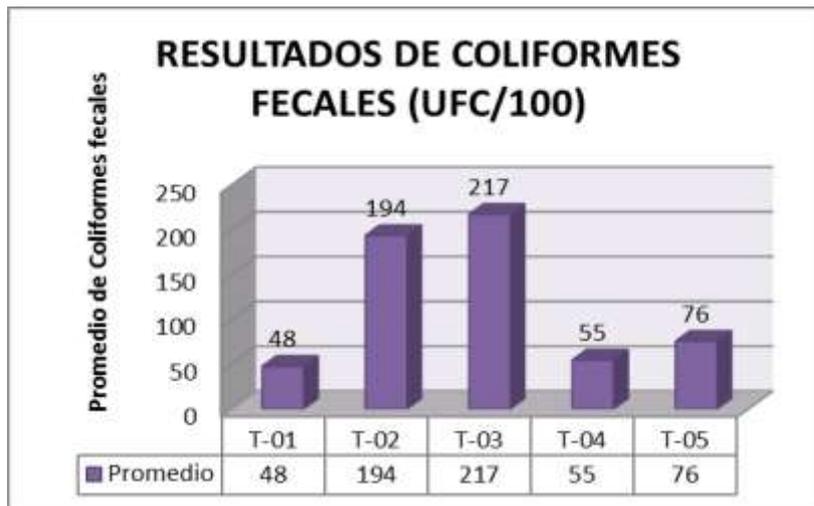


Figura 14-3. Valores de Coliformes fecales promedio dentro de los puntos de monitoreo.

Fuente: Mauro Buñay.

La Figura 14-3 representa la variación de coliformes fecales encontradas durante la investigación, evidenciándose la existencia de coliformes en valores no elevados¹, exceptuando los valores en el punto T-02 y T-03 que se encuentran más elevados, esto es causado por la presencia de una mayor cantidad de actividades antrópicas como la ganadería, agricultura y la presencia de personas, que con la eliminación de sus desechos de manera directa o indirecta por acción de la escorrentía hacia el cuerpo de agua provocan su contaminación. Como referencia tomamos el límite máximo permisible según el TULSMA, libro VI anexo I, tabla 1, cuyo valor es de 600 UFC/100mL, encontrándose sus valores dentro de norma.



Figura15-3. Presencia de ganado dentro de la microcuenca del río Tingo.

Fuente: Mauro Buñay.

¹El TULSMA establece como valor referencial en cuerpos de agua dulce un valor de coliformes fecales límite máx. De 600 UFC/100 mL

3.4 Calidad del Agua.

Tabla 17-3: Resultados del WQI por punto de Monitoreo.

Puntos	Resultados del WQI por Punto de Monitoreo.				
	WQI-T01	WQI-T02	WQI-T03	WQI-T04	WQI-T05
Monitoreo 1	58,25	58,38	58,37	57,84	57,54
Monitoreo 2	43,51	47,86	45,54	47,72	42,86
Monitoreo 3	44,62	47,01	46,79	45,94	43,29
Monitoreo 4	56,94	59,39	59,72	58,92	56,58
Monitoreo 5	52,52	55	56,79	55,78	51,7

Realizado por: Mauro Buñay.

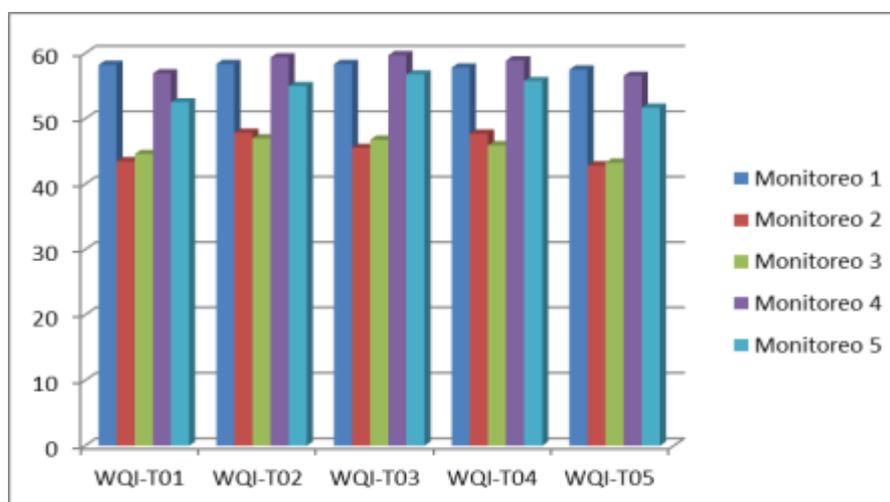


Figura 16-3. Resultados Totales del Monitoreo de Calidad del Agua WQI.

Fuente: Mauro Buñay.

En la Figura 16-3 muestra los resultados totales del Índice de Calidad de Agua con el WQI durante los cinco meses de monitoreo, se puede observar que la calidad de agua que presenta la microcuenca del río Tingo durante el monitoreo tiende a disminuir desde el primer punto T-01 con un rango de REGULAR hasta el punto T-03 con un rango de MALA valores que se justifican por la existencia de mayores actividades antrópicas dentro de esos puntos, a partir del punto T-04 y T-05 la calidad aumenta con un rango de REGULAR estos valores son los esperados ya que en estos puntos las actividades antrópicas disminuyen en comparación del resto de puntos a su vez que la depuración del río contribuye con el aumento de su calidad.

3.4.1 Parámetros para la determinación del Índice WQI.

Las tablas que se muestran a continuación son las aplicadas para el cálculo del WQI, durante los 5 meses de monitoreo desde Noviembre 2015 a Marzo 2016 en la microcuenca del río Tingo.

Tabla 18-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el primer monitoreo, en el punto T-01.

MONITOREO I						
Fecha: 27/11/15						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-01						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,49	pH units	76	0,12	0,12	6,00
Change in temp	5,9	degrees C	69	0,11	0,11	7,54
DO	70	% saturation	74	0,18	0,18	13,40
BOD	15	mg/L	21	0,12	0,12	2,55
Turbidity	7,02	NTU	81	0,09	0,09	7,33
Total Phosphorus	0,26	mg/L P	44	0,11	0,11	4,84
Nitrate Nitrogen	2,4	mg/L NO3-N	50	0,10	0,10	4,95
Solidos Totales	71	mg/L	45	0,07	0,07	3,14
Fecal Coliforms	36	CFU/100mL	56	0,17	0,17	9,47
TOTAL					1,07	62,33
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	58,25

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 19-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el primer monitoreo, en el punto T-02.

MONITOREO I						
Fecha: 27/11/15						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-02						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	5,56	pH units	40	0,12	0,12	6,00
Change in temp	5,5	degrees C	71	0,11	0,11	7,76
DO	55	% saturation	51	0,18	0,18	9,11
BOD	17	mg/L	18	0,12	0,12	2,14
Turbidity	22	NTU	60	0,09	0,09	5,39
Total Phosphorus	0,38	mg/L P	37	0,11	0,11	4,11
Nitrate Nitrogen	4,3	mg/L NO3-N	38	0,10	0,10	3,85
Solidos Totales	73	mg/L	45	0,07	0,07	3,12
Fecal Coliforms	170	CFU/100mL	37	0,17	0,17	6,31
TOTAL					1,07	46,55
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	43,51

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 20-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el primer monitoreo, en el punto T-03.

MONITOREO I						
Fecha: 27/11/15						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-03						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,54	pH units	78	0,12	0,12	6,00
Change in temp	4,7	degrees C	45	0,11	0,11	8,22
DO	37	% saturation	26	0,18	0,18	4,75
BOD	20	mg/L	13	0,12	0,12	1,56
Turbidity	33	NTU	50	0,09	0,09	4,53
Total Phosphorus	0,47	mg/L P	34	0,11	0,11	3,70
Nitrate Nitrogen	1,4	mg/L NO3-N	64	0,10	0,10	6,45
Solidos Totales	72	mg/L	45	0,07	0,07	3,13
Fecal Coliforms	188	CFU/100mL	36	0,17	0,17	6,10
TOTAL					1,07	47,74
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	44,62

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 21-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el primer monitoreo, en el punto T-04.

MONITOREO I						
Fecha: 27/11/15						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-04						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,44	pH units	74	0,12	0,12	6,00
Change in temp	4,3	degrees C	77	0,11	0,11	8,45
DO	70	% saturation	74	0,18	0,18	13,40
BOD	15	mg/L	21	0,12	0,12	2,55
Turbidity	20	NTU	62	0,09	0,09	5,59
Total Phosphorus	0,25	mg/L P	45	0,11	0,11	4,94
Nitrate Nitrogen	2,4	mg/L NO3-N	50	0,10	0,10	4,95
Solidos Totales	76	mg/L	44	0,07	0,07	3,09
Fecal Coliforms	44	CFU/100mL	53	0,17	0,17	9,06
TOTAL					1,07	60,93
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	56,94

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 22-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el primer monitoreo, en el punto T-05.

MONITOREO I						
Fecha: 27/11/15						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-05						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,19	pH units	64	0,12	0,12	6,00
Change in temp	3,7	degrees C	80	0,11	0,11	8,79
DO	62	% saturation	62	0,18	0,18	11,15
BOD	17	mg/L	18	0,12	0,12	2,14
Turbidity	27,7	NTU	55	0,09	0,09	4,91
Total Phosphorus	0,2	mg/L P	50	0,11	0,11	5,50
Nitrate Nitrogen	2,8	mg/L NO3-N	47	0,10	0,10	4,71
Solidos Totales	75	mg/L	44	0,07	0,07	3,10
Fecal Coliforms	67	CFU/100mL	48	0,17	0,17	8,20
TOTAL					1,07	56,20
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	52,52

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 23-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el segundo monitoreo, en el punto T-01.

MONITOREO II						
Fecha: 18/12/15						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-01						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,52	pH units	77	0,12	0,12	6,00
Change in temp	5,4	degrees C	71	0,11	0,11	7,82
DO	75	% saturation	81	0,18	0,18	14,64
BOD	17	mg/L	18	0,12	0,12	2,14
Turbidity	6,03	NTU	83	0,09	0,09	7,50
Total Phosphorus	0,31	mg/L P	40	0,11	0,11	4,44
Nitrate Nitrogen	3,1	mg/L NO3-N	45	0,10	0,10	4,53
Solidos Totales	51,9	mg/L	48	0,07	0,07	3,37
Fecal Coliforms	50	CFU/100mL	52	0,17	0,17	8,80
TOTAL					1,07	62,47
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	58,38

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 24-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el segundo monitoreo, en el punto T-02.

MONITOREO II						
Fecha: 18/12/15						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-02						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,01	pH units	56	0,12	0,12	6,00
Change in temp	4,99	degrees C	73	0,11	0,11	8,05
DO	65	% saturation	67	0,18	0,18	12,02
BOD	18	mg/L	16	0,12	0,12	1,94
Turbidity	18	NTU	64	0,09	0,09	5,80
Total Phosphorus	0,41	mg/L P	36	0,11	0,11	3,98
Nitrate Nitrogen	5,1	mg/L NO3-N	34	0,10	0,10	3,43
Solidos Totales	54	mg/L	48	0,07	0,07	3,34
Fecal Coliforms	200	CFU/100mL	35	0,17	0,17	5,98
TOTAL					1,07	51,21
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	47,86

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 25-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el segundo monitoreo, en el punto T-03.

MONITOREO II						
Fecha: 18/12/15						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-03						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,7	pH units	82	0,12	0,12	6,00
Change in temp	4,92	degrees C	74	0,11	0,11	8,09
DO	53	% saturation	47	0,18	0,18	8,55
BOD	21	mg/L	12	0,12	0,12	1,39
Turbidity	29	NTU	53	0,09	0,09	4,81
Total Phosphorus	0,51	mg/L P	32	0,11	0,11	3,52
Nitrate Nitrogen	2,3	mg/L NO3-N	50	0,10	0,10	5,01
Solidos Totales	53	mg/L	48	0,07	0,07	3,35
Fecal Coliforms	230	CFU/100mL	33	0,17	0,17	5,69
TOTAL					1,07	50,30
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	47,01

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 26-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el segundo monitoreo, en el punto T-04.

MONITOREO II						
Fecha: 18/12/15						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-04						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,71	pH units	83	0,12	0,12	6,00
Change in temp	3,6	degrees C	80	0,11	0,11	8,84
DO	80	% saturation	87	0,18	0,18	15,67
BOD	17	mg/L	18	0,12	0,12	2,14
Turbidity	16	NTU	67	0,09	0,09	6,03
Total Phosphorus	0,27	mg/L P	43	0,11	0,11	4,75
Nitrate Nitrogen	3,2	mg/L NO ₃ -N	45	0,10	0,10	4,47
Solidos Totales	56	mg/L	47	0,07	0,07	3,31
Fecal Coliforms	60	CFU/100mL	50	0,17	0,17	8,43
TOTAL					1,07	63,55
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	59,39

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 27-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el segundo monitoreo, en el punto T-05.

MONITOREO II						
Fecha: 18/12/15						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-05						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,31	pH units	69	0,12	0,12	6,00
Change in temp	2,7	degrees C	85	0,11	0,11	9,31
DO	71	% saturation	76	0,18	0,18	13,66
BOD	19	mg/L	15	0,12	0,12	1,75
Turbidity	24	NTU	58	0,09	0,09	5,21
Total Phosphorus	0,23	mg/L P	47	0,11	0,11	5,15
Nitrate Nitrogen	3,5	mg/L NO ₃ -N	43	0,10	0,10	4,29
Solidos Totales	55	mg/L	48	0,07	0,07	3,33
Fecal Coliforms	80	CFU/100mL	46	0,17	0,17	7,84
TOTAL					1,07	58,85
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	55,00

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 28-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el tercer monitoreo, en el punto T-01.

MONITOREO III						
Fecha: 29/01/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-01						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,51	pH units	77	0,12	0,12	6,00
Change in temp	5,2	degrees C	72	0,11	0,11	7,93
DO	76	% saturation	83	0,18	0,18	14,86
BOD	16	mg/L	20	0,12	0,12	2,34
Turbidity	6,08	NTU	83	0,09	0,09	7,49
Total Phosphorus	0,32	mg/L P	40	0,11	0,11	4,38
Nitrate Nitrogen	3,2	mg/L NO3-N	45	0,10	0,10	4,47
Solidos Totales	52,1	mg/L	48	0,07	0,07	3,37
Fecal Coliforms	60	CFU/100mL	50	0,17	0,17	8,43
TOTAL					1,07	62,46
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	58,37

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 29-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el tercer monitoreo, en el punto T-02.

MONITOREO III						
Fecha: 29/01/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-02						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	5,59	pH units	41	0,12	0,12	6,00
Change in temp	5,1	degrees C	73	0,11	0,11	7,99
DO	65	% saturation	67	0,18	0,18	12,02
BOD	19	mg/L	15	0,12	0,12	1,75
Turbidity	20	NTU	62	0,09	0,09	5,59
Total Phosphorus	0,42	mg/L P	36	0,11	0,11	3,93
Nitrate Nitrogen	5	mg/L NO3-N	35	0,10	0,10	3,48
Solidos Totales	57	mg/L	47	0,07	0,07	3,30
Fecal Coliforms	219	CFU/100mL	34	0,17	0,17	5,79
TOTAL					1,07	48,72
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	45,54

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 30-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el tercer monitoreo, en el punto T-03.

MONITOREO III						
Fecha: 29/01/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-03						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,53	pH units	77	0,12	0,12	6,00
Change in temp	4,3	degrees C	77	0,11	0,11	8,45
DO	54	% saturation	49	0,18	0,18	8,83
BOD	22	mg/L	10	0,12	0,12	1,23
Turbidity	30	NTU	53	0,09	0,09	4,74
Total Phosphorus	0,52	mg/L P	32	0,11	0,11	3,48
Nitrate Nitrogen	2	mg/L NO ₃ -N	52	0,10	0,10	5,21
Solidos Totales	55	mg/L	48	0,07	0,07	3,33
Fecal Coliforms	248	CFU/100mL	33	0,17	0,17	5,54
TOTAL					1,07	50,06
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	46,79

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 31-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el tercer monitoreo, en el punto T-04.

MONITOREO III						
Fecha: 29/01/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-04						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,67	pH units	82	0,12	0,12	6,00
Change in temp	3,2	degrees C	82	0,11	0,11	9,06
DO	81	% saturation	88	0,18	0,18	15,85
BOD	16	mg/L	20	0,12	0,12	2,34
Turbidity	18	NTU	64	0,09	0,09	5,80
Total Phosphorus	0,28	mg/L P	42	0,11	0,11	4,66
Nitrate Nitrogen	3,1	mg/L NO ₃ -N	45	0,10	0,10	4,53
Solidos Totales	59	mg/L	47	0,07	0,07	3,28
Fecal Coliforms	55	CFU/100mL	51	0,17	0,17	8,61
TOTAL					1,07	63,90
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	59,72

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 32-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el tercer monitoreo, en el punto T-05.

MONITOREO III						
Fecha: 29/01/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-05						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,28	pH units	68	0,12	0,12	6,00
Change in temp	2,4	degrees C	86	0,11	0,11	9,44
DO	79	% saturation	86	0,18	0,18	15,48
BOD	18	mg/L	16	0,12	0,12	1,94
Turbidity	26	NTU	56	0,09	0,09	5,04
Total Phosphorus	0,24	mg/L P	46	0,11	0,11	5,04
Nitrate Nitrogen	3,3	mg/L NO3-N	44	0,10	0,10	4,41
Solidos Totales	57	mg/L	47	0,07	0,07	3,30
Fecal Coliforms	76	CFU/100mL	47	0,17	0,17	7,95
TOTAL					1,07	60,77
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	56,79

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 33-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el cuarto monitoreo, en el punto T-01.

MONITOREO IV						
Fecha: 26/02/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-01						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,52	pH units	77	0,12	0,12	6,00
Change in temp	5,5	degrees C	71	0,11	0,11	7,76
DO	75	% saturation	81	0,18	0,18	14,64
BOD	18	mg/L	16	0,12	0,12	1,94
Turbidity	6,05	NTU	83	0,09	0,09	7,50
Total Phosphorus	0,31	mg/L P	40	0,11	0,11	4,44
Nitrate Nitrogen	3,3	mg/L NO3-N	44	0,10	0,10	4,41
Solidos Totales	52	mg/L	48	0,07	0,07	3,37
Fecal Coliforms	55	CFU/100mL	51	0,17	0,17	8,61
TOTAL					1,07	61,89
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	57,84

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 34-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el cuarto monitoreo, en el punto T-02.

MONITOREO IV						
Fecha: 26/02/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-02						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6	pH units	55	0,12	0,12	6,00
Change in temp	4,7	degrees C	75	0,11	0,11	8,22
DO	64	% saturation	65	0,18	0,18	11,74
BOD	18	mg/L	16	0,12	0,12	1,94
Turbidity	17	NTU	66	0,09	0,09	5,91
Total Phosphorus	0,42	mg/L P	36	0,11	0,11	3,93
Nitrate Nitrogen	5,3	mg/L NO3-N	33	0,10	0,10	3,33
Solidos Totales	56	mg/L	47	0,07	0,07	3,31
Fecal Coliforms	190	CFU/100mL	36	0,17	0,17	6,08
TOTAL					1,07	51,06
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	47,72

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 35-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el cuarto monitoreo, en el punto T-03.

MONITOREO IV						
Fecha: 26/02/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-03						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,55	pH units	78	0,12	0,12	6,00
Change in temp	4,6	degrees C	75	0,11	0,11	8,27
DO	53	% saturation	47	0,18	0,18	8,55
BOD	22	mg/L	10	0,12	0,12	1,23
Turbidity	29	NTU	53	0,09	0,09	4,81
Total Phosphorus	0,53	mg/L P	31	0,11	0,11	3,44
Nitrate Nitrogen	3,5	mg/L NO3-N	43	0,10	0,10	4,29
Solidos Totales	54	mg/L	48	0,07	0,07	3,34
Fecal Coliforms	210	CFU/100mL	35	0,17	0,17	5,88
TOTAL					1,07	49,15
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	45,94

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 36-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el cuarto monitoreo, en el punto T-04.

MONITOREO IV						
Fecha: 26/02/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-04						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,59	pH units	79	0,12	0,12	6,00
Change in temp	3,3	degrees C	82	0,11	0,11	9,01
DO	82	% saturation	89	0,18	0,18	16,01
BOD	17	mg/L	18	0,12	0,12	2,14
Turbidity	17	NTU	66	0,09	0,09	5,91
Total Phosphorus	0,3	mg/L P	41	0,11	0,11	4,51
Nitrate Nitrogen	3,3	mg/L NO3-N	44	0,10	0,10	4,41
Solidos Totales	58	mg/L	47	0,07	0,07	3,29
Fecal Coliforms	65	CFU/100mL	49	0,17	0,17	8,27
TOTAL					1,07	63,04
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	58,92

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 37-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el cuarto monitoreo, en el punto T-05.

MONITOREO IV						
Fecha: 26/02/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-05						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,32	pH units	70	0,12	0,12	6,00
Change in temp	2,3	degrees C	86	0,11	0,11	9,49
DO	74	% saturation	80	0,18	0,18	14,40
BOD	17	mg/L	18	0,12	0,12	2,14
Turbidity	25	NTU	57	0,09	0,09	5,13
Total Phosphorus	0,25	mg/L P	45	0,11	0,11	4,94
Nitrate Nitrogen	3,7	mg/L NO3-N	42	0,10	0,10	4,18
Solidos Totales	56	mg/L	47	0,07	0,07	8,05
Fecal Coliforms	84	CFU/100mL	46	0,17	0,17	3,31
TOTAL					1,07	59,69
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	55,78

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 38-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el quinto monitoreo, en el punto T-01.

MONITOREO V						
Fecha: 18/03/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-01						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,51	pH units	77	0,12	0,12	6,00
Change in temp	5,8	degrees C	69	0,11	0,11	7,59
DO	68	% saturation	71	0,18	0,18	12,86
BOD	16	mg/L	20	0,12	0,12	2,34
Turbidity	7,04	NTU	81	0,09	0,09	7,32
Total Phosphorus	0,25	mg/L P	45	0,11	0,11	4,94
Nitrate Nitrogen	2,6	mg/L NO3-N	48	0,10	0,10	4,83
Solidos Totales	72	mg/L	45	0,07	0,07	3,13
Fecal Coliforms	38	CFU/100mL	55	0,17	0,17	9,36
TOTAL					1,07	61,57
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	57,54

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 39-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el quinto monitoreo, en el punto T-02.

MONITOREO V						
Fecha: 18/03/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-02						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	5,59	pH units	41	0,12	0,12	6,00
Change in temp	5,4	degrees C	71	0,11	0,11	7,82
DO	55	% saturation	51	0,18	0,18	9,11
BOD	18	mg/L	16	0,12	0,12	1,94
Turbidity	26	NTU	56	0,09	0,09	5,04
Total Phosphorus	0,37	mg/L P	38	0,11	0,11	4,14
Nitrate Nitrogen	4,5	mg/L NO3-N	37	0,10	0,10	3,74
Solidos Totales	74	mg/L	44	0,07	0,07	3,11
Fecal Coliforms	190	CFU/100mL	36	0,17	0,17	6,08
TOTAL					1,07	45,86
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	42,86

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 40-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el quinto monitoreo, en el punto T-03.

MONITOREO V						
Fecha: 18/03/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-03						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,66	pH units	81	0,12	0,12	6,00
Change in temp	4,8	degrees C	74	0,11	0,11	8,16
DO	32	% saturation	22	0,18	0,18	3,90
BOD	21	mg/L	12	0,12	0,12	1,39
Turbidity	36	NTU	48	0,09	0,09	4,33
Total Phosphorus	0,48	mg/L P	33	0,11	0,11	3,65
Nitrate Nitrogen	1,6	mg/L NO3-N	61	0,10	0,10	6,14
Solidos Totales	73	mg/L	45	0,07	0,07	3,12
Fecal Coliforms	210	CFU/100mL	35	0,17	0,17	5,88
TOTAL					1,07	46,32
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	43,29

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 41-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el quinto monitoreo, en el punto T-04.

MONITOREO V						
Fecha: 18/03/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-04						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,57	pH units	79	0,12	0,12	6,00
Change in temp	4,5	degrees C	76	0,11	0,11	8,33
DO	70	% saturation	74	0,18	0,18	13,40
BOD	16	mg/L	20	0,12	0,12	2,34
Turbidity	22	NTU	60	0,09	0,09	5,39
Total Phosphorus	0,25	mg/L P	45	0,11	0,11	4,94
Nitrate Nitrogen	2,6	mg/L NO3-N	48	0,10	0,10	4,83
Solidos Totales	77	mg/L	44	0,07	0,07	3,08
Fecal Coliforms	50	CFU/100mL	52	0,17	0,17	8,80
TOTAL					1,07	60,54
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	56,58

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 42-3: Resultados del monitoreo del Índice de Calidad (WQI), en el quinto monitoreo, en el punto T-05.

MONITOREO V						
Fecha: 18/03/16						
ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) EN EL PUNTO T-05						
Parameter	TEST RESULT	Units	Q-value	Weighting Factor	Weighting Factor	Subtotal
pH	6,29	pH units	68	0,12	0,12	6,00
Change in temp	4	degrees C	78	0,11	0,11	8,62
DO	60	% saturation	59	0,18	0,18	10,57
BOD	18	mg/L	16	0,12	0,12	1,94
Turbidity	29,1	NTU	53	0,09	0,09	4,80
Total Phosphorus	0,22	mg/L P	48	0,11	0,11	5,26
Nitrate Nitrogen	2,7	mg/L NO ₃ -N	48	0,10	0,10	4,77
Solidos Totales	76	mg/L	44	0,07	0,07	3,09
Fecal Coliforms	72	CFU/100mL	47	0,17	0,17	8,06
TOTAL					1,07	55,31
Índice de Calidad de Agua					REGULAR	51,70

Realizado por: Mauro Buñay.

3.4.1.1 Índice de Calidad de Agua (WQI).

La tabla que se muestran a continuación es aplicada para el cálculo promedio del Índice de Calidad de Agua, aplicados en los cinco monitoreos en la microcuenca del río Tingo, realizado los monitoreos desde el mes de noviembre 2015 hasta marzo 2016.

Tabla 43-3: Resultados de los Índices WQI en los puntos de monitoreo promedio.

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (WQI) PROMEDIO		
Código punto	WQI	Índice WQI
T-01	58,08	REGULAR
T-02	45,50	MALA
T-03	45,53	MALA
T-04	58,31	REGULAR
T-05	54,36	REGULAR

Realizado por: Mauro Buñay.

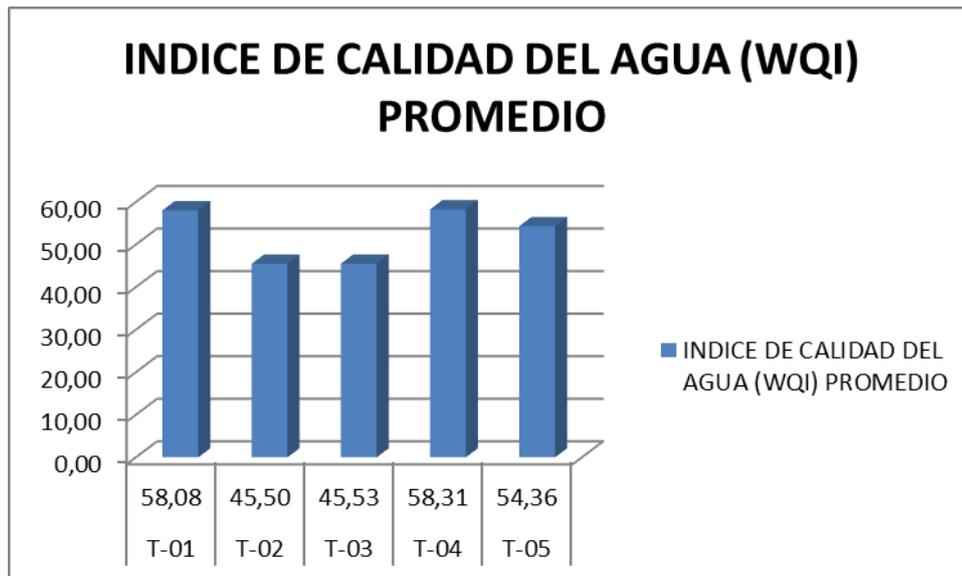


Figura 17-3. Variación de los Índices WQI en los puntos de monitoreo promedio.
Fuente: Mauro Buñay.

La Figura 17-3 muestra los resultados promedios del Índice de Calidad de Agua (WQI), los cuales se obtuvieron del análisis de parámetros físico-químicos (Temperatura, Sólidos totales, Turbidez, pH, Oxígeno disuelto, DBO5, Nitratos, Fosfatos) y microbiológicos (Coliformes fecales) en los puntos de monitoreo, durante el transcurso de los cinco meses de investigación en la microcuenca del río Tingo, en donde se muestra una disminución de la calidad del agua desde el punto T-01 con una categoría de REGULAR hasta el punto T-03 con una categoría de MALA, debido posiblemente a los asentamientos de humanos y las actividades antrópicas que son más intensas dentro de estos puntos como es el caso de la agricultura y la ganadería. Observándose un aumento en su calidad en el punto T-04 y T-05 con un rango de REGULAR valor que es justificable ya que las actividades antrópicas disminuyen un poco en comparación con el resto de puntos, existiendo de igual manera una buena depuración del río que contribuye en la disminución de la contaminación dentro del cuerpo de agua mejorando su calidad.

3.4.2 Índice Biológico.

Las tablas que se muestran a continuación son aplicadas para el cálculo del Índice Biológico (BMWP), aplicado durante los cinco monitoreos dentro de la microcuenca del río Tingo, los monitoreos fueron realizados desde el mes de noviembre 2015 hasta el mes de marzo 2016.

Cuyos valores se muestran a continuación:

Tabla 44-3: Resultados del BMWP por Punto de Monitoreo.

Puntos	Resultados del BMWP por Punto de Monitoreo.				
	BMWP-T01	BMWP-T02	BMWP-T03	BMWP-T04	BMWP-T05
Monitoreo 1	76	81	67	72	69
Monitoreo 2	63	71	64	64	66
Monitoreo 3	40	47	37	43	41
Monitoreo 4	35	36	40	37	38
Monitoreo 5	37	39	40	39	43

Realizado por: Mauro Buñay.

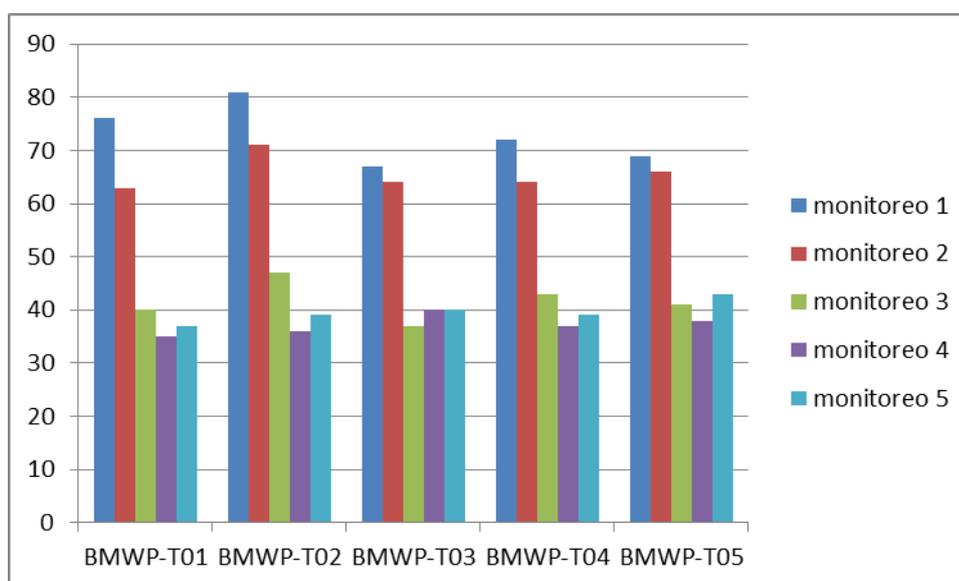


Figura 18-3. Resultados del BMWP por punto de monitoreo.

Fuente: Mauro Buñay.

La figura 18-3 nos indica la variación de la calidad del agua por punto de monitoreo mediante el Índice BMWP durante los cinco meses de estudio dentro de la microcuenca del Río Tingo, aquí podemos observar que la calidad del Río Tingo disminuye considerablemente a medida que transcurren los puntos de monitoreo desde el punto T-01 hasta el punto T-05 estos valores son justificados ya que a medida que avanza el río se van incrementando las fuentes de contaminación como la ganadería, la agricultura y asentamientos humanos, hay que tener en cuenta que este índice está basado en la sensibilidad de los organismos frente a la contaminación presente en el río por lo cual al incrementar los contaminantes en el río la cantidad de indicadores resistentes a la contaminación van a verse presentes dando una mala puntuación a la calidad del río como se muestra en los resultados obtenidos en la investigación.

Tabla 45-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el primer monitoreo, en el punto T-01.

MONITOREO I		
Fecha: 23/11/2015		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-01		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	7
<i>Trichoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>	10
<i>Plecoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	8
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	10
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	7
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	9
<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>	8
<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	5
Total		76
Índice de Sensibilidad BMWP (ACEPTABLE)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 46-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el primer monitoreo, en el punto T-02.

MONITOREO I		
Fecha: 23/11/2015		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-02		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	8
<i>Trichoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>	11
<i>Plecoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	9
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	11
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	8
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	7
<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>	7
<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	5
<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	9
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	6
Total		81
Índice de Sensibilidad BMWP (ACEPTABLE)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 47-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el primer monitoreo, en el punto T-03.

MONITOREO I		
Fecha: 23/11/2015		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-03		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	6
<i>Trichoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>	9
<i>Plecoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	7
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	9
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	6
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	5
<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	6
Total		67
Índice de Sensibilidad BMWP (ACEPTABLE)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 48-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el primer monitoreo, en el punto T-04.

MONITOREO I		
Fecha: 23/11/2015		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-04		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	7
<i>Trichoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>	8
<i>Plecoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	10
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	7
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	6
<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>	8
<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	6
<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	6
Total		72
Índice de Sensibilidad BMWP (ACEPTABLE)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 49-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el primer monitoreo, en el punto T-05.

MONITOREO I		
Fecha: 23/11/2015		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-05		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	9
<i>Trichoptera</i>	<i>Odontoceridae</i>	6
<i>Plecoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	8
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	5
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	9
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	7
<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>	3
<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	9
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	5
Total		69
Índice de Sensibilidad BMWP (ACEPTABLE)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 50-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el segundo monitoreo, en el punto T-01.

MONITOREO II		
Fecha: 14/12/2015		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-01		
Orden	Familia	Individuos
<i>Plecoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	8
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	7
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	7
<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	5
<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	3
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	6
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae,</i>	9
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	8
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalida</i>	6
Total		63
Índice de Sensibilidad BMWP (ACEPTABLE)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 51-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el segundo monitoreo, en el punto T-02.

MONITOREO II		
Fecha: 14/12/2015		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-02		
Orden	Familia	Individuos
<i>Plecoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	9
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	8
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	6
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	6
<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	4
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	7
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae,</i>	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	9
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalida</i>	8
Total		71
Índice de Sensibilidad BMWP (ACEPTABLE)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 52-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el segundo monitoreo, en el punto T-03.

MONITOREO II		
Fecha: 14/12/2015		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-03		
Orden	Familia	Individuos
<i>Plecoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	6
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	5
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	7
<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	6
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	8
<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	5
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	9
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae,</i>	5
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	6
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalida</i>	7
Total		64
Índice de Sensibilidad BMWP (ACEPTABLE)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 53-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el segundo monitoreo, en el punto T-04.

MONITOREO II		
Fecha: 14/12/2015		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-04		
Orden	Familia	Individuos
<i>Plecoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	9
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	8
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	7
<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	6
<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	3
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	5
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae,</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	8
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalida</i>	4
Total		64
Índice de Sensibilidad BMWP (ACEPTABLE)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 54-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el segundo monitoreo, en el punto T-05.

MONITOREO II		
Fecha: 14/12/2015		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-05		
Orden	Familia	Individuos
<i>Plecoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	9
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	6
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	7
<i>Diptera</i>	<i>Stratiomyidae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	6
<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	5
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae,</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	9
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalida</i>	6
Total		66
Índice de Sensibilidad BMWP (ACEPTABLE)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 55-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el tercer monitoreo, en el punto T-01.

MONITOREO III		
Fecha: 25/01/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-01		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	5
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	16
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	3
Total		40
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Fuente: Mauro Buñay.

Tabla 56-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el tercer monitoreo, en el punto T-02.

MONITOREO III		
Fecha: 25/01/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-02		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	6
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	5
<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	17
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	7
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	4
Total		47
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 57-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el tercer monitoreo, en el punto T-03.

MONITOREO III		
Fecha: 25/01/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-03		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	5
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	6
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	5
<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	14
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	3
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	4
Total		37
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 58-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el tercer monitoreo, en el punto T-04.

MONITOREO III		
Fecha: 25/01/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-04		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	6
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	6
<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	13
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	7
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	4
Total		43
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 59-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el tercer monitoreo, en el punto T-05.

MONITOREO III		
Fecha: 25/01/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-05		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	6
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	6
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	5
<i>Hemiptera</i>	<i>Hebridae</i>	16
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	4
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	4
Total		41
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 60-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el cuarto monitoreo, en el punto T-01.

MONITOREO IV		
Fecha: 22/02/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-01		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	5
<i>Heteroptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	5
<i>Hymenoptera</i>	<i>Ancylidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae,</i>	2
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	4
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Muscidae</i>	2
Total		35
Índice de Sensibilidad BMWP (Crítica)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 61-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el cuarto monitoreo, en el punto T-02.

MONITOREO IV		
Fecha: 22/02/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-02		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	6
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	5
<i>Heteroptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	7
<i>Hymenoptera</i>	<i>Ancylidae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae,</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	4
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Muscidae</i>	4
Total		36
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 62-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el cuarto monitoreo, en el punto T-03.

MONITOREO IV		
Fecha: 22/02/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-03		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	6
<i>Heteroptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	6
<i>Hymenoptera</i>	<i>Ancylidae</i>	7
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae,</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	4
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Muscidae</i>	3
Total		40
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 63-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el cuarto monitoreo, en el punto T-04.

MONITOREO IV		
Fecha: 22/02/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-04		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	6
<i>Heteroptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	6
<i>Hymenoptera</i>	<i>Ancylidae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae,</i>	3
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	4
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Muscidae</i>	3
Total		37
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 64-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el cuarto monitoreo, en el punto T-05.

MONITOREO IV		
Fecha: 22/02/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-05		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	5
<i>Heteroptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	6
<i>Hymenoptera</i>	<i>Ancylidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae,</i>	3
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	5
<i>Megaloptera</i>	<i>Corydalidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Muscidae</i>	3
Total		38
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 65-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el quinto monitoreo, en el punto T-01.

MONITOREO V		
Fecha: 14/03/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-01		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	5
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae,</i>	3
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	2
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	6
<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	3
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	4
Total		37
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 66-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el quinto monitoreo, en el punto T-02.

MONITOREO V		
Fecha: 14/03/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-02		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	6
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae,</i>	3
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	4
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	7
<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	5
Total		39
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 67-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el quinto monitoreo, en el punto T-03.

MONITOREO V		
Fecha: 14/03/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-03		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	5
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae,</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	4
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	5
<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	5
Total		40
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 68-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el quinto monitoreo, en el punto T-04.

MONITOREO V		
Fecha: 14/03/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-04		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	6
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae,</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	6
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	3
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	5
<i>Rhynchobdellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	3
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	5
Total		39
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

Tabla 69-3: Resultados del monitoreo de macroinvertebrados por el método BMWP/Col, en el quinto monitoreo, en el punto T-05.

MONITOREO V		
Fecha: 14/03/2016		
ÍNDICE BMWP EN EL PUNTO T-05		
Orden	Familia	Individuos
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	6
<i>Hemiptera</i>	<i>Gelastocoridae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae,</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	6
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	5
<i>Rhynchohellida</i>	<i>Glossiphoniidae</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Chrysomelidae</i>	5
Total		43
Índice de Sensibilidad BMWP (DUDOSA)		

Realizado por: Mauro Buñay.

3.4.2.1 Índice de Sensibilidad BMWP.

A continuación se muestran los valores totales obtenidos durante el monitoreo del Índice BMWP:

Tabla 70-3: Resultados promedio del Índice BMWP en los puntos de monitoreo.

ÍNDICE DE SENSIBILIDAD BMWP		
Código punto	BMWP	Índice BMWP/Col
T-01	73	Aceptable
T-02	65,6	Aceptable
T-03	41,6	Dudosa
T-04	37,2	Dudosa
T-05	39,6	Dudosa

Realizado por: Mauro Buñay.

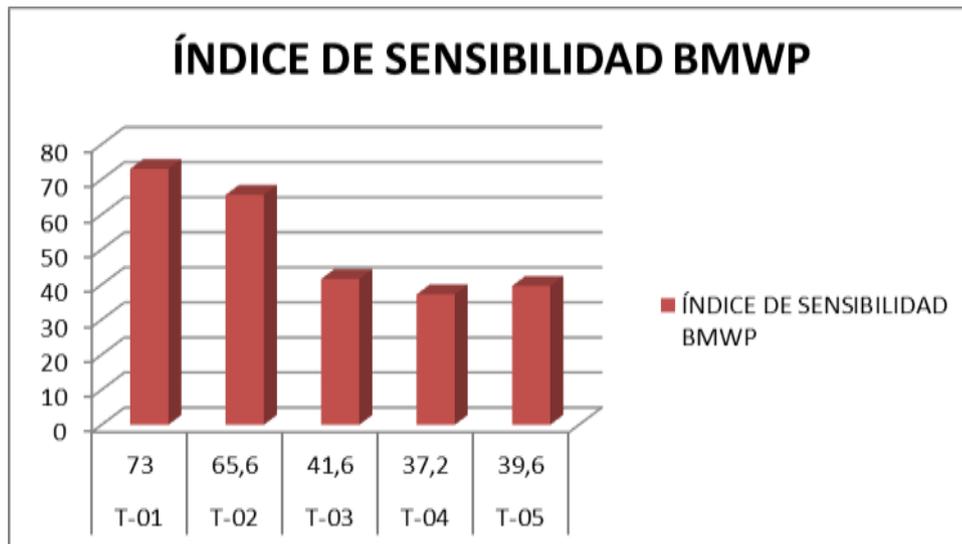


Figura 19-3. Variación del Índice BMWP en los puntos de monitoreo.
Fuente: Mauro Buñay.

La Figura 19-3 muestra los resultados promedios del Índice de Sensibilidad BMWP en los diferentes puntos de monitoreo, durante el transcurso de la investigación dentro de la microcuenca del río Tingo. Se puede observar que la calidad del agua mediante este Índice va disminuyendo a medida que avanzan los puntos de monitoreo notándose una calidad de agua ACEPTABLE dentro de los dos primeros puntos de monitoreo notándose una considerable disminución del índice en los puntos T-03, T-04 y T-05 dando como resultado una calidad de agua DUDOSA, esto es debido posiblemente a las actividades antrópicas que se dan en el sector a medida que el río avanza hasta su desembocadura como la agricultura, la ganadería y a la presencia de asentamientos de humanos que provocan alteraciones en el río causando una disminución en la calidad de sus aguas.

3.5 Relación entre el Índice de calidad (WQI) y el Índice BMWP.

Tabla 71-3: Relación entre los índices WQI vs BMWP en los puntos de monitoreo.

RELACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES WQI VS BMWP		
Código punto	WQI	BMWP
T-01	58,08	73
T-02	45,50	65,6
T-03	45,53	41,6
T-04	58,31	37,2
T-05	54,36	39,6

Realizado por: Mauro Buñay.

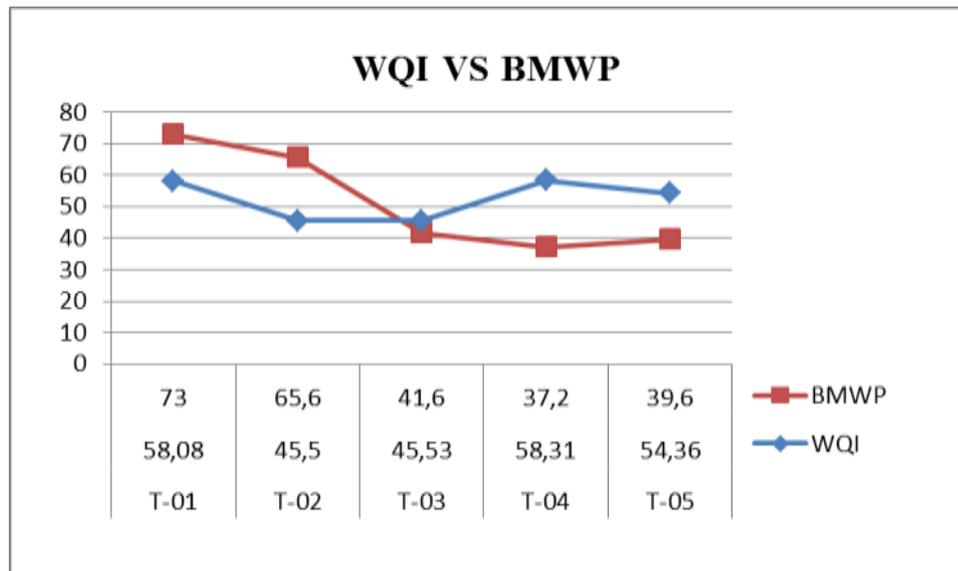


Figura 20-3. Relación entre los índices WQI vs BMWP.

Fuente: Mauro Buñay.

La Figura 20-3 muestra la relación que existe entre los resultados del Índice de Calidad de Agua (WQI) con el Índice de Sensibilidad de macroinvertebrados (BMWP), en el que se puede observar claramente para el (WQI) una disminución de su calidad partiendo desde el primer punto T-01 con un rango de REGULAR hasta el punto T-03 con un rango de MALA valores que son justificados ya que dentro de estos puntos existe la mayor cantidad de actividades antrópicas que influyen en la disminución de la calidad del cuerpo de agua, mientras que dentro de los puntos T-04 y T-05 se muestra un incremento de su calidad con un rango de REGULAR valores que son justificados ya que la cantidad de actividades antrópicas disminuyen un poco en relación con los primeros puntos, a su vez que la depuración del río es buena y contribuye con el aumento de su calidad.

Para el BMWP tenemos de igual manera una disminución de la calidad del agua desde su primer punto T-01 con un rango de ACEPTABLE hasta el punto final T-05 con un rango de REGULAR, valores que se justifican ya que el nivel de contaminación aumenta a medida que el río avanza hasta su desembocadura contribuyendo con la disminución de organismos que se desarrollan en aguas de buena calidad aumentando los que son resistentes a la contaminación generando un puntaje bajo en el Índice generando una agua de mala calidad. En ambos casos podemos observar que la calidad del agua va disminuyendo a medida que avanzan los puntos de monitoreo dentro de la microcuenca del Río Tingo según (AUNCANCELA Y CHILUIZA, 2011), podemos comparar que al disminuir el WQI el BMWP tiende a bajar, como en nuestro caso.

Los valores obtenidos para la Calidad del Agua mediante el uso de los dos Índices son justificados ya que a medida que avanza el río las fuentes de contaminación provocadas por la

presencia de actividades antrópicas como la agricultura, la ganadería y los asentamientos humanos van aumentando provocando la alteración del río disminuyendo su calidad.

Es importante mencionar cuál de los dos Índices es el más apropiado para poder determinar la calidad del agua dentro de la microcuenca del río Tingo, para nuestro estudio se ha considerado como una mejor alternativa al Índice BMWP para determinar la calidad del agua debido a que los microorganismos se adaptan fácilmente a los factores físico-químicos del agua a través del tiempo dándonos un informe del estado del río en épocas anteriores, sin embargo estos son muy sensibles a la contaminación antropogénica, por esta razón van desapareciendo a medida que aumenta la contaminación contribuyendo a la disminución de la calidad del río, el factor económico de igual manera es importante y para este Índice la inversión no es alta, en cambio que al utilizar el Índice WQI la calidad del agua puede variar dependiendo de las condiciones al instante de tomar la muestra ya sea de un lavado en época de lluvia o en época de sequía y no da un resultado completo del estado del río a medida que transcurre el tiempo y su inversión es mucho más elevada que en el Índice BMWP.

3.6 Estudio estadístico.

El estudio estadístico se llevó a cabo mediante la utilización del software IBM SPSS Statistics 22 por medio del cual procedimos al ingreso de datos provenientes de los resultados de los Índices de Calidad del Agua WQI como del BMWP, dentro de los cuales planteamos dos hipótesis para su posterior afirmación o negación por parte del estudio estadístico.

Ho: la calidad del agua en los diferentes puntos de monitoreo es igual en todo el transcurso del río ($WQI_1=WQI_2=WQI_3=WQI_4=WQI_5$).

Ha: la calidad del agua en al menos un punto de monitoreo es diferente en todo el transcurso del río.

Plateadas las hipótesis procedemos a la realización del estudio estadístico mediante el Test ANOVA de un Factor del cual obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla 72-3: Resultados del Test ANOVA de un Factor para el índice WQI y BMWP.

		ANOVA				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
WQI	Entre grupos	675,806	4	168,951	23,865	,000
	Dentro de grupos	141,588	20	7,079		
	Total	817,394	24			
BMWP	Entre grupos	5525,600	4	1381,400	107,754	,000
	Dentro de grupos	256,400	20	12,820		
	Total	5782,000	24			

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: IBM SPSS Statistics 22

Para el caso del WQI podemos observar que tiene un nivel de significancia menor a 0,05 esto quiere decir que es significativo por lo cual rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa que nos dice que la calidad del agua en al menos un punto de monitoreo es diferente en el transcurso del río.

Para el caso del BMWP podemos observar que tiene un nivel de significancia menor a 0,05 esto quiere decir que es significativo por lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa que nos dice que la calidad del agua en al menos un punto de monitoreo es diferente en el transcurso del río.

Posteriormente de la aplicación del Test ANOVA de un Factor procedemos a realizar la prueba de Tukey b que nos va a ayudar a conocer si existen subconjuntos homogéneos dentro de los puntos de monitoreo existentes comprobando de cierta manera lo dicho anteriormente. Aplicando esta prueba obtuvimos los siguientes resultados tanto para el índice WQI como para el BMWP:

Tabla 73-3: Resultados de la prueba de Tukey b para el índice WQI.

WQI			
Tukey B ^a			
PUNTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
2	5	45,50	
3	5	48,18	
5	5		54,36
1	5		58,08
4	5		58,30

Realizado por: Mauro Buñay.

Fuente: IBM SPSS Statistics 22.

Como resultados para el índice WQI podemos observar que existe la presencia de dos subconjuntos homogéneos con lo cual podemos confirmar los resultados de test ANOVA de un Factor en donde los valores de calidad del agua no son iguales en todos los puntos de monitoreo a lo largo del río.

Podemos observar que dentro del primer subconjunto se encuentran los puntos T-02 y T03 los cuales tienen una calidad del agua similar con un rango de MALA, esto se justifica con los resultados obtenidos durante el estudio ya que estos dos puntos son en donde existe la mayor cantidad de actividades antrópicas que afecta su calidad y lo diferencia del resto de puntos.

Mientras que dentro del segundo subconjunto se encuentran los puntos T-01, T-04 y T-05 los cuales tienen una calidad de agua similar con un rango de REGULAR, datos que son justificables mediante los resultados obtenidos durante el estudio tomando en cuenta que dentro de estos puntos las actividades antrópicas del río disminuyen en comparación con los puntos anteriores mejorando su calidad.

Tabla 74-3: Resultados de la prueba de Tukey b para el índice BMWP.

BMWP

Tukey B^a

PUNTO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
4	5	37,20		
5	5	39,60		
3	5	41,60		
2	5		65,60	
1	5			73,00

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5,000.

Realizado por: Mauro Buñay.
Fuente: IBM SPSS Statistics 22.

Como resultados de la aplicación del método de Tukey b para el índice BMWP tenemos que existe la presencia de tres subconjuntos homogéneos dentro de la calidad del agua dentro de los puntos de monitoreo, con lo cual confirmamos los resultados del Test de ANOVA de un Factor donde rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa en donde la calidad del agua en al menos un punto de monitoreo es diferente en el transcurso del río.

Dentro del primer subconjunto homogéneo tenemos al punto T-01 el cual tiene la mejor calidad y ocupa un rango de ACEPTABLE valor que se justifica por ser el punto testigo en el cual se espera que tenga la menor alteración posible y una buena calidad del agua.

Dentro del segundo subconjunto homogéneo tenemos al punto T-02 cuyo valor disminuye un poco en comparación con el primer punto pero que de igual manera tiene un rango ACEPTABLE, aquí hay que tener en cuenta que los macroinvertebrados nos dan una estimación de la calidad del río en el transcurso del tiempo y dan una mejor valoración del río, mientras que en el caso del WQI tenemos un rango de MALA ya que nos mide el estado de la calidad en ese momento y posiblemente sea afectada por factores externos.

Para el último subconjunto homogéneo tenemos los tres últimos puntos T.03, T-04 y T05 cuyo valor de calidad del agua ha disminuido teniendo un rango de DUDOSA estos valores se justifican mediante los resultados obtenidos durante el estudio a su vez que las actividades antrópicas se extienden a lo largo del río y afectan la calidad de sus aguas.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el estudio de la calidad del agua de la microcuenca del río Tingo partiendo con la selección de los puntos de monitoreo los mismos que contienen características que causan alteraciones a la calidad del río, influenciando en los resultados obtenidos durante el estudio.

La intervención de actividades antrópicas dentro de la microcuenca del río Tingo son evidentes notándose la presencia de cultivos y actividades ganaderas desde puntos cercanos a la naciente del río generando que desde aguas arriba exista la presencia de contaminación afectando la calidad del agua en toda su trayectoria hasta su desembocadura.

Se utilizó dos índices para medir calidad del agua; un índice químico WQI mediante el análisis de 9 parámetro y un índice biológico BMWP mediante el uso de macroinvertebrados como bioindicadores.

2. Se obtuvo la calidad del agua de la microcuenca del río Tingo mediante el uso del Índice WQI dentro de los 5 puntos de monitoreo durante el transcurso del estudio, notándose la disminución de su calidad a medida que el río avanza obteniendo valores para los puntos T-01 de 58, 08, T-02 de 45, 50, T-03 de 45, 53, T-04 de 58, 31 y T-05 de 54,36. Calidad que es justificable ya que la presencia de actividades antrópicas como la introducción de ganado, el traspaso de la frontera agrícola y la presencia de asentamientos humanos han contribuido en la disminución de la calidad de sus aguas.
3. Una vez conocida la calidad del agua por medio del Índice WQI se determinó las diferentes categorías de uso en el que se encuentra el agua del Río Tingo. Por medio de lo cual tenemos: para uso público de **DUDOSO**, para uso de Recreación de **ACEPTABLE PERO NO RECOMENDABLE**, para uso de Pesca y Vida Acuática de **DUDOSO PARA ESPECIES SENSIBLES** y para uso de Industria Agrícola **SIN TRATAMIENTO PARA LA INDUSTRIA NORMAL**.

Se han tomado como referencia los usos más importantes y representativo del agua dentro de la microcuenca para obtener la categoría correspondiente respecto al valor de calidad del WQI obtenido durante la investigación, por lo que el uso adecuado del agua es primordial para evitar complicaciones dentro de la zona en especial para precautelar la salud humana.

4. Se obtuvo la calidad del agua de la microcuenca del río Tingo mediante el uso del Índice BMWP dentro de los 5 puntos de monitoreo durante el transcurso del estudio, notándose la disminución de su calidad a medida que el río avanza obteniendo valores para los puntos T-01 de 73, T-02 de 65, 6, T-03 de 41, 6, T-04 de 37, 2 y T-05 de 39, 6. Calidad que es justificable ya que la presencia de actividades antrópicas como la introducción de ganado, el traspaso de la frontera agrícola y la presencia de asentamientos humanos han contribuido en la disminución de la calidad de sus aguas, provocando la alteración del hábitat de los macroinvertebrados generando la disminución de organismos que se desarrollan en hábitats libres de contaminación y notándose la presencia de organismos resistentes a la contaminación dentro del río.

5. Se concluye que después de la utilización de los Índices de Calidad WQI y BMWP se nota una disminución de la calidad del agua a medida que avanza el río hasta su desembocadura obteniendo un valor de 52,35 con categoría de **REGULAR** para el WQI y un valor de 51,4 con categoría de **DUDOSA** para el BMWP dentro de la microcuenca del Río Tingo. Por lo que el uso de estas aguas debe ser controlado en base a la categoría de uso a la que corresponden para evitar afectaciones dentro del sector principalmente a la salud humana.

RECOMENDACIONES

- Realizar este estudio nuevamente por lo menos en un año consecutivo para determinar la diferencia existente en diferentes estaciones del año para obtener mayor y mejor información con la que se tenga una visión más clara de la presencia de macroinvertebrados, especialmente en épocas de estiaje.
- La aplicación del método BMWP es un excelente indicador de la calidad del agua, dada la simplicidad por el nivel taxonómico requerido (familia), y por el ahorro en términos de tiempo y costo pero para la utilización de estos análisis es necesario realizar una tabla referencial para zonas de alta montaña y la tabla referencial que se utilizó es la de bioindicadores de climas templados.
- Es de suma importancia la colaboración de las comunidades por lo que es necesario que exista una intervención más participativa por parte de ellos.

BIBLIOGRAFÍA.

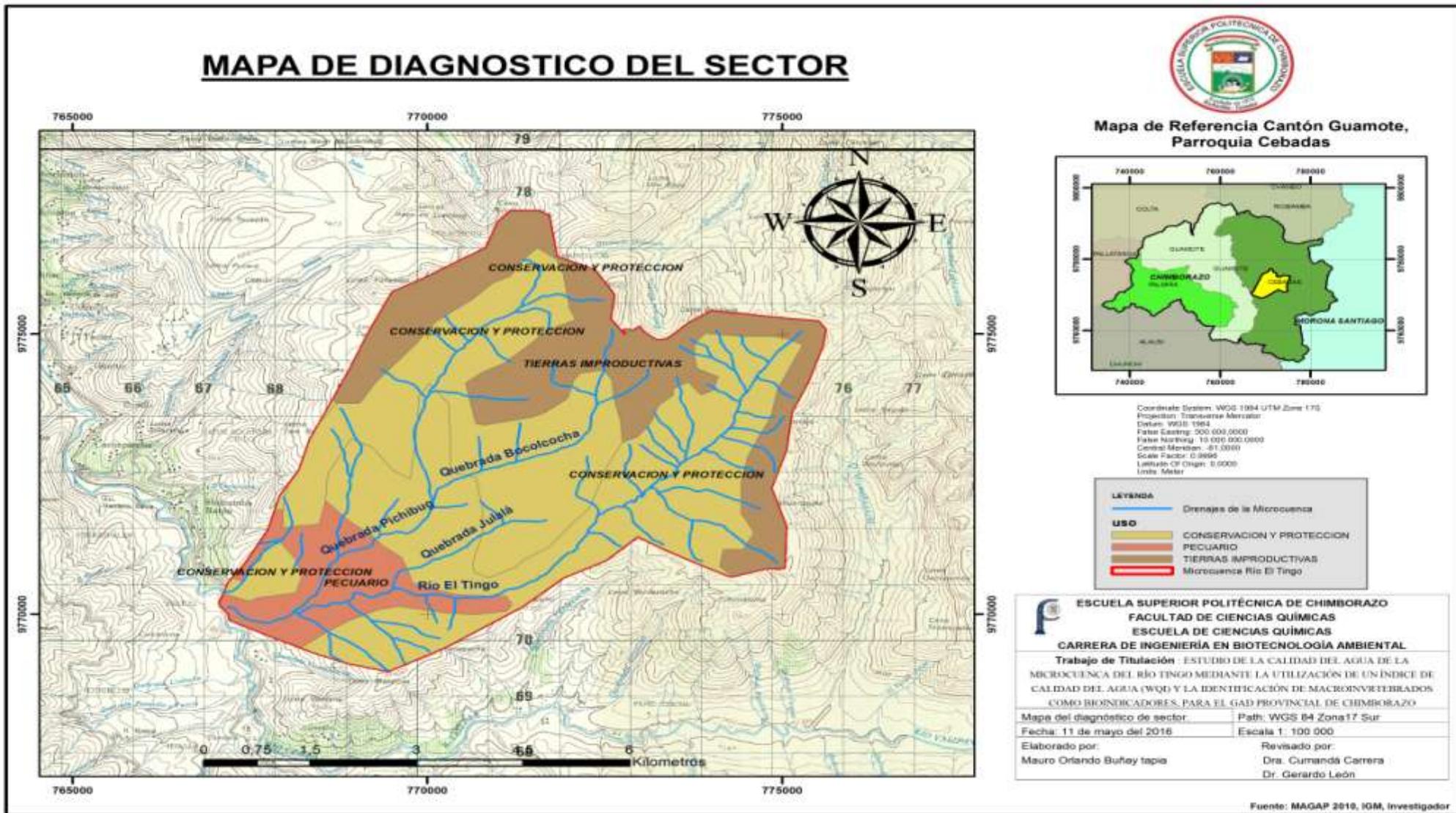
- **BROOKS, KN; et al.** *Hydrology and the management of watershed.* Iowa, USA. 1991, pp. 392-393.
- **CALLES, J.** *Manual básico de monitoreo de calidad del agua. Monitoreo físico-químico, microbiológico, biológico e hidrológico.* Quito-Ecuador: Fundación Natura-Programa GLOWS, 2007, pp. 4-57.
- **CARRERA, C.** *Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.* Quito-Ecuador: Ecociencia, 2005, pp. 150-158.
- **COMISIÓN PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.** *Diagnóstico de las estadísticas del agua en el Ecuador* [En línea]. Ecuador: CEPAL, 2012. [Consulta: 11 de Octubre 2015]. Disponible en:
<http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>
- **DOMÍNGUEZ, E.** *Guía para la determinación de los antrópodos bentónicos sudamericanos,* Tucumán-Argentina: Universidad de Tucumán, 2001, pp.38-90.
- **GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PARROQUIA DE CEBADAS (GADPCH-PDOTC).** *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.* Cebadas-Chimborazo-Ecuador, 2011, pp. 4-50.
- **GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN GUAMOTE (GADPCH-PDOTGCH).** *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.* Guamote-Chimborazo-Ecuador, 2011, pp. 30.
- **GÓMEZ, E.** *Manejo de Cuencas Hidrográficas y Protección de Fuentes de Agua* [En línea]. San Nicolás- Esteli-Nicaragua: 2002. [Consulta: 09 de Octubre del 2015]. Disponible en:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsade/fulltext/cuencas.pdf>

- **MCGAVIN, G.** *Entomología Esencial*. Segunda Edición. Barcelona – España, Ariel Ciencia. 2004, pp. 355.
- **MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.** *Informe de calidad de Agua de los ríos del Salvador* [En línea]. San Salvador, 2012. [Consulta: 10 de Octubre del 2015]. Disponible en:
<http://mapas.snet.gob.sv/hidrologia/Documentos/CalidadAgua2011.pdf>
- **MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA (MSP).** *Diagnóstico de Salud*. Cebadas- Guamote, 2013, pp. 14-18.
- **MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR (MAE).** *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental-Subsecretaría de Patrimonio Natura*. Quito-Ecuador, 2013, pp. 8.
- **MITCHEL, M; STAPP, W; BIXBY, K.** *Manual de campo de Proyecto del río. Una guía para monitorear la calidad del agua en el río Bravo*. Segunda Edición. México. 1991, pp. 200-212.
- **ONGLEY, E.** *Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudios de la FAO riego y drenaje FAO*. Roma, Italia. 1997, pp. 116-154.
- **ORGANIZACIÓN MUNDIAL PARA LA SALUD, (OPS).** *Consideraciones sobre el programa medio ambiente y salud en el Istmo Centroamericano San José*. CR. 1993, pp. 50.
- **ROJAS, L.** “Índice de Calidad del Agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos” [en línea], 2009, Cuba, pp.2-10. [Consulta 10 de Octubre del 2015]. ISSN 1683-8904. Disponible en:
<http://ama.redciencia.cu/articulos/16.01.pdf>
- **ROLDAN PÉREZ, GABRIEL.** *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Colombia: Universidad de Antioquia, 2003, pp. 15-170.
- **ROLDÁN PÉREZ, GABRIEL.** *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia. 1992, pp. 189-470.

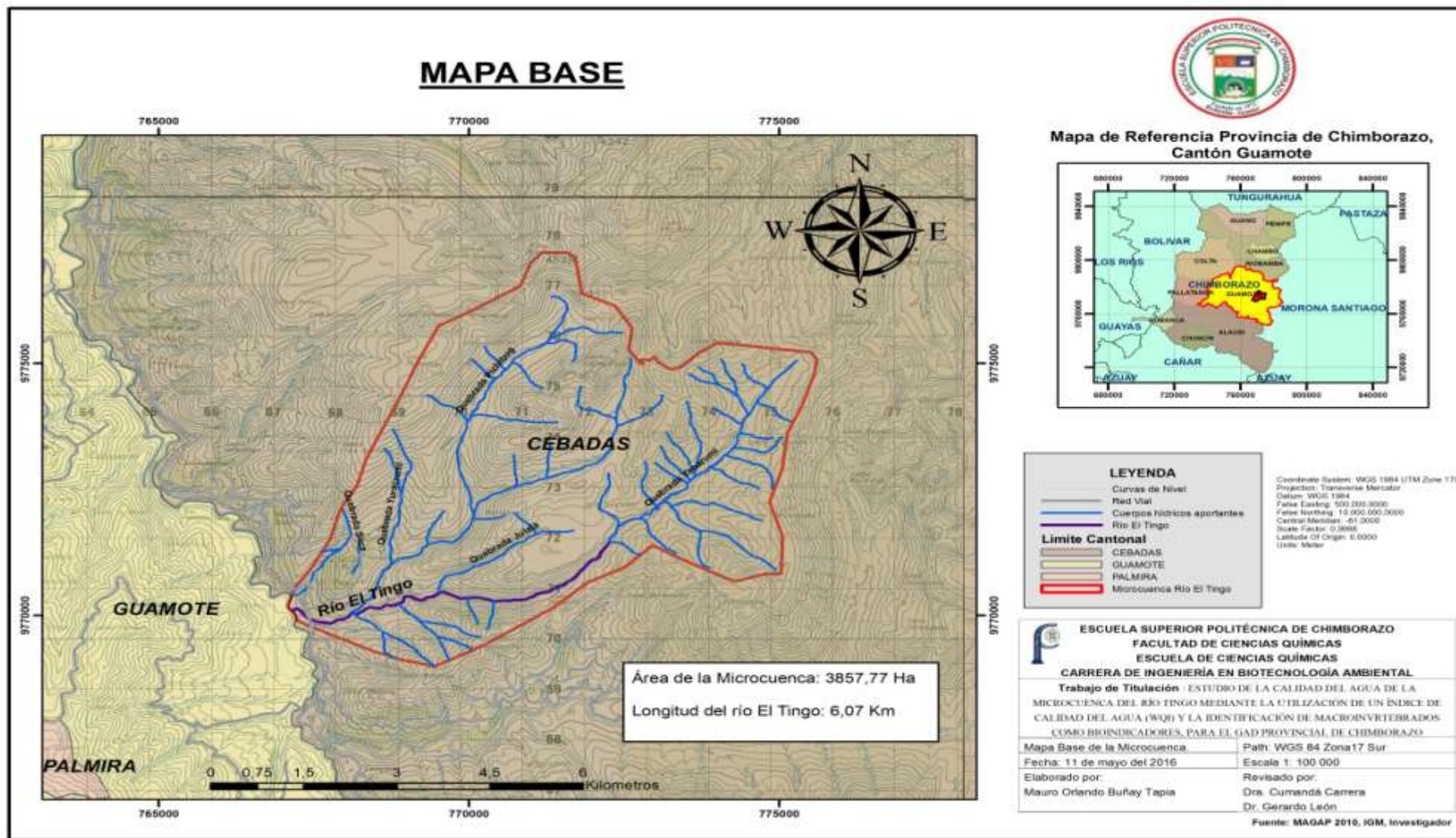
- **ROMERO ROJAS, JAIRO ALBERTO.** *Calidad del Agua.* Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de ingeniería, 2002, pp. 65 – 204.
- **ROMERO ROJAS, JAIRO ALBERTO.** *Calidad del Agua.* Tercera Edición. Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de ingeniería, 2009, pp. 111 – 465.
- **SENAGUA,** *Inventario de Recursos Hídricos de las Parroquias Pungalá y Cebadas.* Chimborazo-Ecuador, 2008, pp. 12-13.
- **VIDAL, M; et al.** *Factor analyses for the water resources contamination due to the use the livestock slurries as fertilizer Agricultural water management.* Canada.2000, pp. 40-65.
- **WAGNER; SHILLINGS Y LIBRA.** *Contaminación causas y efectos.* México, DF: Ediciones Garnika, pp. 424-426.

ANEXOS.

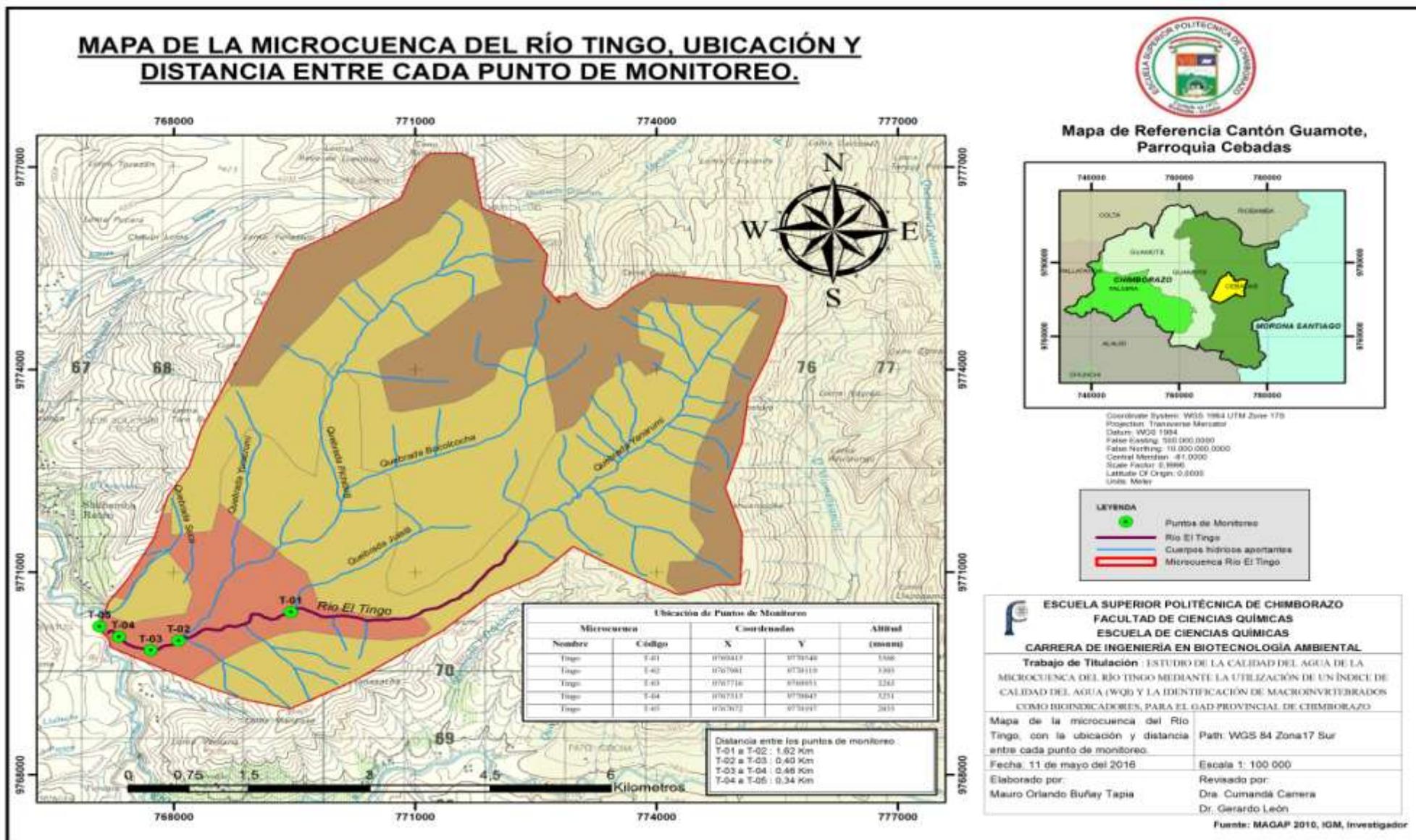
ANEXO A. Mapa de Diagnóstico y uso de suelo de la microcuenca del Río Tingo.



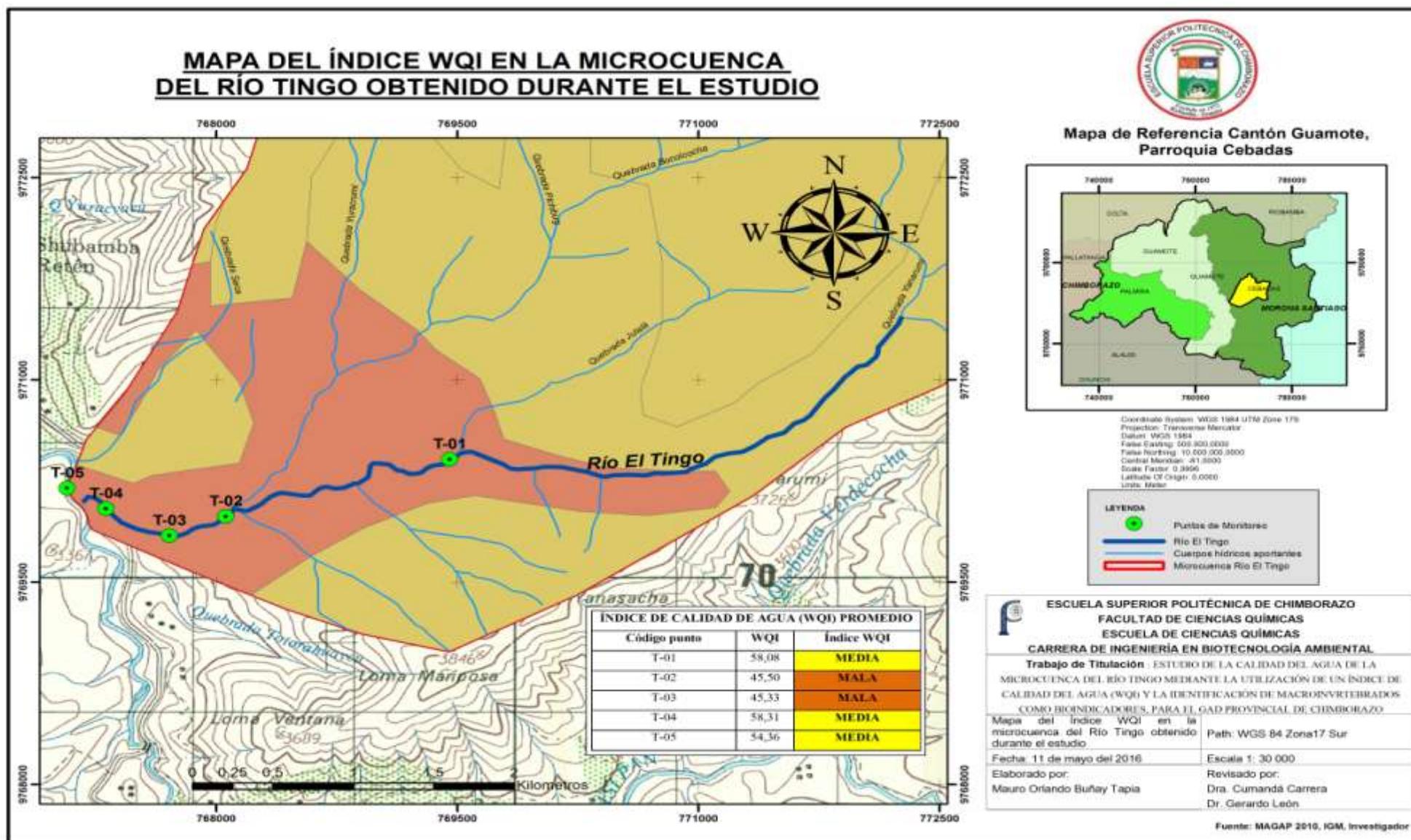
ANEXO B. Mapa Base de la Microcuenca del Río Tingo, límites geográficos, área, longitud principal, vías y afluentes secundarios.



ANEXO C. Mapa de Ubicación y distancia entre de los puntos de monitoreo dentro de la microcuenca del Río Tingo.



ANEXO D. Mapa del Índice WQI en la microcuenca del Río Tingo obtenido durante el estudio.



ANEXO F. Interpolación de temperatura y Oxígeno para obtener el porcentaje de Saturación de Oxígeno.

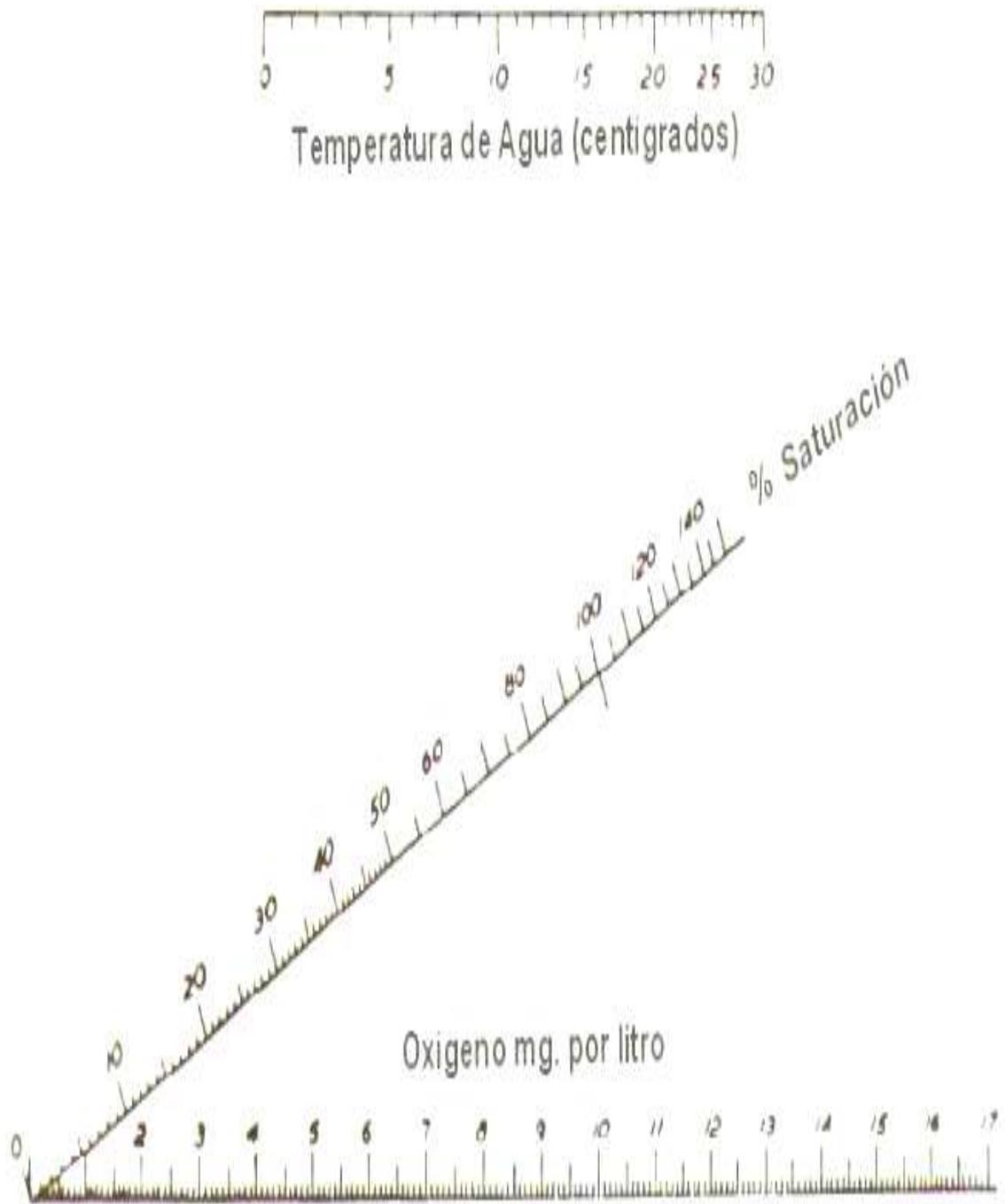


Figura 9: Nivel de saturación de oxígeno

ANEXO G. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

TABLA 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniaco	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ ^{="}	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural ± 0 – 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0

Continuación ANEXO G. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
*Productos para la desinfección		mg/l	0,1
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	1 000
Xilenos (totales)		µg/l	10 000
Pesticidas y herbicidas			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	µg/l	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	µg/l	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración	µg/l	5
	total de dicloropropano		
Diquat		µg/l	70
Glifosato		µg/l	200
Toxafeno		µg/l	5
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		µg/l	3
Dicloroetano (1,2-)		µg/l	10
Dicloroetileno (1,1-)		µg/l	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		µg/l	70
Dicloroetileno (1,2-trans)		µg/l	100
Diclorometano		µg/l	50
Tetracloroetileno		µg/l	10
Tricloroetano (1,1,1-)		µg/l	200
Tricloroetileno		µg/l	30
Clorobenceno		µg/l	100
Diclorobenceno (1,2-)		µg/l	200
Diclorobenceno (1,4-)		µg/l	5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,01
Bromoximil		µg/l	5
Diclorometano		µg/l	50
Tribrometano		µg/l	2

ANEXO H. Criterios de calidad admisible para aguas de uso agrícola.

TABLA 6. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante visible			Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Niquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	cero
Zinc	Zn	mg/l	2,0