



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA COMO
INDICADORES PARA LA CLASIFICACIÓN DEL AGUA DEL RÍO
CUTUCHI DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI Y EVALUACIÓN
DE LA INCIDENCIA DE LOS CENTROS POBLADOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS: JENIFFER BRIGEET MOYANO SHAGÑAY

ERIKA VANEZA PAREDES COQUE

DIRECTOR: Ing. JOHANNA ELIZABETH AYALA IZURIETA, MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2022, Jeniffer Brigeet Moyano Shagñay & Erika Vaneza Paredes Coque

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho los Autores.

Nosotras, Jeniffer Brigeet Moyano Shagñay y Erika Vaneza Paredes Coque declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de mayo del 2023



Jeniffer Brigeet Moyano Shagñay

C.I: 060593868-7



Erika Vaneza Paredes Coque

C.I: 050398468-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación. **APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA COMO INDICADORES PARA LA CLASIFICACIÓN DEL AGUA DEL RÍO CUTUCHI DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI Y LA EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DE LOS CENTROS POBLADOS** realizado por las señoritas: **JENIFFER BRIGEET MOYANO SHAGÑAY** y **ERIKA VANEZA PAREDES COQUE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Fernanda Rivera Velázquez, PhD. PRESIDENTE DE TRIBUNAL		30-05-2023
Ing. Johanna Elizabeth Ayala Izurieta, MsC. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR		30-05-2023
Ing. Andrés Agustín Beltrán Davalos, MsC ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR		30-05-2023

DEDICATORIA

Llegando al fin de esta maravillosa etapa de mi vida de tantos alegrías y tristezas dentro de mi vida estudiantil, quiero empezar agradeciéndole principalmente a Dios por todos los días maravillosos de vida que me regala por ser mi guía y luz en este largo camino. A mis padres, Héctor y Elena por haber sido mi motor y mi pilar fundamental, por convertirme en una mujer de bien, por darme ánimos para no decaer y siempre salir adelante a ustedes les debo todo lo que ahora soy, porque me han enseñado que nunca hay rendirse por más dura que sea la vida siempre hay que llegar a cumplir el objetivo y porque siempre me dieron lo que necesitaba y nunca me dejaron sola confiaron en mi dándome la oportunidad de ser alguien en la vida. A mis hermanos Hugo, Génesis e Ian, porque me inspiran día a día a seguir, por el amor que me brindan por ser esa compañía que necesito y para poder ser algún día su ejemplo a seguir. A mi familia y amigos que siempre han estado presente apoyándome incondicionalmente.

Jeniffer

Después de varios años de estudio, dedicación y constancia, ha llegado el momento de culminar una de las etapas más importantes de mi vida, el poder ser una profesional por la que me ha llevado noches de desvelo, alegrías y tristezas, por eso quiero agradecer a Dios por permitirme seguir adelante, por guiar mi camino en las buenas y en las malas y sobre todo por no desampárame en los momentos difíciles. A mis queridos padres, Edison y Sonia por haber sido mi apoyo incondicional, por confiar en mis conocimientos, por enseñarme el valor de la perseverancia, por acompañarme en mis noches de desvelo, por estar en los momentos malos y sobre todo por darme la oportunidad de ser alguien en la vida. A mis hermanos Kevin y Alex, quienes me impulsan a seguir adelanté y por el cual quiero cada día superarme y ser un día su ejemplo a seguir. A mi familia y amigos que siempre me alentaron con una palabra de motivación, por no permitir que me rindiera aun en los momentos difíciles.

Erika

AGRADECIMIENTOS

Queremos extender un agradecimiento especial a la ESPOCH por permitirnos adquirir todos los conocimientos necesarios y experiencias para la vida profesional. Al Grupo de Investigación para la sostenibilidad de cuencas hídricas (GISOCH) por permitirnos contribuir en sus proyectos, por motivarnos a la investigación y el cuidado del ambiente, especialmente el de los recursos hídricos. A la Ing. Johanna Ayala, directora de tesis y amiga quien nos brindó sus conocimientos para poder lograr esta investigación y por su tiempo ayuda. Al Ing. Andrés Beltrán, docente y amigo quien nos dio la gran oportunidad de descubrir la pasión por la investigación, por todo el tiempo y conocimiento compartido. Al Ing. Luis Patiño por su apoyo incondicional y sobre todo por ser el guía para la elaboración de nuestro trabajo investigativo. A la Dra. Gina Álvarez técnica del laboratorio de Calidad del Agua de la ESPOCH, por el acompañamiento durante los análisis de las muestras y su gran paciencia. A todos nuestros amigos que de forma voluntaria nos ayudaron en las salidas de campo y en los análisis de laboratorio.

Jeniffer & Erika

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO CONCEPTUAL	4
1.1. Antecedentes de la investigación.....	4
1.2. Referencias conceptuales.....	5
1.2.1. <i>Ventosas</i>	5
1.2.2. <i>Bioacumulación</i>	5
1.2.3. <i>Desarrollo industrial</i>	5
1.2.4. <i>Biomonitoreo</i>	5
1.2.5. <i>Bentos</i>	5
1.2.6. <i>Calidad del agua</i>	5
1.2.7. <i>Fuentes difusas o no puntuales</i>	6
1.2.8. <i>Fuentes puntuales</i>	6
1.3. Referencias teóricas	6
1.3.1. <i>Propiedades del agua</i>	6
1.3.1.1. <i>Parámetros fisicoquímicos</i>	6
1.3.1.2. <i>Parámetros microbiológicos</i>	7
1.3.2. <i>Contaminación del agua</i>	7
1.3.2.1. <i>Tipos de fuentes</i>	7
1.3.3. <i>Principales contaminantes del agua</i>	8
1.3.3.1. <i>Número de bacterias coliformes</i>	8
1.3.3.2. <i>Cantidad de oxígeno disuelto en el agua</i>	9
1.3.3.3. <i>Contaminación por sólidos suspendidos</i>	9
1.3.4. <i>Calidad del agua de ríos</i>	9

1.3.5.	<i>Contaminación de los ríos por la población</i>	9
1.3.6.	<i>Valoración del riesgo ambiental en los recursos hídricos</i>	10
1.3.6.1.	<i>Riesgo ambiental</i>	10
1.3.6.2.	<i>Principales metodologías de valoración de riesgo ambiental</i>	10
1.3.7.	<i>Contaminantes convencionales</i>	11
1.3.8.	<i>Contaminantes emergentes en los recursos hídricos</i>	11
1.3.8.1.	<i>Características de los contaminantes emergentes</i>	12
1.3.8.2.	<i>Tipos de contaminantes emergentes</i>	12
1.3.9.	<i>Bioindicadores</i>	12
1.3.9.1.	<i>Uso de bioindicadores en ecosistemas acuáticos</i>	13
1.3.10.	<i>Macroinvertebrados bentónicos</i>	13
1.3.10.1.	<i>Clasificación de los macroinvertebrados más comunes</i>	13
1.3.10.2.	<i>Deriva de macroinvertebrados y estrategias para mantener una población a pesar de la deriva</i>	16
1.3.10.3.	<i>Impactos al ecosistema fluvial que alteran la comunidad de macroinvertebrados</i> ..	17
1.3.11.	<i>Aplicación de índices</i>	18
1.3.11.1.	<i>Índice de diversidad</i>	18
1.3.11.2.	<i>Índices bióticos</i>	19
1.3.11.3.	<i>Índice ABI</i>	20
1.3.11.4.	<i>Índice QBR</i>	21
1.3.11.5.	<i>Índice IHF</i>	22
1.3.11.6.	<i>Índice de la Calidad del agua (ICA)</i>	22

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	24
2.1.	Localización del área de estudio	24
2.1.1.	<i>Tipo de relieve</i>	25
2.1.1.1.	<i>Superficies de aplanamiento</i>	25
2.1.1.2.	<i>Valles interandinos</i>	25
2.1.2.	Clima	27
2.1.2.1.	<i>Precipitación</i>	27
2.1.2.2.	<i>Temperatura</i>	27
2.1.2.3.	<i>Humedad Relativa</i>	28
2.1.3.	Agua	28
2.1.4.	<i>Impacto y niveles de contaminación en el entorno ambiental</i>	29

2.1.5.	<i>Componentes socioeconómicos</i>	29
2.1.5.1.	<i>Educación</i>	29
2.1.5.2.	<i>Salud</i>	29
2.1.5.3.	<i>Economía</i>	29
2.2.	Selección de los puntos de monitoreo	30
2.2.1.	<i>Diagnóstico de la línea base del río Cutuchi</i>	30
2.2.2.	<i>Selección de los puntos</i>	30
2.3.	Determinación de caudales	32
2.3.1.	<i>Determinación de la sección</i>	33
2.4.	Determinación del índice ABI	35
2.4.1.	<i>Muestreo de macroinvertebrados</i>	35
2.4.2.	<i>Recolección de macroinvertebrados bentónicas in situ</i>	35
2.5.	Determinación del Índice de Shannon Wiener	36
2.6.	Determinación del Índice de Simpson	37
2.7.	Determinación del Índice de Margalef	37
2.8.	Determinación del IHF	38
2.9.	Determinación del Índice BMWP/COL	38
2.10.	Determinación del Índice QBR	39
2.11.	Determinación del Índice ICA	39
2.11.1.	<i>Análisis de coliformes fecales</i>	40
2.11.2.	<i>Análisis del pH</i>	41
2.11.3.	<i>Análisis del DBO5</i>	41
2.11.4.	<i>Análisis de nitratos</i>	42
2.11.5.	<i>Análisis de fosfatos</i>	42
2.11.6.	<i>Análisis de la temperatura</i>	43
2.11.7.	<i>Análisis de la turbidez</i>	44
2.11.8.	<i>Análisis de los solidos suspendidos totales</i>	44
2.11.9.	<i>Análisis del Oxígeno Disuelto</i>	45
2.12.	Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua	45
2.12.1.	<i>Muestreo fisicoquímico</i>	45
2.12.2.	<i>Muestreo microbiológico</i>	46

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS	47
3.1.	Zonas de influencia dentro del río Cutuchi	47

3.2.	Caudales	48
3.2.1.	<i>Análisis del caudal en la época lluviosa del río Cutuchi</i>	49
3.2.2.	<i>Análisis del caudal en la época se sequía del río Cutuchi</i>	49
3.3.	Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico	50
3.3.1.	<i>Nitratos</i>	50
3.3.2.	<i>Nitritos</i>	52
3.3.3.	<i>Sulfatos</i>	53
3.3.4.	<i>Fosfatos</i>	54
3.3.5.	<i>Demanda química de oxígeno</i>	56
3.3.6.	<i>Demanda bioquímica de oxígeno 5</i>	57
3.3.7.	<i>Coliformes fecales</i>	58
3.3.8.	<i>Coliformes totales</i>	60
3.3.9.	<i>pH</i>	61
3.3.10.	<i>Conductividad eléctrica (CE)</i>	62
3.3.11.	<i>Oxígeno disuelto</i>	64
3.3.12.	<i>Temperatura</i>	66
3.3.13.	<i>Turbidez</i>	67
3.3.14.	<i>Sólidos suspendidos totales (SST)</i>	68
3.3.15.	<i>Potencial redox</i>	70
3.3.16.	<i>Salinidad</i>	71
3.4.	Índice de calidad del agua	73
3.5.	Índices ecológicos y biológicos	76
3.5.1.	<i>Índices Biológicos época seca y lluviosa</i>	76
3.5.1.1.	<i>ABI</i>	76
3.5.1.2.	<i>BMWP-COL</i>	78
3.6.	Índices ecológicos	80
3.7.	Índices de diversidad	82
3.8.	Índices de Shannon-Wiener, Simpson Y Margalef	87
	CONCLUSIONES	89
	RECOMENDACIONES	90
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Rangos de calidad según el índice BMWP/Col	20
Tabla 2-1:	Rangos de calidad según el índice ABI	21
Tabla 3-1:	Rango de calidad según el índice QBR.....	21
Tabla 4-1:	Rangos de calidad según el índice IHF.....	22
Tabla 5-1:	Clasificación del “ICA” propuesto por Brown en 1970.....	23
Tabla 1-2:	Ubicación Geográfica y características de los puntos de monitoreo de la cuenca del Río Cutuchi	32
Tabla 2-2:	Condiciones de contaminación	37
Tabla 3-2:	Niveles de calidad de hábitat fluvial	38
Tabla 4-2:	Niveles de calidad biológica del agua.....	38
Tabla 1-3:	Resultados del ion Nitrato (NO_3^-) del río Cutuchi.....	50
Tabla 2-3:	Resultados del ion Nitrito (NO_2^-) del río Cutuchi.....	52
Tabla 3-3:	Resultados del ion sulfato (SO_4^{2-}) río Cutuchi.....	53
Tabla 4-3:	Resultados del ion fosfato (PO_4^{3-}) en el río Cutuchi.....	55
Tabla 5-3:	Resultados del DQO en el río Cutuchi.....	56
Tabla 6-3:	Resultados del DBO en el río Cutuchi	57
Tabla 7-3:	Resultados de las coliformes fecales en el río Cutuchi	58
Tabla 8-3:	Resultados de las coliformes totales en el río Cutuchi.....	60
Tabla 9-3:	Resultados pH en el río Cutuchi	61
Tabla 10-3:	Resultados conductividad eléctrica del río Cutuchi	63
Tabla 11-3:	Resultados oxígeno disuelto del río Cutuchi.....	64
Tabla 12-3:	Resultados de la variación de temperatura río Cutuchi.....	66
Tabla 13-3:	Resultados turbiedad del río Cutuchi	67
Tabla 14-3:	Resultados solidos suspendidos totales del río Cutuchi.....	69
Tabla 15-3:	Resultados potencial redox del río Cutuchi	70
Tabla 16-3:	Resultados de la salinidad del río Cutuchi	71
Tabla 17-3:	Valores de concentración de los nueve parámetros contemplados para la obtención del ICA.....	73
Tabla 18-3:	Valores obtenidos de los nueve parámetros contemplados para la obtención del ICA.....	74
Tabla 19-3:	Resultados del ICA en los distintos puntos de muestreo	74
Tabla 20-3:	Resultados del ICA de acuerdo con la zona de muestreo	75

Tabla 21-3:	Índices biológicos ABI época seca y época de lluvia	76
Tabla 22-3:	Índices Biológicos BMWP-COL época seca y lluviosa	78
Tabla 23-3:	Índices ecológicos QBR-and e IHF	80
Tabla 24-3:	Macroinvertebrados colectados en el río Cutuchi.....	83
Tabla 25-3:	Resultados del Índice de Shannon-Wiener, Simpson y Margalef en la época de sequia	87
Tabla 26-3:	Resultados del Índice de Shannon-Wiener, Simpson y Margalef en la época de lluvia	88

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1:	Macroinvertebrado acuático	13
Ilustración 2-1:	Familia <i>Baetidae</i> encontrada en el río Cutuchi	14
Ilustración 3-1:	Larva de la familia Chironomidae (órdenes dípteros).....	16
Ilustración 1-2:	Ubicación del área de estudio.....	24
Ilustración 2-2:	Ubicación del área de estudio.....	31
Ilustración 7-2:	Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales	41
Ilustración 8-2:	Valoración de la calidad de agua en función del pH.....	41
Ilustración 9-2:	Valoración de la calidad de agua en función de la DBO5.....	42
Ilustración 10-2:	Valoración de la calidad de agua en función del nitrógeno.....	42
Ilustración 11-2:	Valoración de la calidad de agua en función del fosforo	43
Ilustración 12-2:	Valoración de la calidad de agua en función de la temperatura	43
Ilustración 13-2:	Valoración de la calidad del agua en función de la Turbidez.....	44
Ilustración 14-2:	Valoración de la calidad del agua en función de los Solidos Disueltos Totales	44
Ilustración 15-2:	Valoración de la calidad del agua en función del % de Saturación del Oxígeno disuelto	45
Ilustración 1-3:	Zonas de Influencia dentro de la provincia de Cotopaxi y a lo largo del río Cutuchi	47
Ilustración 2-3:	Resultados del caudal obtenido en los distintos monitoreos tanto en la época seca y época de lluvia a lo largo del río Cutuchi.....	48
Ilustración 3-3:	Resultados de la variación del del ion nitrato (NO_3^-).....	51
Ilustración 4-3:	Resultados de la variación ion Nitrito (NO_2^-)	52
Ilustración 5-3:	Resultados de la variación del ion sulfato (SO_4^{2-}).....	54
Ilustración 6-3:	Resultados de la variación del ion fosfato (PO_4^{3-})	55
Ilustración:7-3:	Resultados de la variación del DQO	56
Ilustración 8-3:	Resultados de la variación del DBO5.....	57
Ilustración 9-3:	Resultados de la variación del coliformes fecales.....	59
Ilustración 10-3:	Resultados de la variación de coliformes totales.....	60
Ilustración 11-3:	Resultados de la variación de pH	62
Ilustración 12-3:	Resultados de la variación de la conductividad eléctrica	63
Ilustración 13-3:	Variación de oxígeno disuelto.....	65
Ilustración 14-3:	Resultado de la variación de temperatura ambiente, en agua y diferencia de temperatura.....	66

Ilustración 15-3: Resultado de la variación de la turbidez.....	68
Ilustración 16-3: Resultado de la variación de los sólidos suspendidos totales.....	69
Ilustración 17-3: Resultado de la variación del potencial redox.....	70
Ilustración 18-3: Resultado de la variación de la salinidad	72
Ilustración 19-3: Resultado del ICA por las diferentes zonas de muestreo	75
Ilustración 20-3: Índice ABI en época lluviosa y época seca	77
Ilustración 21-3: Índice BMWP-COL en época seca y época de lluvia	79
Ilustración 22-3: Índices ecológicos QBR-and e IHF.....	80
Ilustración 23-3: Dendograma de similaridad con el índice de Euclidean empleando el programa estadístico Past, en base a los macroinvertebrados bentónicos recolectados en época de sequía del río Cutuchi.....	84
Ilustración 24-3: Dendograma de similaridad con el índice de Euclidean empleando el programa estadístico Past, en base a los macroinvertebrados bentónicos recolectados en época de lluvia del río Cutuchi	85

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ec.1-2	.....	32
Ec.2-2	.....	33
Ec.3-2	.....	33
Ec.4-2	.....	33
Ec.5-2	.....	34
Ec.6-2	.....	34
Ec.7-2	.....	34
Ec.8-2	.....	34
Ec.9-2	.....	36
Ec.10-2	.....	36
Ec. 11-2	.....	37
Ec. 12-2	.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ZONAS DE INFLUENCIA DENTRO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

ANEXO B: ZONAS DE DESCARGAS DIRECTAS Y DIFUSAS DENTRO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

ANEXO C: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE LA MEDICIÓN DE CAUDALES Y TOMA DE MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO CUTUCHI

ANEXO D: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE LA RECOLECCION E IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS

ANEXO E: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOSQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA.

ANEXO F: FICHA DE CAMPO PARA EVALUAR QBR-And

ANEXO G: FICHA DE CAMPO PARA EVALUAR EL ÍNDICE IHF

ANEXO H: MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN LA CUENCA DEL RÍO CUTUCHI

ANEXO I: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 1-ZONA DE MULALÓ

ANEXO J: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 2-ZONA DE TANICUCHI

ANEXO K: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 3-ZONA DE GUAYTACAMA

ANEXO L: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 4-ZONA DE JOSEGUANGO BAJO

ANEXO M: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 5-ZONA DE LATACUNGA

ANEXO N: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 6-ZONA DE LATACUNGA

ANEXO O: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 7-ZONA DE SAN MIGUEL

ANEXO P: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 8-ZONA DE PANZALEO

ANEXO Q: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 9-ZONA DE PANZALEO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
%OD	Porcentaje de oxígeno disuelto
pH	Potencial de hidrógeno
STD	Sólidos Disueltos Totales
UNT	Unidad nefelométrica de turbidez
UFC/100ml	Unidades Formadoras de Colonias por cada 100 mililitros
cm	Centímetros
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
mg/L	Miligramos por litro
mL	Mililitros
Q	Caudal
m³/s	Metros cúbicos por segundo
ICA	Índice de Calidad del Agua
ABI	Índice Biótico Andino
QBR	Índice de Calidad del Bosque de Ribera
IHF	Índice de Hábitat Fluvial
C.E	Conductividad Eléctrica
NO₂⁻	Ion Nitrito
NO₃⁻	Ion Nitrato
NH₃⁻	Nitrógeno Amoniacal
PO₄³⁻	Ion Fosfato
SO₄²⁻	Ion Sulfatos

RESUMEN

El crecimiento poblacional y las actividades antropogénicas han provocado que el río Cutuchi sea considerado uno de los cuatro ríos más contaminados del Ecuador es por eso que el objetivo del estudio fue evaluar la incidencia de los centros poblados en la calidad del agua del río Cutuchi, en dos periodos de tiempo una en época seca y otra de lluvia, para ello se identificaron las zonas de vulnerabilidad a descargas directas y difusas en las zonas de monitoreo, considerando las zonas de Mulaló, Tanicuchi y Latacunga las que presentan descargas de aguas residuales domesticas e industriales y las zonas de descargas difusas en Mulaló, Tanicuchi, Guaytacama, San Miguel y Panzaleo con actividades florícolas y ganaderas. Se aplicaron los índices ecológicos convencionales (parámetros físico-químicos y microbiológicos), los que determinaron las zonas y la cantidad de contaminación existente, en donde fosfatos, DQO, DBO5, coliformes fecales y OD tienen altos niveles de contaminación en todas las zonas de estudio, las zonas más contaminadas son San Miguel y Panzaleo. Los índices ecológicos no convencionales como Índice de habitat fluvial (IHF), Índice de Calidad de Bosque de Ribera (QBR-And) y el índice de calidad del agua (ICA) determinaron la calidad ambiental del río, las zonas más afectadas y la calidad del agua en las zonas de Guaytacama y San Miguel obteniendo una pésima calidad de agua y degradación extrema, y las zonas de Mulaló, Tanicuchi, Latacunga y Panzaleo con un inicio de alteración con una calidad intermedia de degradación a esto se le atribuye los análisis microbiológicos y fisicoquímicos realizados con un nivel de conservación regular. Se verifico la presencia de macroinvertebrados Bioindicadores, correspondientes a las familias *Hialellidae*, *Chironomidae* y *Hirudinea*. El sistema hídrico del río Cutuchi disminuye su conservación en áreas en donde se encuentra mayor número de actividades antropogénicas y zonas pobladas.

Palabras clave: <ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)>, <MACROINVERTEBRADOS>, <ÍNDICES ECOLÓGICOS>, <INDICE DE CALIDAD DE BOSQUE DE RIBERA (QBR-And)>, <INDICE DE HABITAT FLUVIAL (IHF)>, <INDICES CONVENCIONALES>, <INDICES NO CONVENCIONALES>, <BIOINDICADORES>.

1195-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

Population growth and anthropogenic activities have caused the Cutuchi River to be considered one of Ecuador's four most polluted rivers. The objective of the study was to evaluate the incidence of populated centres on the water quality of the Cutuchi River in two periods of time, one in the dry season and the other in the rainy season, for which the areas of vulnerability to direct and diffuse discharges in the monitoring zones, considering the areas of Mulalo, Tanicuchi and Latacunga which present domestic and industrial wastewater discharges and the zones of diffuse discharges in Mulalo, Tanicuchi, Guaytacama, San Miguel and Panzaleo with flower and livestock activities. Conventional ecological indices (physical-chemical and microbiological parameters) were applied, determining the areas and the amount of existing contamination where phosphates, COD, DB05, faecal coliforms and OD have high contamination levels in all study areas, the most contaminated areas are San Miguel and Panzaleo. Non-conventional ecological indices such as River Habitat Index (IHF), Riverside Forest Quality Index (QBR-And) and the Water Quality Index (ICA) determined the environmental quality of the river, the most affected areas and the quality of the river. The water in the areas of Guaytacama and San Miguel obtained a terrible quality of water and extreme degradation, and the areas of Mulalo, Tanicuchi, Latacunga and Panzaleo with a beginning of alteration with an intermediate quality of degradation. This is attributed to the microbiological analyzes and physicochemical tests carried out with a regular level of conservation. The presence of Bioindicator macroinvertebrates, corresponding to the *Hialellidae*, *Chironomidae* and *Hirudinea* families, was verified. The Cutuchi River water system decreases its conservation in areas where there is a more significant number of anthropogenic activities and populated areas.

Keywords: <WATER QUALITY INDEX (ICA)>, <MACROINVERTEBRATES>, <ECOLOGICAL INDICES>, <RIVERSIDE FOREST QUALITY INDEX (QBR-And)>, <RIVER HABITAT INDEX (IHF)>, <INDICES CONVENTIONALS>, <NON-CONVENTIONATL INDICES>, <BIOINDICATORS>



Ing. Paul Obregón. Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

El Ecuador está conformado por una importante red hidrográfica, con numerosos ríos que se originan principalmente de los elevados relieves andinos y vierten en dos cuencas: Amazonas y Pacífico (Liñero et al, 2016, p.69). Varios de estos ríos han presentado impactos antrópicos ocasionados por las diferentes actividades industriales, agrícolas, ganaderas, domestica entre otras.(Liñero et al, 2016, p.69). Uno de estos ríos es el Cutuchi que está ubicado en la provincia de Cotopaxi, las aguas de este fluvial están contaminadas por elementos naturales, por sales y por las actividades del ser humano (Barrera y Cepeda, 2020, p.21). Según el Diario La Hora (2019, p.1) “El río Cutuchi que abastece de agua a las provincias de Cotopaxi y Tungurahua tiene una evidente contaminación, debido al aumento de la población que se asienta en las riberas de los ríos, llevado de la mano con la actividad industrial que descarga distintos residuos contaminantes”. Para ello es importante realizar la caracterización de la calidad del agua con el fin de determinar la intensidad de la contaminación que existe, estas pueden ser de origen físico, químico o biológico, al igual que la capacidad de restituir de manera natural las propiedades o condiciones que posea antes de ser expuesto a los diferentes agentes contaminantes (Quiroz, 2017, p.42). además de los habituales análisis físico-químicos, se emplea el uso de indicadores biológicos que nos permitan establecer el estado ecológico de manera precisa., la utilización de dichos indicadores biológicos o bioindicadores se basa en el análisis de la alteración de la comunidad de organismos que habitan los ecosistemas fluviales frente a una perturbación determinada (Ladrera Fernández, 2012, p.25). Al evaluar la incidencia de los centros poblados de la cuenca del río Cutuchi se identificará los principales aspectos negativos con el fin de proponer medidas de prevención, en cuanto a la calidad del agua y sus ecosistemas en conjunto.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Planteamiento del problema

El crecimiento exponencial de la población y sus actividades han aportado a la contaminación de los recursos hídricos, representando un sin número de problemas para este tipo de ecosistema. Actualmente los cursos de agua de distintos ríos del Ecuador son utilizados como vertederos con el propósito de eliminar los desechos líquidos y sólidos de las áreas urbanas. Las aguas del río Cutuchi siguen un curso de norte a sur atravesando poblaciones, industrias y algunos centros poblados de la provincia de Cotopaxi, estos asentamientos descargan aguas residuales directamente al río, sin haber recibido tratamiento alguno. Paradójicamente, esta misma agua se emplea para el riego de cultivos y el consumo animal. Es decir, que los animales criados para producir leche y carne consumen agua contaminada. Las principales actividades comerciales que

se sitúan en los distintos centros poblados urbanos corresponden a industrias metalúrgicas, de papel, vulcanizadoras, curtiembres, talleres de ensamblaje, aglomerados, procesamiento de carnes, floricultoras, plásticos y embutidos. Según estudios previos los contaminantes que predominan en el agua son las Coliformes Fecales y los Fosfatos. Es importante destacar que en los diversos centros poblados que se encuentran en la cuenca del río Cutuchi, la información sobre la gestión y prevención del uso del agua es escasa, al igual que la falta de pronunciamiento por parte de los diferentes Gobiernos Autónomos Descentralizados provinciales".

Justificación

El agua es un recurso natural de importancia económica y social en el Ecuador, debido a que de este recurso depende el desarrollo de las actividades sociales, económicas, recreativas y vitales de la población, sin embargo, el mal uso de los recursos hídricos y su deterioro es preocupante ya que dichas fuentes están sometidas a diferentes actividades generadas por acción del hombre que causan impactos negativos (González, 2013, p.126). Según estudios realizados por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), y el Ministerio del Ambiente demuestran que el Cutuchi es un río muerto por las altas cargas contaminantes ubicándolo entre uno de los cuatro ríos más contaminados del Ecuador. La influencia antrópica que recibe el río Cutuchi se ve reflejada en este, debido a las diferentes actividades industriales, agrícolas y de los poblados, tanto urbanos como rurales, quienes descargan de forma directa aguas residuales (Gavilánez y Molina, 2013, p.2). Es importante tener en cuenta que, en la provincia de Cotopaxi, la mayoría de los GAD cantonales no disponen de plantas de tratamiento de aguas residuales, lo que desencadena la falta de cumplimiento de las regulaciones ambientales aplicables, lo que puede resultar en niveles de calidad de agua que superen los límites permisibles. Este estudio pretende evaluar la calidad del río Cutuchi en relación a los centros poblados de la provincia de Cotopaxi. Para ello, se emplearán índices de calidad del agua como indicadores y se analizarán las variables fisicoquímicas, biológicas, así como la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Se compararán los resultados obtenidos con estudios previos para obtener una imagen precisa de la situación actual. Este estudio proporcionará información relativa a la calidad del agua que será útil para los residentes de la provincia Cotopaxi, que podrán utilizarla como referencia para tomar decisiones. Además, esta información permitirá desarrollar estrategias para prevenir la contaminación del río y beneficiar a la comunidad en general.

El presente trabajo es desarrollado junto al Grupo de Investigación para la Sostenibilidad de Cuenas Hidrográficas (GISOCH) mediante los proyectos de investigación que administra como: Los Sistemas Lacustres en el Centro del Ecuador como fuente o sumidero de dióxido de carbono como determinantes para su conservación y Descontaminación del Río Pachanlica de la provincia de Tungurahua mediante técnicas integrales de restauración desde la planificación el seguimiento

y control. La información generada, mantiene propiedad intelectual compartida y garantiza la confiabilidad de resultados.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la incidencia de los centros poblados en la calidad del agua del río Cutuchi.

Objetivos específicos

- Definir las zonas de vulnerabilidad a descargas directas y difusas del río Cutuchi.
- Aplicar índices ecológicos convencionales y no convencionales en la calidad del agua del río Cutuchi.
- Calificar la aplicabilidad de los índices ecológicos en la calidad del agua del río Cutuchi.

CAPÍTULO I

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1. Antecedentes de la investigación

El Ecuador al ser un país diverso, tiene una importante red hidrográfica la misma que es utilizada para riego, consumo humano, entre otros. Sin embargo, se ha podido evidenciar, en los últimos años una contaminación severa, principalmente en los ríos, arroyos, lagos, lagunas. La Provincia de Cotopaxi tiene un territorio extenso con asentamientos poblacionales muy dispersos, al igual que contiene una importante red hidrográfica de las que se deriva afluentes que llegan a las distintas comunidades (GAD Provincial de Cotopaxi, 2018). Uno de los afluentes contaminados en la zona de Cotopaxi es el río Cutuchi principalmente por descargas puntuales domésticas, descargas del sistema de alcantarillado que aportan con contaminantes de tipo biodegradable y coliformes fecales propios de las aguas residuales de origen doméstico, además de grasas y aceites (GADM Latacunga, 2016b, p. 51).

Los ecosistemas acuáticos tienen una viabilidad reducida debido a diversas amenazas. Entre ellas se encuentran la concentración de asentamientos humanos sin un sistema adecuado de disposición de desechos sólidos y líquidos, especialmente en la Ciudad de Latacunga, así como la presencia de industrias, agroindustrias, floricultura y plantaciones de brócoli. Estas actividades producen desechos como soluciones y envases plásticos de agroquímicos, detergentes, grasas orgánicas e inorgánicas y residuos vegetales que terminan en cauces de ríos y canales de riego (GAD Provincial de Cotopaxi, 2018, p.7).

La Dirección Provincial de Ambiente de Cotopaxi con el apoyo técnico del Laboratorio CESTTA, realizó en mayo de 2013 y enero de 2014, dos monitoreos de la calidad de agua del Río Cutuchi, obteniendo como resultado: parámetros tensoactivos, DBO, DQO y boro, en cambio Talleres de diagnósticos parroquiales llevados a cabo por el GADPC entre Enero y Abril del 2011 Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cotopaxi Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi, indico un incremento y una disminución del oxígeno disuelto (GAD Provincial de Cotopaxi, 2018, p.2). Sin embargo, los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles y que persisten en todos los puntos de monitoreo son: Coliformes totales y fecales (GAD Provincial de Cotopaxi, 2018, p.4).

1.2. Referencias conceptuales

1.2.1. Ventosas

Una ventosa es un órgano con el que cuentan algunos macroinvertebrados como las larvas en la parte ventral y que utilizan generalmente para adherir, agarrar o succionar, pegarse fuertemente a la superficie de las rocas (Hanson et al , 2010, p.6).

1.2.2. Bioacumulación

La bioacumulación consiste en la capacidad de los organismos de acumular selectivamente contaminantes en sus tejidos respecto de las concentraciones existentes en el medio en que habitan (Díaz, 2001, p.15).

1.2.3. Desarrollo industrial

Este permite que la mano de obra se movilice de los sectores de productividad agotada hacia sectores de alta complicación relativa, si esto sucede la economía del sector revela un aumento paulatino de la productividad con variaciones (Palomino, 2017, p. 143).

1.2.4. Biomonitorio

Es un conjunto de técnicas que se basa en el principio de que una sustancia tóxica resulta perjudicial para los organismos vivos, mediante esto se determina la concentración de contaminantes tanto en el organismo como en el medio en el que habitan (Puente y Galecio, 2008, p.10).

1.2.5. Bentos

La palabra bentos se refiere a los organismos que habitan en la profundidad de los ríos y lagos, los mismos que se encuentran adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares (Isabel et al, 2015, p.41).

1.2.6. Calidad del agua

La calidad del agua es un valor ecológico esencial para la salud y el crecimiento económico, además es uno de los principales indicadores del desarrollo sostenible (Villena, 2018, p.307). Se la

puede definir como al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño (Perez et al., 2016, p.2).

1.2.7. Fuentes difusas o no puntuales

La contaminación difusa o no puntual se refiere aquellas descargas que se producen sin que se puedan localizar, dónde se originó o quién fue el responsable de la contaminación, ni cuánto contribuyó a ésta, afectando a los cuerpos de agua que llegan al río por medio de escorrentías (Aguilar, 2007, p.205).

1.2.8. Fuentes puntuales

La contaminación puntual es cuando se descargan agentes contaminantes en lugares o localizaciones específicas (Guadarrama et al., 2016, p.3).

1.3. Referencias teóricas

1.3.1. Propiedades del agua

El agua es uno de los elementos vitales más indispensable, cuyas propiedades han facilitado el desarrollo de la vida en nuestro planeta, además se caracteriza por ciertas propiedades que la diferencian de los demás líquidos, ya que posee propiedades físicas, químicas y biológicas que mediante análisis de laboratorio nos permite conocer las principales propiedades del agua (Trevizan, 2011, p.169).

1.3.1.1. Parámetros fisicoquímicos

Los estudios de los parámetros fisicoquímicos de las fuentes de agua, especialmente de los ríos, constituyen un requisito necesario e indispensable para evaluar la calidad de un cuerpo hídrico. El análisis de componentes principales (ACP) identificó que los parámetros fisicoquímicos que determinan el comportamiento de la calidad del agua son los siguientes: la conductividad, sólidos disueltos totales y los sulfatos en el primer componente; los nitritos en el segundo, y los sólidos suspendidos totales (Saldaña et al., 2011, p.121).

1.3.1.2. Parámetros microbiológicos

Los parámetros microbiológicos son de gran importancia al momento de evaluar la calidad del agua, mediante este análisis se determina si el agua es apta o no para consumo humano, esto va de la mano con la presencia de microorganismos patógenos, las aguas residuales contienen una gran variedad de microorganismos: virus, bacterias, hongos, protozoos y nematodos, que suelen ser causantes de diversas clases de riesgos como enfermedades, infecciones, contaminación, entre otros (Ríos et al., 2014, p.25).

1.3.2. Contaminación del agua

La contaminación del agua es cualquier alteración que puede producir ya sea un cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto perjudicial en cualquier organismo vivo que consuma o habite en ella (Guadarrama et al., 2016, p.2). Según la Organización Mundial de la Salud el agua está contaminada “cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural”.

1.3.2.1. Tipos de fuentes

- Fuentes Naturales

Las fuentes de contaminación del agua pueden ser naturales conocidas como geoquímicas o artificiales, las fuentes naturales son muy dispersas y no provocan concentraciones altas, con excepción de lugares específicos o condiciones específicas (Encinas, 2011, p.48). Los cuerpos de agua como ríos, mares, lagos tienen la capacidad de auto purificación debido a que poseen un volumen de agua significativo, además por la cantidad de bacterias y organismos que contienen, los cuerpos caudalosos tienen la ventaja de diluir un contaminante hasta que dicho contaminante no perjudique a los organismos, además contienen elevadas cantidades de oxígeno el cual es fundamental para que las bacterias descompongan los contaminantes que llegan al cuerpo de agua, de otra forma, si las cantidades de contaminantes son elevadas y no pueden ser descompuestos por los microorganismos, dichos contaminantes permanecen en el agua evitando el crecimiento de la flora y la fauna natural (Junta de Calidad Ambiental, 2003, pp.2-3).

- Fuentes antropogénicas

Según Encinas (2011, p.48) “La contaminación antropogénica se concentra en zonas concretas (industrias, ciudades, agricultura y ganadería)”. Los recursos hídricos se ven afectados tanto de

manera natural como por la actividad del hombre en su diario vivir, las cuales son recolectadas en los sistemas de alcantarillado o vertidas directamente a los cuerpos hídricos (Osorio et al, 2021, p.231).

- Descargas Domesticas

Son aquellas descargas que provienen de las actividades del hombre, en la que la mayoría son recolectadas en los sistemas de alcantarillado caso contrario de no disponer de este sistema son vertidas directamente en los cuerpos hídricos (Villanueva et al, 2013, p.4)

- Descargas Industriales

La industria es una de las principales fuentes de contaminación del agua, debido a que produce contaminantes que son extremadamente peligrosos para los humanos y para ambiente (Tejas, Rosendo et al, 2016, p.3). Una gran parte de los efluentes industriales son descargados a los sistemas de alcantarillado municipales los mismos que posteriormente son depositados bajo un tratamiento previo en otro cuerpo hídrico (Correa y Rozas, 2006, p.21).

- Desperdicios agrícolas

Son aquellos desperdicios que se originan de la agricultura debido al excesivo uso de agroquímicos que son arrastrados a los ríos por lo general por escorrentía, otra de las actividades son los desechos animales (Aguilar, 2007, p.206).

1.3.3. Principales contaminantes del agua

Existe una gran variedad de agentes contaminantes en el agua en la que se clasifican por diversos criterios a continuación se indica los principales parámetros.

1.3.3.1. Número de bacterias coliformes

Las coliformes suelen estar presentes en las plantas, suelo y los animales, incluyendo en el ser humano, sin embargo, también están presentes en el agua, esto puede ser una señal de que los ríos están contaminados con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición, estas bacterias se encuentran en la parte superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Chacón,1991, p.1). Estas bacterias coliformes provienen de las descargas de efluentes de los sanitarios, de los hogares

domésticos, negocios así como de los mismos sistemas de alcantarillado (Junta de Calidad Ambiental, 2003, p.7).

1.3.3.2. Cantidad de oxígeno disuelto en el agua

Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos, para fijar el material orgánico biodegradable presente en el residual, en condiciones aerobias (Navarro, Lloréns y Marcelina, 2005, p.2). Los niveles de oxígeno disuelto dependen de la actividad física, química y bioquímica, además los parámetros de temperatura, la salinidad y la presión, cuando el agua posee una temperatura baja se solubiliza más oxígeno que a una temperatura promedio, mientras que la salinidad disminuye y la solubilidad y la presión aumentan, otro aspecto importante que influye directamente en la cantidad del oxígeno disuelto es la turbulencia, es decir a mayor turbulencia mayor será la cantidad de oxígeno disuelto (Maisterrena, 2018, p.209).

1.3.3.3. Contaminación por sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos corresponden a aquellas partículas superiores a un micrómetro que se encuentran en los cuerpos de agua, estas partículas provienen de varios factores tanto ambientales como antrópicos que llegan al agua por escorrentía, dependiendo de la inclinación del terreno, la vegetación o simplemente son descargas que se realizan directamente al agua (c, 2016, p.34). Una consecuencia de tener una elevada carga de sólidos suspendidos es que provoca turbiedad en los cuerpos de agua (Junta de Calidad Ambiental, 2003, p.9).

1.3.4. Calidad del agua de ríos

Los ríos comúnmente experimentan un deterioro en su calidad, debido a que es el principal receptor de efluentes provenientes de centros poblados, zonas industriales, actividades agropecuarias y escorrentías (Quiroz et al., 2017, p.42). La calidad del agua de un río viene determinada por la presencia de factores físico-químicos tales como pH y conductividad, cantidad de sales y de la presencia de fertilizantes (Villafuente y Quishpi, 2016, p.22).

1.3.5. Contaminación de los ríos por la población

El crecimiento poblacional trae consigo un sin número de problemas, empezando por la falta de empleo, la educación, la salud y nutrición, pero también perjudica al medio ambiente uno de estos es el uso de los recursos y la generación de desperdicios y contaminantes (Rodríguez et al., 2012, p.143). En los últimos años se ha visto un incremento en el desarrollo industrial, la agricultura y

ganadería, que al realizar sus actividades económicas o domésticas, mismas que generan desechos líquidos y sólidos directamente enviadas al río ya sea como aguas servidas o aguas negras y en varias ocasiones sin ningún tratamiento previo, además no cumplen con las normas establecidas (Correa y Rozas, 2022, p.21). Si bien el desarrollo industrial eleva el nivel socioeconómico y mejora la calidad de vida de la población, también es capaz de ocasionar importantes modificaciones del entorno y diversas formas de contaminación del agua (Suárez y Molina, 2014, p.358).

1.3.6. Valoración del riesgo ambiental en los recursos hídricos

La gestión de los recursos hídricos depende de los sistemas sociales, económicos y ambientales, se requiere de la toma de decisiones concretas a problemas concretos y para ello es indispensable la comprensión del riesgo ambiental que hoy en día atraviesa los recursos hídricos (Carlos et al, 2009, p.79). El análisis de riesgo hace referencia a una evaluación de riesgos en la que además de la evaluación, el análisis incluye métodos para obtener resultados favorables, además los riesgos muestran una respuesta de control, reducción o eliminación utilizando la información producida en el proceso de evaluación y el análisis (Lafargue y Cárdenas, 2016, p.216).

1.3.6.1. Riesgo ambiental

Para Lafargue y Cárdenas (2016, p.215) el riesgo ambiental es “La probabilidad de sufrir un daño por la exposición a un peligro y hace referencia a una sustancia o a una acción que puede causar daño”. El análisis del riesgo ambiental es una forma de evaluar los peligros asociados al agua, suelo y aire con el fin de tomar decisiones con respecto a la gestión de riesgos y comunicación (Osorio & Sanabria, 2017, p.80). Un aspecto importante dentro del riesgo ambiental es la valoración económica porque permite establecer herramientas para la investigación de los puntos críticos sean afectados social y ambientalmente, también dependerá del costo de tratamiento y de prevención (Osorio & Sanabria, 2017, p.81). Sin embargo existe una deficiencia por parte de la gestión y control de contaminación o degradación ambiental, debido al aumento exponencial de la contaminación de ríos, lagos ocasionados principalmente por basuras y aguas residuales, que generan aspectos negativos, poniendo en riesgo los cuerpos hídricos, además facilita la propagación de desastres naturales obteniendo como resultado la disminución tanto en calidad como en cantidad del agua (Vallejo et al, 2019, p.268).

1.3.6.2. Principales metodologías de valoración de riesgo ambiental

La valoración del riesgo buscara la suficiente información acerca de las situaciones de riesgo con el fin de estimar su probabilidad de ocurrencia (Joel, 2017, p.7). La metodología que se emplea para

evaluar los riesgos no siempre es la misma debido a que algunos pueden ser difíciles de cuantificar u otros requieren de un diagnóstico numérico (Joel, 2017, p.19).

A continuación, se indica la metodología empleada en la evaluación de riesgos ambientales:

- Identificación de peligros
- Estimación de consecuencias
- Intensidad y extensión del probable daño
- Estimación del daño
- Valoración y caracterización del riesgo ambiental

1.3.7. Contaminantes convencionales

Los contaminantes convencionales son aquellos que más se han estudiado referente a la contaminación del agua y que se han identificado con los sólidos, DBO5, DQO, nitrógeno, fósforo, conductividad, cloruros, sulfatos, fenoles, algunos metales pesados, etc., es decir los parámetros físico-químicos rutinarios y de los que comúnmente son eliminados de las aguas residuales (Santateresa y Lahora, 2009, p.43). Los tratamientos para la eliminación de estos contaminantes convencionales son físicoquímicos dentro de estos están los tratamientos primarios como la coagulación, floculación, etc., al igual que de tratamientos secundarios con el uso de filtros, reactores entre otros, por último requieren de un tratamiento terciario los más utilizados son la eliminación por precipitación química y tratamientos de oxidación-reducción con el fin de obtener y cumplir con los reglamentos establecidos y para que posteriormente estas aguas residuales sean depositadas a su destino final que pueden ser ríos, arroyos, sin embargo los tratamientos convencionales usados suelen no ser suficientes para la eliminación de los contaminantes emergentes (Perez, 2020, p.19).

1.3.8. Contaminantes emergentes en los recursos hídricos

Al hablar de contaminantes emergentes se hace referencia a los productos que son utilizados para el cuidado de la salud en las personas o para el desarrollo de los animales, es decir que tienen origen y naturaleza química (Peña y Castillo, 2015, p.30), según estudios previos se ha demostrado que este tipo de contaminantes están presentes en aguas residuales, ríos, arroyos, aguas subterráneas y entornos marinos (Peña y Castillo, 2015, p.30), sus concentraciones son mínimas y se consideran contaminantes perjudiciales para la salud y el medio ambiente, ya que pueden causar efectos en los organismos, tales como toxicidad crónica, disrupción endocrina y bioacumulación (Patiño et al., 2014, p.2).

1.3.8.1. Características de los contaminantes emergentes

Una característica principal de los contaminantes emergentes es que no necesariamente deben estar presentes en el medio para causar efectos negativos (Janet et al, 2012, p.53), las rutas principales de estos contaminantes son las aguas residuales especialmente de residuos hospitalarios, domésticos, de las actividades agrícolas y ganaderas, sin embargo pese a que las aguas residuales reciben un tratamiento previo, estos contaminantes permanecen en los efluentes de las plantas de tratamiento de agua, debido a que no están diseñadas para tratar este tipo de sustancias, ya que sus metabolitos no sufren cambios logrando así incorporarse al medio acuático (Peña y Castillo, 2015, p.32).

1.3.8.2. Tipos de contaminantes emergentes

Existe una extensa variedad de contaminantes emergentes, debido a su estructura química, la falta de información con relación a los mecanismos de transporte y transformación y sus efectos en la salud (Arbeláez, 2016, p.3)

Para Arbeláez (2016, p.5) los tipos de contaminantes emergentes más comunes presentes en el agua son los siguientes :

- Fármacos
- Tensoactivos
- Productos del cuidado personal
- Aditivos y agentes industriales
- Edulcorantes
- Sustancias ilícitas

1.3.9. Bioindicadores

Los bioindicadores son técnicas de medición que indican información de la calidad del ambiente y de las condiciones actuales de un organismo o ecosistema (García et al, 2017, p.49), es decir un bioindicador es una especie o un grupo de especies, ya sean animales, vegetales o microorganismos, que son sensibles a varios factores medioambientales de origen biótico o abiótico que indican la presencia de contaminantes o alguna alteración a su ecosistema (Isabel et al, 2015, p.40). La calidad del agua hoy en día también es evaluada por los bioindicadores, especialmente en ecosistemas acuáticos ya sean ríos, lagos, arroyos, corrientes marianas, etc. (García et al, 2017, p.48)

1.3.9.1. Uso de bioindicadores en ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos están formados por una gran variedad de organismos que interactúan con el medio, que a su vez pueden actuar de manera positiva y en otros casos negativa, es decir que afectan la abundancia, composición, productividad y condición fisiológica de los seres que habitan en el agua (Vallarino et al, 2014, p.178). Estos bioindicadores son seleccionados de acuerdo al monitoreo y ecosistema de estudio, sin embargo, en los cuerpos de agua lo más frecuente ha sido el uso de macroinvertebrados bentónicos, algas, y peces (García et al, 2017, p.50).

1.3.10. Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados bentónicos son organismos bentos que se utilizan con el fin de evaluar la calidad del agua, principalmente debido a que son organismos sensibles ante cualquier situación de estrés (Quishpi et al, 2018, p.3). El tamaño de los macroinvertebrados bentónicos no supera los 0,5 mm y entre ellos existe una gran variedad de especies las más conocidas son: platelmintos (planarias), anélidos (gusanos segmentados), moluscos (caracoles) y principalmente artrópodos (insectos, arácnidos y crustáceos) (Isabel et al, 2015, p.41). Los macroinvertebrados vive tanto en aguas loticas y aguas lenticas (Jacobo et al., 2020, p.577).



Ilustración 1-1: Macroinvertebrado acuático

Fuente: (Salas, 2020).

1.3.10.1. Clasificación de los macroinvertebrados más comunes

- *Efemerópteros*

El orden de los efemerópteros es un grupo de frágiles insectos exclusivamente acuáticos y relativamente primitivos, una característica importantes es que presentan un estadio terrestre volador previo al del adulto sexualmente maduro (Flowers, 2010, p.63). Los insectos más conocidos son las ninfas que se encuentran en casi todo tipo de cuerpos de agua, aunque en mayor

abundancia y diversidad en ríos y arroyos de fondos rocosos (Flowers, 2010, p.63). En algunas especies, especialmente en el de las familias *Baetidae* y *Leptophlebiidae* los machos poseen ojos altamente desarrollados para reconocer visualmente a las hembras, los cuales se pueden apreciar inclusive en las ninfas maduras (Flowers, 2010, pp.63-64). Otra característica de las ninfas de los efemerópteros es que poseen una respiración hidropnéustica, más que nada por medio de branquias (agallas) externas. Sin embargo, en los *Baetidae* y otras especies pequeñas de aguas bien oxigenadas, la mayor parte de la respiración ocurre a través de la piel de la ninfa, en algunas especies, las branquias también sirven para crear corrientes de agua en sus madrigueras, como accesorios de agarre en las rocas o como estructuras osmoregulatorias (para el intercambio de sales). El orden *Ephemeroptera* ha sido considerado por muchos autores como uno de los órdenes más sensibles a la contaminación del agua, junto con *Plecoptera* y *trichoptera*, siendo las familias *Baetidae*, *Caenidae* y *Leptohyphidae*, las que presentan tolerancias amplias a la temperatura y, hasta cierto punto, a la contaminación. Sin embargo, ninguna especie de *Ephemeroptera* puede sobrevivir niveles altos de contaminación (Flowers, 2010, p.64).



Ilustración 2-1: Familia *Baetidae* encontrada en el río Cutuchi

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

- *Plecópteros*

El orden *Plecoptera*, también conocido como moscas de la piedra, es un grupo relativamente pequeño de insectos se caracterizan principalmente por tener dos cercos terminales, branquias torácicas y un par de uñas en cada pata (Gutiérrez, 2010, p.139). Se alimentan de cualquier otro organismo acuático que puedan atrapar, principalmente de ninfas de *Ephemeroptera* y larvas de Díptera de las familias *Chironomidae* y *Simuliidae*, presentan una respiración tipo hidropneustica, obteniendo el oxígeno directamente del agua, lo que consiguen con numerosas branquias (con algunas excepciones) (Gutiérrez, 2010, p.141). Otra característica importante que poseen los plecópteros es su respuesta a cambios en el ambiente, ya que su sensibilidad generalmente los

convierte en indicadores de excelente calidad del agua. Esta situación hace que se les incorpore en índices biológicos de calidad de aguas superficiales. En la mayoría de los índices, los plecópteros están dentro de los organismos más sensibles a los impactos negativos en el ambiente (Gutiérrez, 2010, p.141; citado en Stewart & Stark, 2008).

- *Odonatos*

Los odonatos son conocidos como libélulas y caballitos del diablo, los adultos no están obligados a vivir en las afueras del agua, pero las larvas son acuáticas sin excepción. Las larvas de todas las especies de odonatos son zoófagas, atacan a diferentes animales con los que comparten territorio, como oligoquetos, efemerópteros o dípteros e incluso pueden llegar a atacar a renacuajos y alevines de peces. Con este fin depredador, el labro está transformado en un órgano prensil o máscara dentada que es desplegado bruscamente y lanzado hacia adelante para capturar las presas, que quedan atrapadas en los ganchos móviles de las piezas bucales. Pueden vivir en una amplia variedad de hábitats, pero son más frecuentes en las zonas con poca velocidad de corriente de los cursos fluviales, como remansos o en pequeñas lagunas (Ladrera, 2012, p.26).

- *Coleópteros*

Constituyen el mayor grupo de insectos, y quizás el más evolucionado. Solo alrededor del 15% de las especies son acuáticas. Esta adaptación al medio acuático puede ocurrir en diferentes etapas del ciclo de vida, así en algunas poblaciones las larvas y los adultos son acuáticos, mientras que en otras son solo una de dos etapas. Su dieta es muy diversa, y la calidad del agua no suele ser un factor determinante en la distribución de muchos hogares de este grupo (Ladrera, 2012, p.27).

- *Dípteros*

Los dípteros, son uno de los órdenes de insectos más complejos, abundantes y ampliamente distribuidos en el mundo (Rojas et al., 2018, p.18). Los dípteros acuáticos habitan en más tipos de agua que cualquier otro grupo de insectos, su biología es sumamente diversa y las larvas son muy variables en su morfología, aunque nunca poseen patas verdaderas (articuladas) en el tórax (Hanson, 2010, p.17). La familia *Chironomidae* constituye parte importante de la biomasa de los ambientes lóticos y lénticos y tiene un papel determinante en los ciclos tróficos y el procesamiento de los detritus (Roldán-Pérez, 2016, p.258; citados en Ospina et al. 1999; p. 1999).



Ilustración 3-1: Larva de la familia *Chironomidae* (órdenes dípteros)

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

- *Tricópteros*

El orden *Trichoptera* pertenece al grupo de órdenes de insectos, en los cuales la totalidad de las especies depende del medio acuático para su desarrollo, el tamaño de los adultos varía entre 2 a 30mm, y la mayoría son de colores oscuros (café-negros), aunque las especies de algunos géneros poseen colores claros (blanco, amarillo o verde). También hay especies de varias familias como: *Leptoceridae*, *Calamoceratidae*, *Hydropsychidae*, que presentan coloraciones un poco más llamativas, con distintos patrones de manchas en sus alas, el comportamiento más llamativo que poseen los *tricópteros* es el de construir refugios o casitas, la respiración de las larvas se da por medio de la piel o, en algunas familias, mediante branquias abdominales. Debido a su gran diversidad y el hecho que las larvas poseen distintos rangos de tolerancia, según la familia o el género al que pertenecen, son muy útiles como bioindicadores de la calidad de agua y la salud del ecosistema, la gran mayoría de las especies son sensibles a la contaminación del agua y a la alteración de su hábitat, incluyendo las zonas de las riberas (Springer, 2010, pp.151-153).

1.3.10.2. *Deriva de macroinvertebrados y estrategias para mantener una población a pesar de la deriva*

Para Ladrera, (2012, p.28), unos de los aspectos fundamentales en el ciclo de vida de los macroinvertebrados es la deriva, que se define como el transporte y arrastre de organismos por la corriente de un río. Con el fin de evitar las pérdidas poblacionales por la deriva, los macroinvertebrados han desarrollado diferentes estrategias, como:

- el remonte del río de las hembras adultas voladoras para depositar los huevos aguas arriba
- tasas elevadas de reproducción que compensen las pérdidas de individuos
- migración hacia las orillas o hacia el flujo subterráneo

- estrategias morfológicas que permitan resistir el arrastre del agua.

1.3.10.3. Impactos al ecosistema fluvial que alteran la comunidad de macroinvertebrados

- Contaminación del agua

La contaminación del agua constituye una crisis mundial, a pesar de que existen varias Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales que disminuyen el impacto de las descargas puntuales provenientes de las industrias y centros poblados, además también están presentes las descargas difusas que aportan a la contaminación del agua, es así que las sustancias tóxicas que llegan a los cuerpos de agua provocando un impacto sobre la comunidad de macroinvertebrados y la biota en general (Ladrera, 2012, p.28).

- Eutrofización

La eutrofización es un proceso de deterioro de la calidad del agua, que se origina por el enriquecimiento de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo (Ledezma et al, 2013, p.420), provenientes de las actividades agroganaderas y fosfatos procedentes de detergentes, la utilización de estos ha provocado grandes impactos ecológicos, sanitarios y económicos a nivel mundial (García y Miranda, 2018, p.357), como consecuencia provoca un descenso de las concentraciones de oxígeno en el agua, que limita el asentamiento de gran cantidad de macroinvertebrados (Ladrera, 2012, p.28).

- Alteraciones morfológicas

Los macroinvertebrados habitan en distintos sustratos del agua, como pueden ser en los sedimentos, rápidos, sombras, grandes bloques, raíces de árboles, plantas acuáticas, piedras, llanuras de inundación, etc. Es por eso que cualquier tipo de alteración que provoque una homogenización del cauce y la eliminación de muchos de estos hábitats, como la construcción de escolleras o canalizaciones, provocará en último término una disminución de la diversidad de macroinvertebrados y el consiguiente empobrecimiento del ecosistema (Ladrera, 2012, pp.28-29).

- Alteraciones del régimen del caudal

Los ríos se caracterizan por la variación temporal y espacial en la magnitud, frecuencia, duración, momento y tasa de cambio de sus caudales, estas características modifican los rasgos de las especies que los habitan, así como la estructura de sus procesos ecológicos y la productividad de

sus comunidades acuáticas y ribereñas, usualmente mantener la variabilidad del caudal resulta fundamental para conservar los procesos ecológicos y de las comunidades biológicas (Puig et al., 2017, p.94). El caudal puede verse afectado además por las actividades del hombre como por ejemplo: la toma de agua para regadíos, para las hidráulicas y embalses, las cuales modifican el hábitat de los seres vivos, puesto que las especies autóctonas han desarrollado estrategias de vida adaptadas al flujo natural (Ladrera, 2012, p.29).

- Alteraciones del bosque de ribera

Los bosques de ribera están formados por ecosistemas forestales, es decir especies leñosas, constituyendo bosques multiestratificados, con un gran número de taxones de diversos tipos fisionómicos y fitosociológicos (Rodríguez, et al., 2008, p.127). Los bosques de ribera cumplen un papel muy importante dentro del ecosistema fluvial como por ejemplo: la estabilización de los márgenes; la retención de sedimentos y, con ello, la reducción del poder erosivo del río; la creación de hábitats y refugio para todo tipo de especies animales, incluidos macroinvertebrados; y la retención de nutrientes y contaminantes antes de que entren en el cauce, además, proporcionan alimento y sombra al río, favoreciendo la aparición de nuevos microhábitats e impidiendo la proliferación excesiva de algas (Ladrera, 2012, p.29).

1.3.11. Aplicación de índices

El uso de los bioindicadores especialmente el de los macroinvertebrados acuáticos se ha vuelto común y con el ello la aplicación de varios índices que complementan el estudio de los distintos ecosistemas, los más usados son el índice WQI Y BMWP (Isabel et al, 2015, p.51).

1.3.11.1. Índice de diversidad

Los índices de diversidad son aquellos que combinan tres componentes: el número, la riqueza y la abundancia de las especies (Covarrubias y Bouza, 2005, p.188), el propósito de estos índices es indicar una respuesta de una comunidad a la calidad del ambiente en el que se desarrollan, suponiendo que hay mayor cantidad de especies, cuando existe una distribución uniforme y una cantidad alta de individuos en un ambiente que no presenta ningún tipo de alteración (García et al, 2017, p.52).

A continuación, se indican los índices de diversidad más usados:

- Índice de Shannon-Wiener

El Índice de Shannon-Wiener es el más utilizados para cuantificar la biodiversidad, este índice refleja la diversidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Pla, 2006, p.583), y básicamente define la medida del grado de incertidumbre con respecto a la selección aleatoria de cualquier individuo en la comunidad, es decir, hace mención a la diversidad máxima ($H_{max} = \ln S$) donde las especies están igualmente presentes (Pla, 2006, p.584). La equidad de Shannon-Wiener adquiere valores de 0 cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S cuando todas las especies tienen el mismo número de individuos (Quishpi et al ,2018, p.8).

- Índice de Simpson

El índice de Simpson mide la probabilidad de que dos individuos de la población que han sido extraídos al azar sean de la misma especie, es decir que si se obtiene valores altos indican dominancia de alguna especie, por otra parte para medir la diversidad se utiliza el complementario del índice de Simpson, ya que varía de 0 a 1 indicando valores próximos a 1 mayor diversidad (Río, Montes y Montero, 2003, p.166).

- Índice de Margalef

El índice de Margalef transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra, este índice supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Moreno, 2001. p.26). El índice de Margalef indica que los valores inferiores a 2 representan zonas de baja diversidad y, valores superiores a 5 indican una alta biodiversidad en una zona específica (Quishpi, 2018, p.8).

1.3.11.2. Índices bióticos

Los índices bióticos combinan grupos taxonómicos teniendo en cuenta sus niveles de tolerancia y sensibilidad en un solo índice, el primer índice empleado y de mayor aplicación es el índice biótico de Trent que fue base fundamental para el desarrollo de otros índices, este índice de Trent está basado en la sensibilidad de grupos claves a la contaminación y en el número de grupos compuestos en una muestra. Un valor de 10 indica una buena calidad del agua y el valor decrece a medida que se incrementa la contaminación (García et al, 2017, p.53).

- Índice Biótico de Familias

El Índice Biótico de Familias (IBF) fue perfeccionado por Hilsenhoff en 1998, quien resumió las diferentes tolerancias de una comunidad de macroinvertebrados bentónicos en un único valor, los valores de tolerancia los específico para cada familia taxonómica por ponderación de la abundancia relativa (Cárdenas et al, 2017, p.588), este índice se utiliza con frecuencia para analizar el agua de los ríos de alta montaña. Según, Figueroa et al, (2003, p.276) es un buen indicador para estimar la calidad de los ríos de cuencas agrícolas y ganaderas.

- Índice BMWP/BOL

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) se desarrolló en Inglaterra el año 1970, como un método simple que asigna un puntaje a todos los grupos de macroinvertebrados identificados al nivel de familia, teniendo como requisito datos cualitativos de presencia o ausencia, el puntaje asignado va de 1 a 10 de acuerdo a la tolerancia a la contaminación, en este caso las familias más sensibles reciben una puntuación de 10 y las menos sensibles 1, además es un método sencillo y fácil ya que este índice requiere la identificación a nivel de la familia y el valor se obtiene por la suma de puntuación correspondiente a cada familia que habita en el tramo u objeto de estudio (Jacobo, Sanabria y Pérez Barriga, 2020, p.572).

Tabla 1-1: Rangos de calidad según el índice BMWP/Bol

Clase	Calidad	BMWP/Bol	Significado	Color
I	Buena	>120 101-120	Aguas muy limpias. No contaminadas	AZUL
II	Aceptable	61-100	Se evidencia algún efecto de contaminación	VERDE
III	Dudosa	36-60	Aguas contaminadas	AMARILLO
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	NARANJA
V	Muy Crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	ROJO

Fuente: (Jacobo y Pérez, 2020, p.575).

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

1.3.11.3. Índice ABI

El Índice Biológico Andino (ABI) es un método que se apoya en el fundamento del Grupo de trabajo de monitoreo biológico (BMWP) para la evaluación de la calidad biológica de las corrientes andinas superiores a los 2000 m.s.n.m (Ríos et al., 2014, p.250). En el ABI se incluye un

menor número de familias de macroinvertebrados ya que la altitud restringe la distribución y el nivel de tolerancia a los diferentes factores ambientales (Acosta et al., 2009, p.47)

Según Acosta et al., (2009, pp.45-46) la asignación de las distintas clases de calidad ecológica a partir del ABI, es distinta en los países de Ecuador y Perú, debido a que en las zonas de los Andes el gradiente de altura es muy importante y tiene gran influencia en la presencia y a la resistencia a ciertos contaminantes (Jacobsen y Marín, 2008, p.644).

Tabla 2-1: Rangos de calidad según el índice ABI

RANGOS DE CALIDAD SEGÚN EL ÍNDICE ABI	
Muy Bueno	> 96
Bueno	59-96
Moderado	35-58
Malo	14-34
Pésimo	<14

Fuente: (Acosta et al., 2009).

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

1.3.11.4. Índice QBR

Los ríos y arroyos son ecosistemas que requieren un análisis de la condición ecológica de las riberas, ya que varias actividades desarrolladas por el hombre contribuyen a la contaminación, alterando el estado natural y provocando la regulación del caudal, la introducción de especies exóticas, el cambio del uso de suelo y vegetación en las zonas aledañas, afectando los paisajes ribereños e impactado negativamente el ecosistema (Rodríguez et al., 2012, p.147). Los ríos además de una evaluación de los componentes físicos y biológicos, requieren de una evaluación de la calidad del bosque de ribera para ello se utiliza el índice QBR, este índice se centra en cuatro apartados: grado de cubierta de la zona de ribera, estructura de la vegetación, calidad de la cubierta, y grado de naturalidad del canal fluvial (Palma et al. 2009, p.58).

Tabla 3-1: Rango de calidad según el índice QBR

RANGOS DE CALIDAD SEGÚN EL ÍNDICE QBR	
Bosque ribeño sin alteraciones, estado natural	≥ 95
Bosque ribeño ligeramente perturbada, calidad buena	75-90
Calidad intermedia e inicio de alteraciones importantes	55-70
Mala calidad, alteraciones importantes	30-50
Degradación extrema, calidad pésima	≤ 25

Fuente: (Carrasco et al., 2014).

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

1.3.11.5. Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

El índice de hábitat fluvial (IHF) es una herramienta que evalúa la capacidad de una zona física, analizando el estado general de los ecosistemas, y los aspectos que influyen en la composición de las comunidades bióticas (Arriaga Loor, 2021, p.12). El IHF valora aspectos físicos del cauce relacionados con la heterogeneidad de hábitats y que dependen en gran medida de la hidrología y del sustrato, se considera actualmente como uno de los principales factores de influencia de la riqueza de especies de invertebrados acuáticos (Pardo et al., 2002, p.116).

Tabla 4-1: Rangos de calidad según el índice IHF

RANGOS DE CALIDAD SEGÚN EL ÍNDICE IHF	
Muy alta diversidad de hábitats	>90
Alta diversidad de hábitats	71-80
Diversidad de hábitats media	50-70
Baja diversidad de hábitats	31-49
Muy baja diversidad de hábitats	0-30

Fuente: (Acosta et al., 2009).

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

1.3.11.6. Índice de la Calidad del agua (ICA)

El índice calidad del agua (ICA), es un término muy conocido, que sirve para la cuantificación de recursos hídricos, es decir nos indica en qué estado se encuentra el agua, esta puede ser de buena a mala calidad, para ello se requiere del uso de métodos que permitan evaluar estos cuerpos de agua (Álvarez et al., 2006, p.72). Existen diversas formas para evaluar las condiciones hídricas, entre las cuales se incluyen el uso de índices específicos. Uno de los índices más destacados es el ICA, el cual proporciona una herramienta sencilla y versátil para su representación mediante un número, rango, descripción, verbal, un símbolo o incluso un color (Madsen, 2018, p.82).

El ICA propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creo y diseño un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: Índice de calidad del agua (ICA) (Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1970, p.1). Este índice es muy utilizado para analizar los diferentes cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, y compararlos entre sí.

Según el SNET (1970) se requiere de 9 parámetros para la determinación del ICA que son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)

- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)
- Nitratos (NO3 en mg/L)
- Fosfatos (PO4 en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

El ICA adopta un valor máximo de 100 que va disminuyendo con el aumento de la contaminación en el curso de agua en estudio (Vizcaíno, 1974, p.2).

Tabla 5-1: Clasificación del “ICA” propuesto por Brown en 1970

Clasificación del “ICA” propuesto por Brown en 1970	
Excelente	91-100
Buena	71-90
Regular	51-70
Mala	26-50
Pésima	0-25

Fuente: (López, 2019, p.15).

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización del área de estudio

El río Cutuchi se encuentra situado en la provincia de Cotopaxi y parte de la provincia de Tungurahua, nace de los deshielos del Cotopaxi, en las estribaciones occidentales de la cordillera central, fluye de norte a sur, tiene una longitud de 46 km, su altitud va desde los 2560 hasta los 3023 msnm (Barrera y Cepeda, 2020, pag.31).

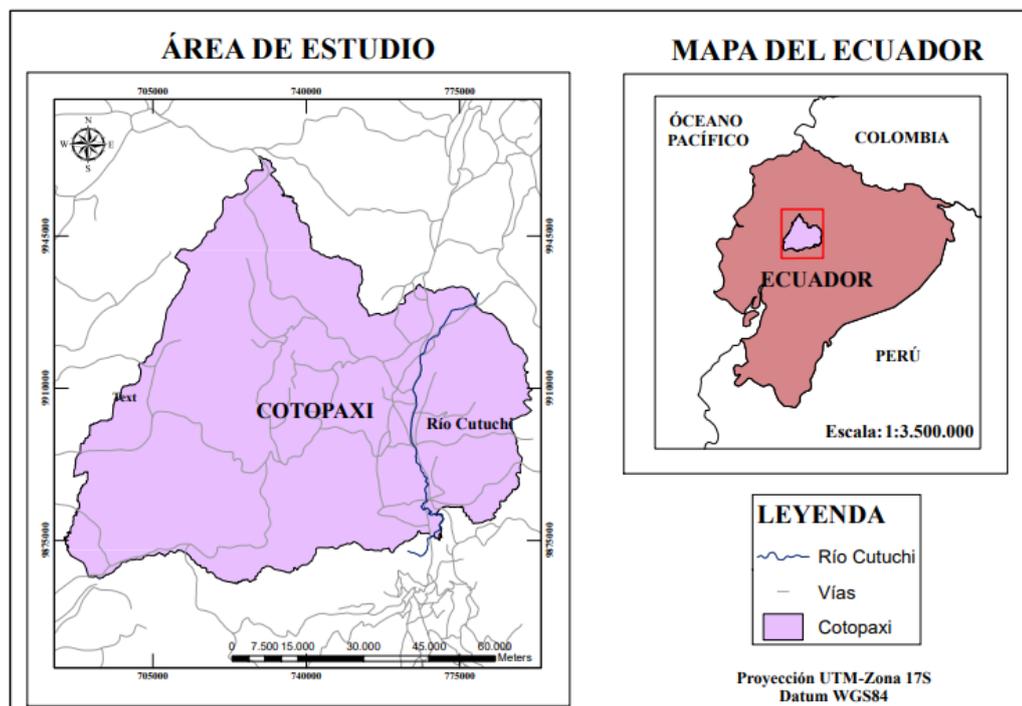


Ilustración 1-2: Ubicación del área de estudio

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

La Provincia de Cotopaxi se encuentra ubicada en la región interandina norte, y su característica principal es la actividad volcánica antigua que se ha producido como resultado de diversos procesos geológicos. Lo paisajes de esta provincia están estrechamente relacionados con la Cordillera de los Andes, cuya evolución a lo largo de los años ha sido moldeada por diversas fuerzas, incluyendo procesos geológicos, volcánicos, climáticos y antrópicos. (GAD Provincia de Cotopaxi, 2018).

Dentro de la provincia existen tres formas bien diferenciadas o grandes paisajes que son:

- La Cordillera Occidental
- La Depresión o Valle Interandino
- La Cordillera Oriental

2.1.1. Tipo de relieve

2.1.1.1. Superficies de aplanamiento

Este tipo de relieve se encuentra a una altitud que va desde los 2700 a los 3600 msnm, en donde se puede encontrar superficies de aplanamiento en diferentes lugares de la provincia, estas geoformas se localizan más en los alrededores del valle del Río Cutuchi, por lo cual ocupan parte de las superficies de las parroquias de Mulaló, Tanicuchi, Guaytacama, Latacunga, San Miguel de Salcedo y Panzaleo (GAD Provincia de Cotopaxi, 2018).

2.1.1.2. Valles interandinos

Se localizan a una altitud de los 2700 a 3000 msnm, en las orillas occidental y oriental del Río Cutuchi, se caracterizan por ser superficies planas de pendiente baja que va desde 0% al 10% ocupando el 6,5% de la superficie total provincial (GAD Provincia de Cotopaxi, 2018).

La provincia de Cotopaxi está conformada por distintas parroquias que rodean al río Cutuchi que son:

- Parroquia Mulaló

Se localiza a lo largo de la cresta de la cordillera Oriental en donde se ha desarrollado un sistema de valles que generalmente corren norte-sur y se describen como valles íter-montañosos cuyos relieves se caracterizan por ser montañosos, escarpados, relieves colinados, laderas, terrazas, valles y llanuras, asentada en la hoya de Latacunga-Ambato, su principal elevación es el volcán Cotopaxi con 5897 m de altura, al norte se observa el nudo de Tiopullo a 4000msnm, y al este la cordillera Central. A lo largo de la extensión parroquia se observa un paisaje accidentado típico de páramo. Estas regiones se caracterizan por numerosos ambientes micro climáticos (GAD Mulaló, 2019, p. 22).

- Parroquia Tanicuchi

Esta parte de los andes divide de norte a sur al país en tres unidades, la cordillera Occidental, la Cordillera Oriental y la depresión Central, es ahí, en la parte central del callejón interandino a una altitud que va desde los 2920 msnm hasta los 4040 msnm se asienta la Parroquia San Lorenzo de Tanicuchí, como una zona plana con una pendiente moderada y una topografía que presenta ciertas ondulaciones y pendientes con una extensión de 53,3128 km^2 (GAD Parroquial de Tanicuchi 2019, p. 26).

- Parroquia José Guango Bajo

Se identifican relieve de vertientes irregulares, vertientes cóncavas y convexas, valles interandinos. El 69,83 % del territorio parroquial corresponde a valles interandinos que se extiende de norte a sur de la parroquia desde la zona central, el 11,53% de la superficie parroquial corresponde a vertientes cóncavas, el 9,61 % del territorio corresponde a vertientes irregulares que se localizan hacia el este de la parroquia (GAD José Guango Bajo, 2014, p.40).

- Parroquia Guaytacama

La Parroquia de Guaytacama se encuentra dentro de un espacio con pocos accidentes montañosos, pese a encontrarse enclavado entre las cordilleras occidental y oriental; como se ha indicado su temperatura promedio guarda relación con aquellas características propias del valle interandino. La parroquia posee relieves de valles interandinos en el 71,10 % del territorio con aproximadamente 2043, 06 has, mientras que en el 19,78 % del territorio se tiene relieves con superficies aplanadas en el centro oeste de la parroquia (GAD parroquial de Guaytacama 2015, p. 53).

- Parroquia Latacunga

Con una extensión de 138630,60 ha y un rango latitudinal que va desde los 2680 a 5920 msnm, geológicamente se encuentra asentada sobre cangahuas, materiales de depósitos de lahares, coluviales y lacustres así como de cenizas, tobas vulcano-sedimentarias y materiales conglomerados dispuestos irregularmente y recubiertos por estratos potentes de pómez de diferentes granulometrías (van de muy finos a dosimétricos y métricos) de color blanco plomizo, que se encuentran rodeando a la ciudad (GADM Latacunga, 2016, p.13).

- Parroquia Panzaleo

Se identifica dos tipos de relieve, el relieve de medio aluvial de sierra que corresponde al 26,72% del territorio parroquial, que se localiza en los márgenes del río Cutuchi y el relieve de fondo de cuencas interandinas que corresponde al 73,28% del territorio parroquia, el relieve de fondo de cuencas interandinas con rellenos volcano-sedimentarios y piroclásticos enlace directamente en la parte superior con sistemas volcánicos y en las zonas inferiores con sistemas fluviales como el del río Cutuchi, este último atraviesa el contexto en sentido norte-sur (GADP Panzaleo, 2019, pag 49).

2.1.2. Clima

De acuerdo a la información proporcionada por el INAMHI en el año 2015 en la Provincia de Cotopaxi se encuentran activas 16 estaciones meteorológicas, distribuidas a lo largo del Valle Interandino, los Illinizas, en el poblado de Sigchos, en el poblado de Las Pampas, en el poblado de Pilaló, en el cantón Pangua y en el cantón La Maná, sin embargo no existe una serie de datos completos lo que dificulta el análisis comparativo entre las distintas estaciones (GAD Provincia de Cotopaxi, 2018).

2.1.2.1. Precipitación

Dentro de la provincia de Cotopaxi la precipitación es considerable entre el valle interandino donde la media anual oscilan entre los 500 y 1.000 mm, y la parte baja cercana al interior de la costa donde los valores superan fácilmente los 2.800 y 3.000 mm, al igual la variación se determina al analizar el comportamiento temporal de las lluvias, siendo así los presentan niveles bajos (junio, julio, agosto), en cambio durante el periodo lluvioso (meses octubre, noviembre y marzo) oscila entre el 80% y 90 % de la precipitación total(GAD Provincia de Cotopaxi, 2018).

2.1.2.2. Temperatura

La Temperatura dentro la provincia de Cotopaxi es muy variable, existe sectores que registran datos de temperatura media de 0°C a 6°C que corresponden a sectores sin población ubicadas en las faldas de los volcanes Cotopaxi e Illinizas, en el rango de 6°C y 10°C se encuentra una amplia zona ubicada a ambos lados (oriental y occidental) del valle interandino, en el rango de temperatura de 10°C a 14°C se encuentran dos zonas, la una que corresponde a poblados del valle interandino conformado por las parroquias de Pastocalle, Toacaso, Mulaló, Canchagua Grande, Tanicuchí, Chantilín, Saquisilí, Aláquez, Poaló, La Victoria, Once de Noviembre, Belisario Quevedo, Mulliquindí, San Miguel de Salcedo, Cusubamba, Panzaleo y Mulalillo; y la segunda

en el occidente de la Provincia que corresponde los poblados de Sigchos, Pilaló y Pinllopata. En el rango de 14°C a 16°C se encuentran dos zonas, la primera ubicada en el centro del valle interandino donde se ubica la ciudad de Latacunga y la otra que corresponde a una el occidente de la Provincia (GAD Provincia de Cotopaxi, 2018).

Dentro de la provincia de Cotopaxi existen cuatro pisos climáticos que son:

- Ecuatorial de alta montaña: La zona más extensa con un 59,29% de territorio que corresponde a los páramos conformados por ecosistemas altamente vulnerables, en esta área se encuentran las parroquias con una mínima superficie en Belisario Quevedo y Poaló y con una superficie considerable en las parroquias de Latacunga, Álaquez, Mulaló, San Juan de Pastocalle y Toacaso (GAD Latacunga, 2016, p.29).
- Ecuatorial mesotérmico seco: Con un 8,46%, con una mínima superficie en las parroquias de Poaló, Álaquez, Guaytacama y Belisario Quevedo y con una superficie considerable en las parroquias de la Once de Noviembre y Latacunga con precipitaciones inferiores de 500 mm por año (GAD Latacunga, 2016, p.29).
- Ecuatorial mesotérmico semihúmedo: Con un 21,37%, que abarca las parroquias de Belisario Quevedo, Latacunga, Álaquez, Mulaló, Joseguango, Tanicuchí, San Juan de Pastocalle, Toacaso, Guaytacama y Poaló con precipitaciones ligeramente superior a los 500 mm en donde se condensan los vapores que suben por el cañón del río Pastaza desde la Amazonia (GAD Latacunga, 2016, p.29).
- Zona nival: Corresponde a los glaciares del volcán Cotopaxi con un 9,86% del territorio, además a los glaciares los Illinizas presentan un porcentaje de 1,01%, que ha consecuencia del cambio climático se van derritiendo (GAD Latacunga, 2016, p.29).

2.1.2.3. Humedad Relativa

El territorio se caracteriza por un alto grado de humedad relativa media mensual al ambiente, ya que es la relación entre la cantidad de vapor de agua que tiene una masa de aire y la máxima que podría tener (GAD Latacunga, 2016, p.29).

2.1.3. Agua

En la provincia de Cotopaxi existe una importante red hídrica, siendo una de las más importantes la del río Cutuchi, con una demanda hídrica de 1000 mm³ por año, su caudal promedio a la altura de Latacunga es de 5,2 m³ /s (164 mm³) y de 27 m³ /s luego del río Yanayacu. En cuanto a las aguas subterráneas, la cuenca del río Cutuchí alberga varios acuíferos, que actualmente son objeto de aprovechamiento a través de pozos perforados por diferentes sectores (GAD Latacunga, 2016, p.29).

2.1.4. Impacto y niveles de contaminación en el entorno ambiental

En la provincia de Cotopaxi, el aumento exponencial de los desechos sólidos y líquidos, así como su disposición inadecuada aún es un problema, especialmente en los recursos hídricos, siendo el más afectado el río Cutuchi que registra 102 actividades regularizadas o en proceso de regularización ambiental en lo que concierne al territorio dentro de la Provincia de Cotopaxi; la información registrada por el mismo Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica, muestra que los niveles aún son alarmantes y dan cuenta de la gravedad y magnitud del problema (GAD Provincia de Cotopaxi, 2018).

2.1.5. Componentes socioeconómicos

La Provincia de Cotopaxi representa el 2.8% de la población nacional correspondiente a 409.205 habitantes con una densidad poblacional promedio de 67 habitantes por kilómetro cuadrado, la población rural representa el 70% de la población provincial correspondiente 288.235 habitantes, mientras que la población urbana es el 30% con 120.970 habitantes (GAD Provincia de Cotopaxi, 2018).

2.1.5.1. Educación

En el año 2001 su incorporación fue de 89,3% y en el 2010 fue de 97.0%, en cuanto a la asistencia al Bachillerato en Cotopaxi, según el Censo de población y vivienda INEC 2010, en la provincia de Cotopaxi los jóvenes entre 15 y 17 años acceden al bachillerato en un 50,8%. En el Distrito Latacunga acceden en un 59,6%, seguido por el distrito Salcedo con el 54,2% y por Pujilí Salcedo con el 43,7%, y los distritos de los cantones que menos acceso tienen son La Maná, Pangua y Sigchos (GAD Provincia de Cotopaxi, 2018).

2.1.5.2. Salud

La provincia de Cotopaxi dispone de 772 establecimientos de salud, en mayor porcentaje son los consultorios médicos con el 17%, seguido por farmacias con el 16% y consultorios odontológicos con el 13% (GAD Provincia de Cotopaxi, 2018).

2.1.5.3. Economía

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda (INEC, 2010), Cotopaxi cuenta con 409.205 habitantes, distribuidos de la siguiente manera: 173.094 personas en la Población Económicamente Activa (PEA) equivalente al 42.3%, 146.253 personas en la Población

Económicamente Inactiva (PEI) equivalente al 35.7% y 89.858 personas menores de 10 años equivalente al 22% de la población total de la Provincia (GAD Provincia de Cotopaxi, 2018).

2.2. Selección de los puntos de monitoreo

Para identificar los distintos puntos de muestreo en la cuenca del río Cutuchi, ubicado en la provincia de Cotopaxi, se realizó un análisis detallado. Para ello, se llevaron a cabo muestreos en las siguientes parroquias: Mulaló, Tanicuchi, Guaytacama, Joseguango Bajo, Latacunga, San Miguel y Panzaleo. Esta selección de parroquias se consideró adecuada para obtener una muestra representativa de la cuenca y poder realizar un análisis completo de la calidad del agua en la zona. Para la selección de los distintos puntos se consideró varios aspectos como:

2.2.1. Diagnóstico de la línea base del río Cutuchi

Para la identificación de los distintos puntos de muestreo en las parroquias de la provincia de Cotopaxi fue necesario el análisis de algunos componentes tanto físicos, bióticos y socioeconómicos.

Para ello fue necesario considerar los siguientes aspectos:

- Localización de las parroquias que se encuentran aledañas al río Cutuchi.
- Ubicación geográfica.
- Descripción de la cuenca del río Cutuchi: dentro de este aspecto se utilizó información bibliográfica, al igual que información levantada en campo respecto al clima, temperatura, precipitación.
- Usos del suelo
- Usos de los recursos hídricos

Diagnóstico socioeconómico: este aspecto abarca la situación en cuanto a salud y actividad socioeconómica que tiene la provincia de Cotopaxi.

2.2.2. Selección de los puntos

Para la identificación de los puntos se realizó un primer recorrido por la cuenca del río cutuchi la misma que sirvió para identificar las principales zonas de actividades agropecuarias, industriales y ganaderas, además se analizó las zonas altas, medias y bajas de la cuenca.

Para ello se tomó en cuenta:

- La accesibilidad a cada punto
- El caudal del río

- Profundidad
- Asentamiento poblacional
- Actividades agrícolas y ganaderas



Ilustración 2-2: Ubicación del área de estudio

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Es así como se obtuvo 9 puntos de muestreo dentro de las parroquias aledañas al río Cutuchi, cada punto de monitoreo se Geo-Referenció con GPS, y posteriormente se analizó estos datos con el Software de SIG (Sistema de Información Geográfica) como se muestra a continuación

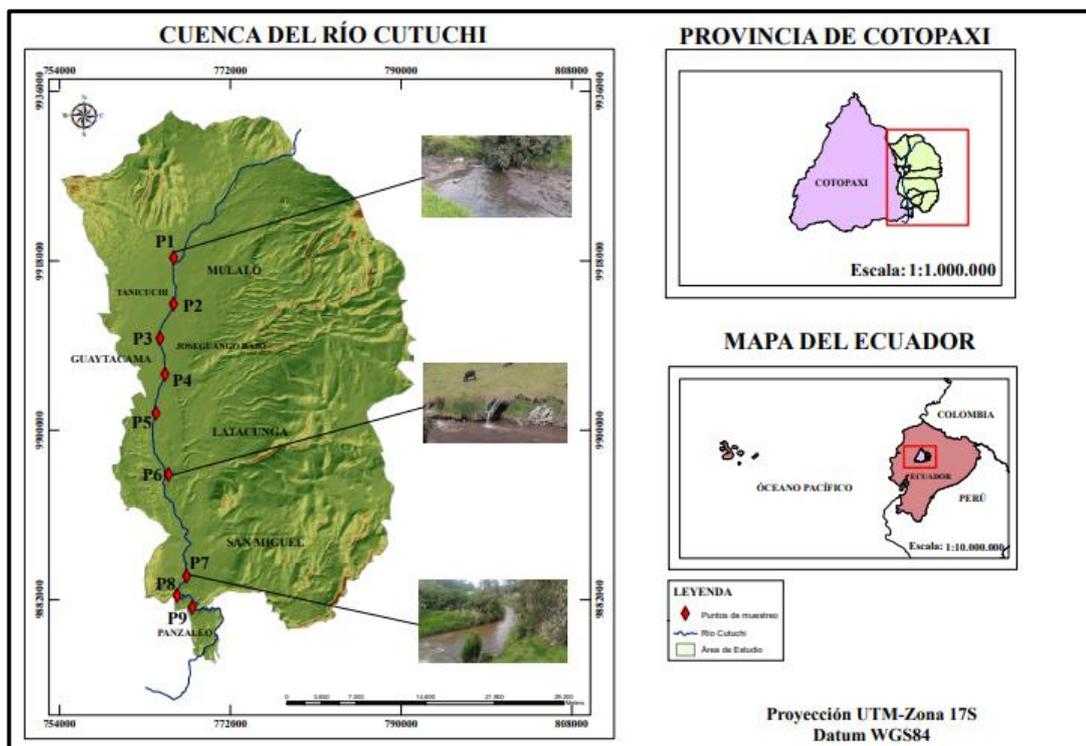


Ilustración 3-2: Ubicación de los puntos de muestreo

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Tabla 1-2: Ubicación Geográfica y características de los puntos de monitoreo de la cuenca del Río Cutuchi

Coordenadas UTM				
Puntos	Parroquia de Referencia	Latitud	Longitud	Altitud (m)
P1	Mulaló	766024	9918410	3023
P2	Tanicuchi	766024	9913373	2945
P3	Guaytacama	764579	9909707	2904
P4	Joseguango Bajo	765147	9905910	2851
P5	Latacunga	764184	9901842	2809
P6		765509	9895257	2742
P7	San Miguel	767414	9884576	2627
P8	Panzaleo	766395	9882441	2614
P9		767989	9881161	2568

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2022.

2.3. Determinación de Caudales

Para determinar el caudal del río de los diferentes puntos se empleó la metodología de sección por velocidad, la misma que consiste en medir la velocidad en diversos puntos de la sección transversal del río, al igual que se divide el río en tramos y se mide la profundidad en distintos puntos, para después calcular el gasto por medio de la ecuación de continuidad:

$$Q = A \times V \quad (\text{Ec.1-2})$$

En donde:

Q= Caudal del agua, en m³/s

A= Área de la sección transversal, en m²

V= Velocidad media del agua en, m/s

La medición de la velocidad se llevó a cabo por medio de un Caudalímetro Digital, el cual mediante un sensor que gira al contacto con el agua de la corriente mide los flujos. Es importante medir en distintos puntos del río, posteriormente para obtener la velocidad media se realizará un promedio de los puntos trazados en el cauce.

2.3.1. *Determinación de la sección*

Para calcular el caudal de un río es necesario tener en cuenta no solo la velocidad del agua, sino también el área de su sección transversal. Por lo tanto, para determinar el área del río, es necesario conocer las condiciones del cauce, para este fin, se utiliza un caudalímetro digital que proporciona un tubo graduado con medidas en centímetros para determinar las profundidades. Es importante calcular la cantidad de secciones necesarias y la distancia entre ellas, lo que implica determinar el ancho de cada sección. Una vez identificadas las secciones, es necesario colocar estacadas en ambas orillas para medir el ancho del río en cada sección. Finalmente se genera el área por cada tramo, la cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$A1= \frac{a+b}{2} \times L + A2= \frac{a+b}{2} \times L \quad (\text{Ec.2-2})$$

Donde:

A1= Área de la sección, en m²

a= profundidad inicial del tramo, en m

b= profundidad final del tramo, en m

L= Ancho de la sección, en m

Finalmente, para conocer el área total del río se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Área total} = \Sigma A1 + A2 \dots \quad (\text{Ec.3-2})$$

Una vez calculado tanto la velocidad y el área de cada sección se obtendrá el caudal por tramos, lo que lleva finalmente a calcular el Caudal total del río con la siguiente fórmula:

$$Q_{total} = Q1 + Q2 + Q3 \dots \quad (\text{Ec.4-2})$$

Por último, se multiplica el caudal total obtenido por un factor de corrección de velocidad que se asocia con la rugosidad llamado *Factor de Cowan*, según el tipo de lecho que tenga el río, este puede ser de:

- Fondos arenosos o terrosos: 0.030
- Fondos rocosos: 0.025
- Fondos de grava fina: 0.024 Fondos de grava gruesa: 0.028

$$A1= \frac{a+b}{2} \times L + A2= \frac{a+b}{2} \times L \dots$$

(Ec.5-2)

Donde:

A1= Área de la sección, en m²

a= profundidad inicial del tramo, en m

b= profundidad final del tramo, en m

L= Ancho de la sección, en m

Finalmente, para conocer el área total del río se aplica la siguiente formula:

$$\text{Área total} = \Sigma A1 + A2 \dots$$

(Ec.6-2)

Una vez calculado tanto la velocidad y el área de cada sección se obtendrá el caudal por tramos, lo que lleva finalmente a calcular el Caudal total del río con la siguiente fórmula:

$$Q_{total} = Q1 + Q2 + Q3 \dots$$

(Ec.7-2)

Por último, se multiplica el caudal total obtenido por un factor de corrección de velocidad que se asocia con la rugosidad llamado *Factor de Cowan*, según el tipo de lecho que tenga el río, este puede ser de:

- Fondos arenosos o terrosos: 0.030
- Fondos rocosos: 0.025
- Fondos de grava fina: 0.024
- Fondos de grava gruesa: 0.028

Mediante la siguiente formula:

$$Q_{final} = Q_{total} \times \eta$$

(Ec.8-2)

Donde:

Q total= La suma de todos los caudales en las distintas secciones del río, en m³/s

η = Coeficiente de rugosidad del lecho del río (adimensional)

2.4. Determinación del índice ABI

Los puntos de muestreos se localizaron en las distintas parroquias de la provincia de Cotopaxi que se encuentran aledañas al río Cutuchi, en donde se recolecto macroinvertebrados bentónicos, se realizó una caracterización física del ecosistema analizando el hábitat fluvial para posteriormente realizar un análisis i de la calidad del agua de cada punto de muestreo.

2.4.1. Muestreo de macroinvertebrados

En el muestreo de los macroinvertebrados bentónicos se aplicó un estudio cualitativo y cuantitativo, cualitativo debido al enfoque de estudio ya que se pretende caracterizar la biodiversidad de un lugar en particular, es decir generar un listado taxonómico para una zona específica, por la que se requiere recolectar la mayor cantidad de taxa para el lugar y cuantitativo porque se pretende comparar la biodiversidad de macroinvertebrados en variación del tiempo (Ramírez, 2020, p.41).

2.4.2. Recolección de macroinvertebrados bentónicas in situ

Para la recolección de macroinvertebrados bentónicos es importante considerar varios aspectos. En primer lugar, es necesario localizar los distintos puntos de muestreo y, una vez hecho esto, identificar los lugares en los que se pueden hallar macroinvertebrados. Estos organismos habitan en diferentes zonas del río, como rocas, sedimentos, hojarascas y, en ocasiones, se adhieren a las orillas con vegetación.

Una vez identificadas las zonas adecuadas, se procede a utilizar un equipo de muestreo para recolectar los macroinvertebrados. Los equipos de muestreo pueden ser redes tipo D, redes manuales o coladores de cocina, siempre y cuando la malla tenga un tamaño de 0.25mm.

En zonas con flujo de agua fuerte, se coloca la red corriente abajo y se mueve el sustrato con los pies para remover los macroinvertebrados y atraparlos en la red. En áreas sin flujo, se empuja la red dentro del sustrato y se recolectan los sedimentos del fondo. Además, se recolecta de las orillas del río utilizando el colador entre la vegetación, realizando movimientos circulares para que los macroinvertebrados queden adheridos. También se recolectan de algunas piedras presentes en el río. Una vez recolectado, el contenido de la red, del colador y de las piedras se coloca en bandejas blancas para facilitar su identificación. Posteriormente, con la ayuda de pinceles y pinzas, se colocan los macroinvertebrados en tubos eppendorf de 10 ml con alcohol al 75% para su conservación.

Una vez recolectados las macroinvertebradas in situ, las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Calidad del Agua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para su identificación. En el laboratorio, las muestras se depositaron en cajas Petri y se llevó a cabo un conteo a simple vista de los organismos semejantes. Luego, se observaron bajo un estereoscopio para identificar el número de individuos y la familia a la que pertenece cada macroinvertebrado.

Algunos individuos no pudieron ser identificados con el estereomicroscopio en primera instancia, por lo que se utilizó un microscopio digital para identificar aquellos que no pudieron ser reconocidos previamente. Gracias a esta herramienta, se logró identificar a todos los individuos recolectados de manera precisa y detallada.

Se utilizó el Índice de Calidad de Agua (ABI) para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos andinos, esto se da a nivel de la familia y de acuerdo a su tolerancia a la contaminación, es así como se asigna a cada familia un puntaje de acuerdo a su capacidad de supervivencia a distintos niveles de contaminación, 10 a los más sensibles o menos tolerantes y 1 a los tolerantes o resistentes. El puntaje final se obtiene sumando los valores de todos los componentes de cada muestra determinando así la calidad del agua (Crespo, 2013, p.10).

2.5. Determinación del Índice de Shannon Wiener

Después de realizar la identificación del número de individuos y de las familias de macroinvertebrados que se obtuvo en el monitoreo, se utiliza la tabla de datos para el análisis de la diversidad que proporciona un número igual al número de especies e incluye la medida más simple de riqueza de especies, es decir, el número de especies en la muestra. Bajo este contexto nos indican que este índice registra valores de 0 a 5, donde 0 es cuando hay diversidad baja y 5 diversidad alta (Mendez y Perez, 2021, p.265).

$$H = -\sum p_i \ln p_i \quad (\text{Ec.9-2})$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener

P_i = Abundancia relativa

ln = Logaritmo natural

$$E = H' \ln S \quad (\text{Ec.10-2})$$

Donde:

E = Índice de equitatividad

Ln = Logaritmo natural

S = Número de especies

A continuación, se observa los valores de Shannon - Wiener para diferentes condiciones de contaminación del agua dada por Guinard y Vega (2013, p.4):

Tabla 2-2: Condiciones de contaminación

H'	Condición
>2.7	Diversidad alta
1.5 – 2.7	Diversidad media
<1.5	Diversidad baja

Fuente: (Guinard y Vega, 2013).

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2022.

2.6. Determinación del Índice de Simpson

El índice de Simpson manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Moreno, 2001p .5).

La fórmula es:

$$D = 1/(P_i)^2$$

(Ec. 11-2)

Donde

P_i = abundancia proporcional de la especie i, es decir ni/N

2.7. Determinación del Índice de Margalef

El índice de Margalef es un índice de riqueza en el cual se transforma el número de especies detectadas por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra (Martella et al, 2012, p.73).

La ecuación que se utiliza es la siguiente:

$$D_{mg} = S - 1/\ln N$$

(Ec. 12-2)

Donde:

S = número de especies registradas

N = número total de individuos detectados

2.8. Determinación del IHF

Para la estimación del índice de hábitat fluvial (IHF), se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Pardo et al. (2002). Este índice fue aplicado durante periodos de época lluviosa y seca, de manera que el sustrato y las características del río Cutuchi (Martínez, 2022, p.115).

Tabla 3-2: Niveles de calidad de hábitat fluvial

NIVEL DE CALIDAD	PUNTAJE
Hábitat fluvial óptimo	≥ 75
Hábitat fluvial medianamente diverso	51-74
Hábitat fluvial poco diverso	40-60
Hábitat fluvial con serias limitaciones	< 40

Fuente: (Martínez, 2022, p.115).

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2022.

2.9. Determinación del Índice BMWP/COL

El índice BMWP/Col, se encargó de asignar valores distintos a cada familia de macroinvertebrados cuya sumatoria total permitió evaluar la calidad de agua. Los resultados de la calidad de agua producidos por el índice BMWP/Col fueron tabulados con su color y valor respectivo (Martínez, 2022, p.115).

Tabla 4-2: Niveles de calidad biológica del agua

NIVEL DE CALIDAD	PUNTAJE
Buenas, aguas limpias	≥ 150
	101-120
Aceptable, aguas ligeramente contaminadas	61-100
Dudosa, aguas moderadamente contaminadas	36-60
Crítica, aguas muy contaminadas	16-36
Muy crítica, aguas fuertemente contaminadas	< 15

Fuente: (Martínez, 2022, p.115)

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2022.

2.10. Determinación del Índice QBR

Para la estimación del índice del bosque de ribera (QBR), se tomó en cuenta la metodología propuesta por Rodríguez (2012), mediante este índice se conoció la calidad ecológica del bosque de ribera y la relación entre la calidad ambiental del agua en los nueve puntos de monitoreo. Es así como se tuvo en cuenta el puntaje total del QBR obtenido del agua del río Cutuchi, asignados por la metodología propuesta, se estimó el nivel de calidad del bosque de ribera (Martínez, 2022, p.115).

Tabla 5-2: Niveles de calidad del bosque de ribera

NIVEL DE CALIDAD	PUNTAJE
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural.	≥95
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena.	75-90
Inicio de alteraciones importantes, calidad intermedia.	55-70
Alteración fuerte, mala calidad.	30-50
Degradación extrema, calidad pésima.	<25

Fuente: (Martínez, 2022, p.115).

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2022.

2.11. Determinación del Índice ICA

Para evaluar la Calidad del Agua del río Cutuchi de los 9 puntos de muestreo, fue necesario obtener las mediciones de los 9 parámetros implicados en el cálculo del ICA los cuales son: Coliformes Fecales, pH, (DBO5), Nitratos, Fosfatos, Cambio de la Temperatura, Turbidez, Sólidos disueltos Totales y Oxígeno disuelto. Según Brown para calcular el ICA se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices ICA_a o una función ponderada multiplicativa ICA_m . Las ecuaciones matemáticas son las siguientes:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i) \quad (\text{Ec. 13-2})$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i}) \quad (\text{Ec. 14-2})$$

Donde:

w_i: Pesos relativos asignados a cada parámetro (*Sub_i*), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Sub_i: Subíndice del parámetro *i*.

Otros autores como Landwehr y Denninger (1976), demostraron que el cálculo del ICA “mediante técnicas multiplicativas es superior a las aritméticas, es decir que son mucho más sensibles a la variación de los parámetros, reflejando con mayor precisión un cambio de calidad”. Es así como para este análisis de la calidad del agua se aplicó la función ponderada multiplicativa, para ello se sustituyó los datos en la ecuación (Ec.11-2), obteniendo los *Sub_i* de distintas gráficas, dicho valor se eleva por sus respectivos *w_i* y finalmente se multiplican los 9 resultados. Los pesos de los diversos parámetros son:

Tabla 6-2: Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”

i	<i>Sub_i</i>	<i>w_i</i>
1	Coliformes Fecales	0.15
2	pH	0.12
3	<i>DBO5</i>	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Fuente: (SNT,1970)

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2022.

2.11.1. Análisis de coliformes fecales

Lo siguiente es calcular los *Sub_i* los cuales de detalla a continuación:

Si las Coliformes fecales son mayores de 100,000 Bact/100 mL el (*Sub₁*) es igual a 3. Pero si el valor de las Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/100 mL, se debe buscar el valor en el eje de las (X) para posteriormente interpolar al valor en el eje de las (Y), el valor encontrado es el (*Sub₁*) por lo que se procede a elevar al *w₁* (SNT,1970).

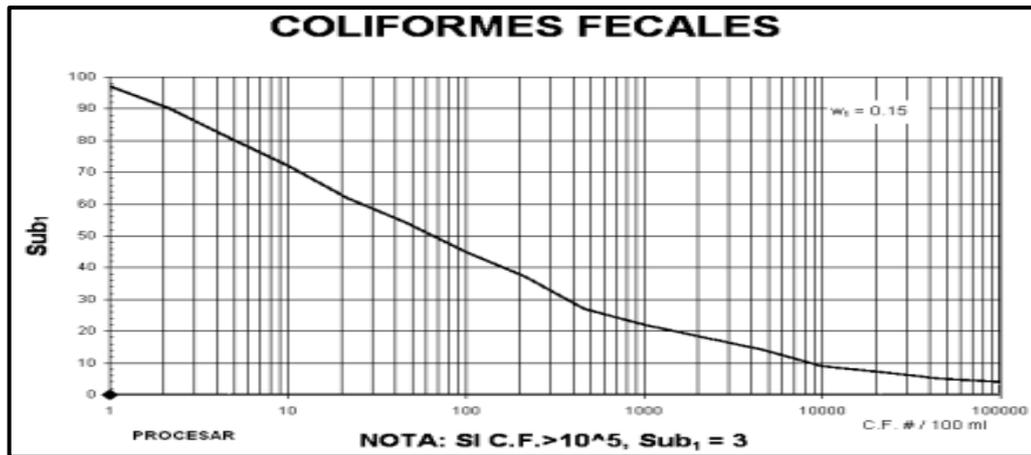


Ilustración 7-2: Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales

Fuente: (SNT,1970).

2.11.2. Análisis del pH

Cuando se obtiene un pH menor o igual a 2 unidades el (Sub_2) es igual a 2, en cambio sí el pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub_2) es igual a 3. Pero si el pH obtenido no se encuentra dentro de los rangos especificados se debe realizar una interpolación con el valor del eje X y el eje de las Y, al igual que en el caso de las Coliformes Fecales el valor obtenido se deberá elevar al peso que este caso será w_2 (SNT,1970).

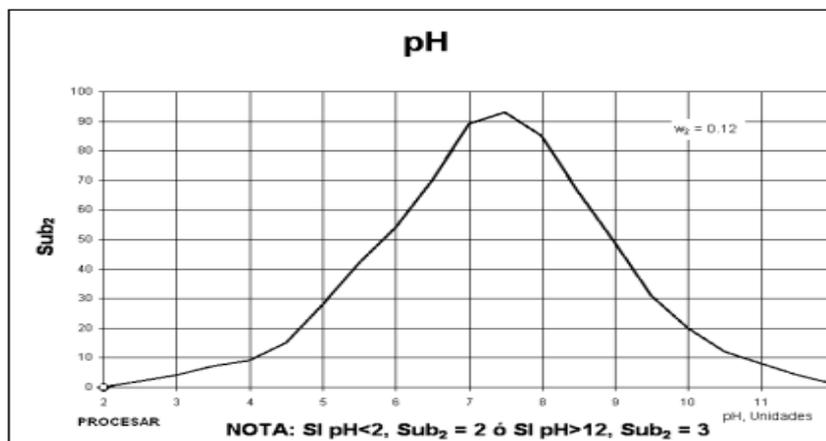


Ilustración 8-2: Valoración de la calidad de agua en función del pH

Fuente: (SNT,1970).

2.11.3. Análisis de la demanda biológica de oxígeno (DBO5)

Para el caso de la DBO5 si es mayor de 30 mg/L el (Sub_3) es igual a 2 y en el caso de ser menor de 30 mg/L se debe buscar el valor interpolando el eje de las X con el eje de la Y, para así obtener el valor (Sub_3) con el cual se procede a elevar al peso w_3 (SNT,1970).

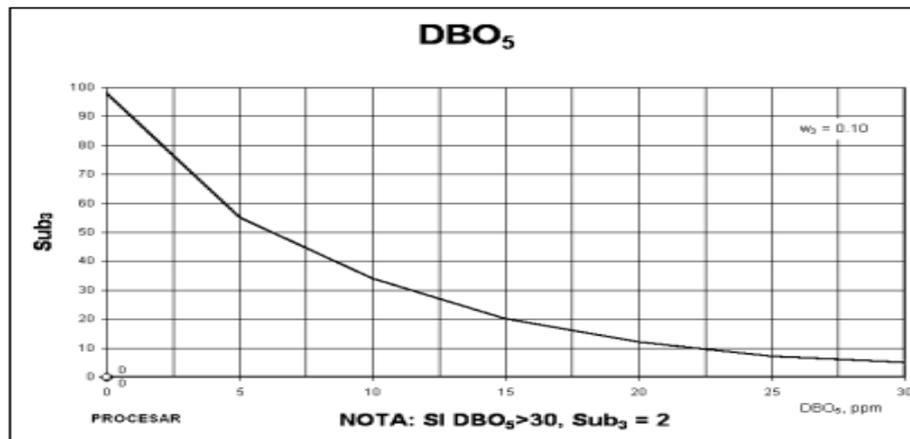


Ilustración 9-2: Valoración de la calidad de agua en función de la DBO5

Fuente: (SNT,1970).

2.11.4. Análisis de nitratos

Si los valores obtenidos de los nitratos es mayor de 100 mg/L el (Sub_4) es igual a 2, en el caso de ser menor de 30 mg/L se debe buscar el valor interpolando el eje de las X con el eje de la Y, para así obtener el valor (Sub_4) con el cual se procede a elevar al peso w_4 (SNT,1970).

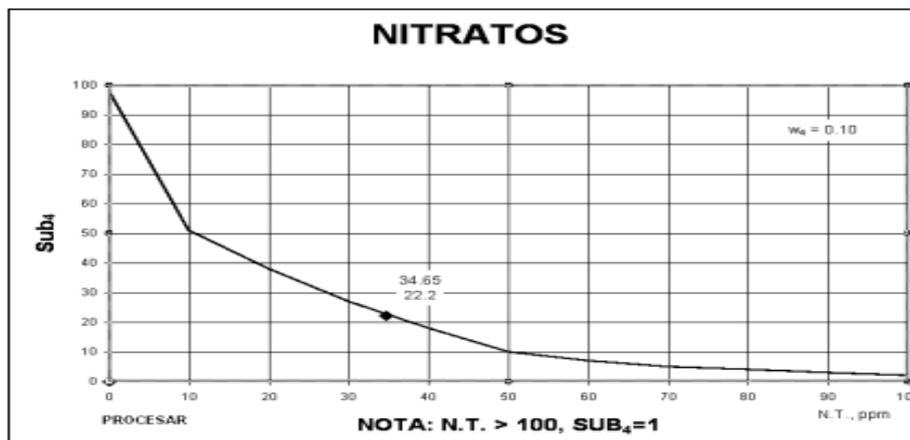


Ilustración 10-2: Valoración de la calidad de agua en función del nitrógeno

Fuente: (SNT,1970).

2.11.5. Análisis de fosfatos

Si el valor del Fosfato es mayor de 10 mg/L el (Sub_5) es igual a 5, en el caso de ser menor de 500 mg/L se debe buscar el valor interpolando el eje de las X con el eje de la Y, para así obtener el valor (Sub_5) con el cual se procede a elevar al peso w_5 (SNT,1970, p.6).

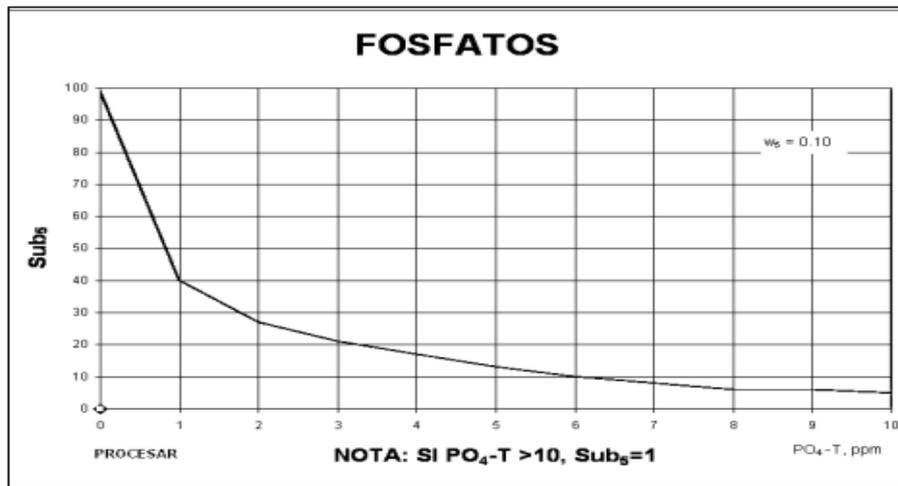


Ilustración 11-2: Valoración de la calidad de agua en función del fosforo

Fuente: (SNT,1970).

2.11.6. Análisis de la temperatura

En el caso de la Temperatura lo que se hizo como primer paso es calcular la diferencia entre la T°ambiente y la T°muestra y con el valor obtenido se procedió al cálculo del Sub_6 , para el que se indica que si el valor es mayor de 15°C es igual a 9, en el caso de ser menor de los 15°C se debe buscar el valor interpolando el eje de las X con el eje de la Y, para así obtener el valor (Sub_6) con el cual se procede a elevar al peso w_6 (SNT,1970,p .7).

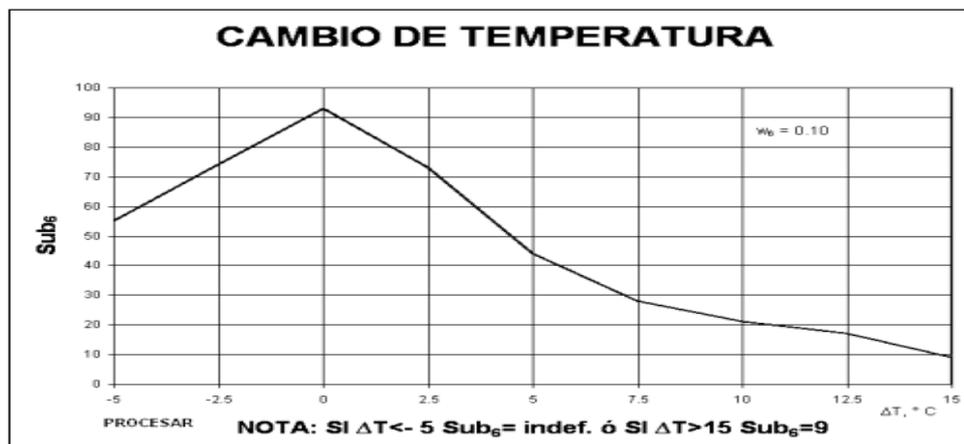


Ilustración 12-2: Valoración de la calidad de agua en función de la temperatura

Fuente: (SNT,1970)

2.11.7. Análisis de la turbidez

Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub_7) es igual a 5, en el caso de ser menor de 100 FAU se debe buscar el valor interpolando el eje de las X con el eje de la Y, para así obtener el valor (Sub_7) con el cual se procede a elevar al peso w_7 (SNT,1970, p.7).

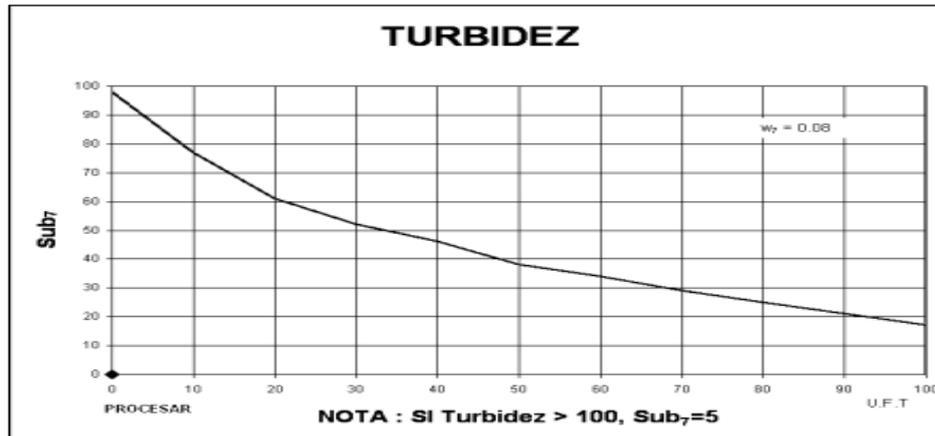


Ilustración 13-2: Valoración de la calidad del agua en función de la Turbidez

Fuente: (SNT,1970).

2.11.8. Análisis de los sólidos suspendidos totales

Si los Sólidos disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el (Sub_8) es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en el que se procedió a interpolar el valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_8) de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w_8 (SNT,1970,p .9).

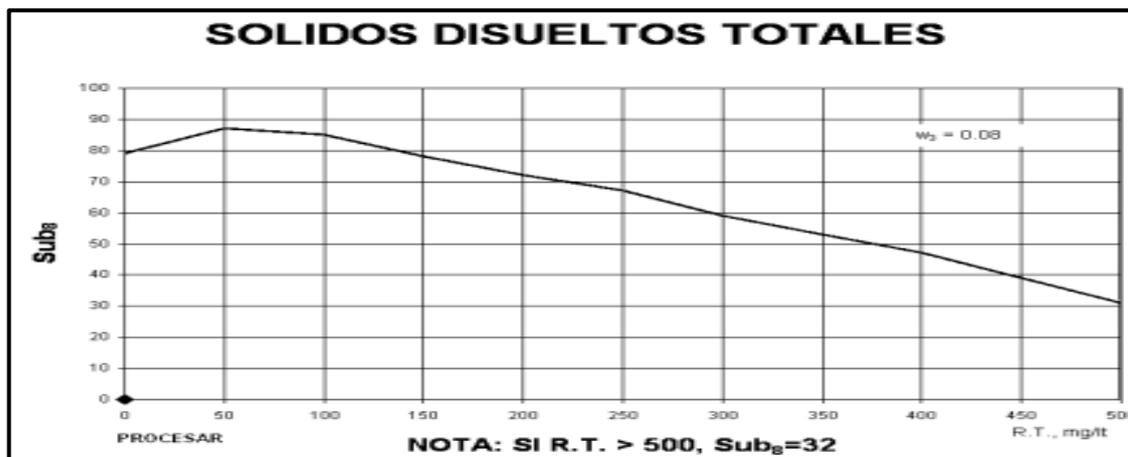


Ilustración 14-2: Valoración de la calidad del agua en función de los Sólidos Disueltos Totales

Fuente: (SNT,1970).

2.11.9. Análisis del oxígeno disuelto

Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero se calculó el porcentaje de saturación del OD en el agua, para ello se identificó el valor de saturación de OD según la temperatura del agua (SNT,1970). Una vez que se obtuvo el % de Saturación de OD si nos da un valor mayor de 140% el (Sub_9) es igual a 47, pero si es menor del 140% de Saturación de OD, se debe buscar el valor en el eje de (X) en el que se procedió a interpolar el valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_9) de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w_9 (SNT,1970).

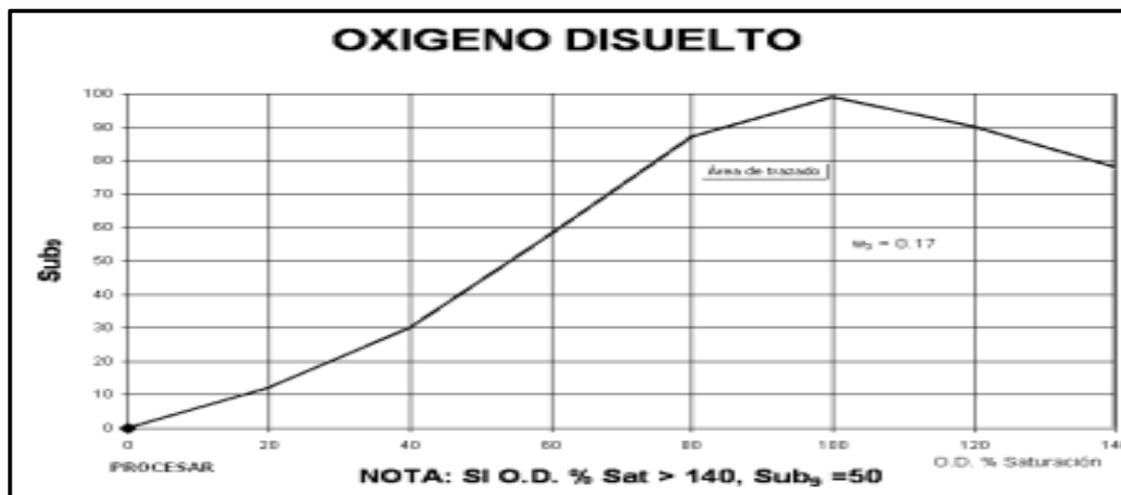


Ilustración 15-2: Valoración de la calidad del agua en función del % de Saturación del Oxígeno disuelto

Fuente: (SNT,1970).

2.12. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua

Una vez que se identificó los 9 puntos de muestreo, se realizó 4 monitoreos, 2 en la época seca correspondientes a los meses de abril a agosto y 2 en la época lluviosa que comprenden los meses de octubre a marzo, del cual se obtuvo un total de 36 muestras de agua lo largo de la cuenca del río Cutuchi, para los respectivos análisis físicos, químicos y microbiológicos.

2.12.1. Muestreo fisicoquímico

Para el muestreo de los parámetros fisicoquímicos se requirió del uso de equipos que permitan medir de manera *in situ* ciertos parámetros como: temperatura, pH, Conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, salinidad, sólidos suspendidos totales y potencial redox, para ello se utilizó un multiparámetro HANNA HI 98290, mientras que para el potencial redox se utilizó un Medidor redox de Bolsillo ORP.

Para el análisis de los parámetros restantes que fueron planteados en el estudio se procedió a la recolección de aguas, para ello se sumergió una botella Ámbar previamente lavada en la que se recolecto 1L de agua, es importante que la botella sea sumergida al río completamente cerrada una vez introducida sin tocar la superficie se abre y se recolecta la muestra, posteriormente se la cierra verificando que no presente burbujas. Una vez recolectada la muestra se colocó en una hielera a temperatura ambiente para luego llevarlas directamente al Laboratorio de Calidad del Agua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo donde se realizaron los siguientes análisis: Fosfatos, Nitritos, Nitratos, Sulfatos, DQO, DBO5, Turbidez, Sólidos Totales Disueltos.

2.12.2. Muestreo microbiológico

Para el muestreo microbiológico se utilizó frascos de orina estériles de 100 mL, para ello se realizó la recolección de la muestra en la parte media del río con el fin de obtener una muestra representativa, de la misma manera que se procedió a recolectar las muestras de agua para los análisis fisicoquímicos se recolecto la muestra de agua sumergiendo el frasco completamente cerrado, una vez que el frasco este lleno se procede a cerrar verificando que no presente burbujas, para evitar contaminantes externos. Finalmente se transportaron las muestras en una hielera fría para posteriormente trasladarlas al Laboratorio de Calidad del Agua de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo donde se realizaron las siembras en cajas Compact Dry para la determinación de: Coliformes Fecales y Coliformes Totales.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1. Zonas de influencia dentro del río Cutuchi

Dentro del caudal del río Cutuchi encontramos zonas de influencia directas y difusas en las zonas de estudio la cuales se demuestran a continuación:

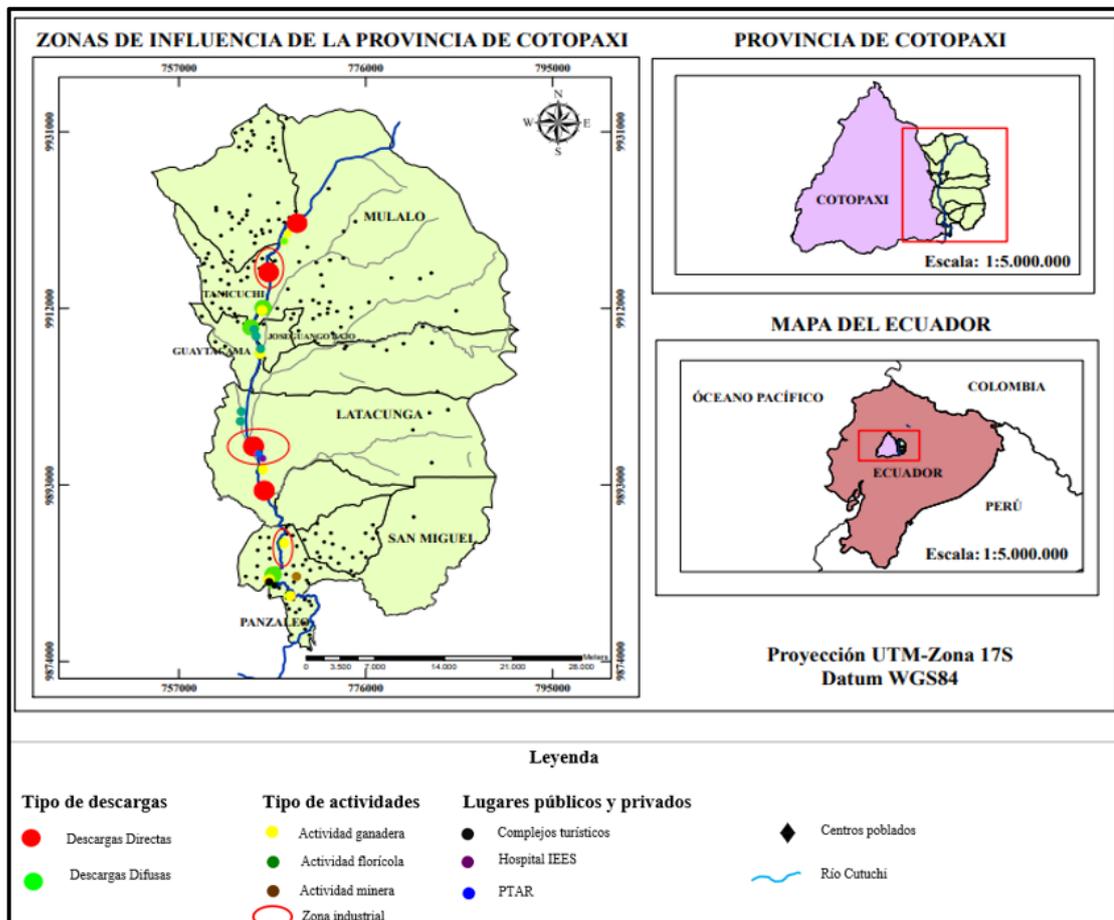


Ilustración 1-3: Zonas de Influencia dentro de la provincia de Cotopaxi y a lo largo del río Cutuchi

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Luego de haber realizado un recorrido por las zonas de monitoreo, se identificó las zonas de influencia al río Cutuchi como se observa en la Ilustración 1-3. Siendo las zonas de la parroquia de Mulaló, Tanicuchi y Latacunga las que presentan zonas de descarga directa, mismas zonas en las que se ha registrado descargas de afluentes directos al río Cutuchi, provenientes de actividades comerciales, domésticas y desechos hospitalarios. Las zonas que presentan descargas difusas

corresponden a las parroquias de Mulaló, Tanicuchi, Guaytacama, San Miguel y Panzaleo, dentro de esta se ha registrado un gran porcentaje de actividad ganadera y florícola. Sin embargo, a lo largo del río Cutuchi se evidencio la presencia de actividades agrícolas, especialmente florícolas y ganaderas, mismas que se encuentran en las riberas del río. En la parroquia de Panzaleo existe una actividad minera que se encuentra a orillas del río, la cual influye directamente en el cauce, también se evidencia la presencia de Complejos turísticos. Las parroquias con mayores zonas industriales son Tanicuchi, Latacunga y San Miguel siendo sitios de alta productividad en productos lácteos, helados, estaciones de servicio, lubricadoras, industrias de papel y textil. Según Arrieta et al., (2018, p.2), la actividad ganadera es una de las actividades más perjudiciales para los recursos hídricos, contribuyendo a la contaminación del agua, siendo los principales agentes contaminantes los desechos animales, los antibióticos y las hormonas, los productos químicos utilizados para teñir las pieles, los fertilizantes y pesticidas que se usan para fumigar los cultivos forrajeros. Las zonas con mayor poblado son Tanicuchi, Guaytacama, San Miguel y Panzaleo.

3.2. Caudales

El caudal a lo largo del río Cutuchi, durante los muestreos realizados en la época de sequía y época lluviosa, presentan un comportamiento medianamente variado.

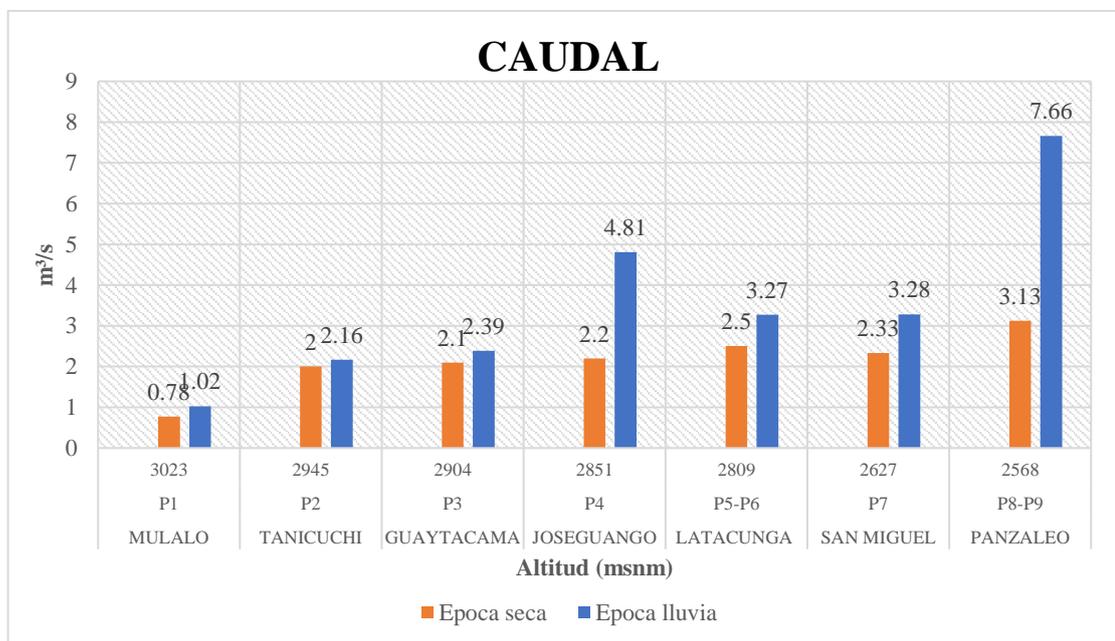


Ilustración 2-3: Resultados del caudal obtenido en los distintos monitoreos tanto en la época seca y época de lluvia a lo largo del río Cutuchi

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

3.2.1. Análisis del caudal en la época lluviosa del río Cutuchi

En la Ilustración 2-3 se muestra que, durante la temporada de lluvias, la parroquia de Panzaleo registra el mayor caudal en comparación con los demás puntos, alcanzando los $7,66 \text{ m}^3/\text{s}$. Esto se debe a que a varios kilómetros río arriba, existen afluentes que se unen al río, como es el caso del río Cutuchi, lo que provoca un aumento significativo en el caudal en comparación con los demás puntos. Otro caudal considerable se encuentra en la parroquia de Joseguango Bajo, con $4,81 \text{ m}^3/\text{s}$, ya que en esta zona el área del río se reduce, lo que conduce a la acumulación de agua, además de ser una de las zonas en las que el río es más profundo. Por otro lado, en las parroquias de Latacunga y San Miguel, el caudal no varía significativamente, presentando valores similares de $3,27 \text{ m}^3/\text{s}$ y $3,28 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente. En la parroquia de Latacunga, el cauce depende de los factores de velocidad y profundidad, siendo rápido y somero. En cambio, para la parroquia de San Miguel, el cauce es una combinación de regímenes de profundidad y velocidad, lo que resulta en una irregularidad notable en su orilla, donde a unos 3 metros adentro se vuelve somero y lento, pero a medida que se adentra hasta su orilla final, se vuelve rápido y profundo.

La parroquia de Guaytacama presenta un caudal de $2,39 \text{ m}^3/\text{s}$. En esta zona, el río tiene un cauce ancho, lo que provoca que sus aguas sean algo lentas. Por su parte, la parroquia de Tanicuchi tiene un caudal de $2,16 \text{ m}^3/\text{s}$. Aquí, sus aguas son profundas y lentas, pero con un cauce ancho debido a la morfología del cauce, lo que hace que sus aguas también sean un tanto lentas. Finalmente, la parroquia de Mulaló presenta un caudal de $1,02 \text{ m}^3/\text{s}$. En esta zona, el río tiene un cauce delgado y una gran sedimentación, lo que hace que sus aguas sean someras y lenta.

3.2.2. Análisis del caudal en la época se sequía del río Cutuchi

En esta época los caudales van a disminuir considerablemente, el mayor caudal que existe es el de la parroquia de Panzaleo con un caudal de $3,13 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo el mayor por su anchura en su cauce, a diferencia de la temporada de lluvia el caudal disminuye totalmente. Otra de las zonas que el caudal se reduce considerablemente es el de la parroquia de Joseguango Bajo con un valor de $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Las demás zonas que corresponden a las parroquias de Guaytacama con un caudal de $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$ y la parroquia de Tanicuchi con un caudal de $2 \text{ m}^3/\text{s}$, a diferencia de las demás zonas el caudal se reduce de manera poco significativa, al igual ocurre con la parroquia de Mulaló que tiene un caudal de $0,78 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.3. Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico

Según Álvarez et al. (2008, p.22), existen diversos factores que afectan la calidad del agua, tales como el uso del suelo, la producción industrial y agrícola, el tratamiento previo al vertido de las aguas residuales en los cuerpos de agua, así como la cantidad de agua en sí, ya que esto determina su capacidad de purificación. Estos factores pueden alterar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua. Por lo tanto, en este estudio se aplicaron índices convencionales para clasificar el río Cutuchi y determinar qué factores influyen en la contaminación de este cuerpo hídrico. Se analizaron 9 puntos de muestreo con respecto a los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos, temperatura, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos, sulfatos, fosfatos, coliformes fecales, coliformes totales, turbidez, DBO5 y DQO.

3.3.1. Nitratos

Los niveles de nitratos y nitritos en aguas naturales son un indicador importante de la calidad del agua. Ambos se encuentran relacionados con el ciclo del nitrógeno de suelo y plantas superiores, aunque los nitratos son añadidos por medio de fertilizantes que puede ocasionar que los niveles de estos aumenten (Cabrera et al., 2003, p.88).

Tabla 1-3: Resultados del ion Nitrato (NO_3^-) del río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	Nitrato mg/L
P1	MULALO	3,8	0,9	0,6	1,8	1,78
P2	TANICUCHI	5,2	1,6	0,4	2,4	2,40
P3	GUAYTACAMA	1,6	2,6	1,2	4,3	2,43
P4	JOSEGUANGO	2,5	1,7	2,4	3,1	2,43
P5-P6	LATACUNGA	3,8	1,5	4,5	4,4	3,55
P7	SAN MIGUEL	3,1	3,1	4,8	2,6	3,40
P8-P9	PANZALEO	4,1	4,2	6,1	3,15	4,39

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

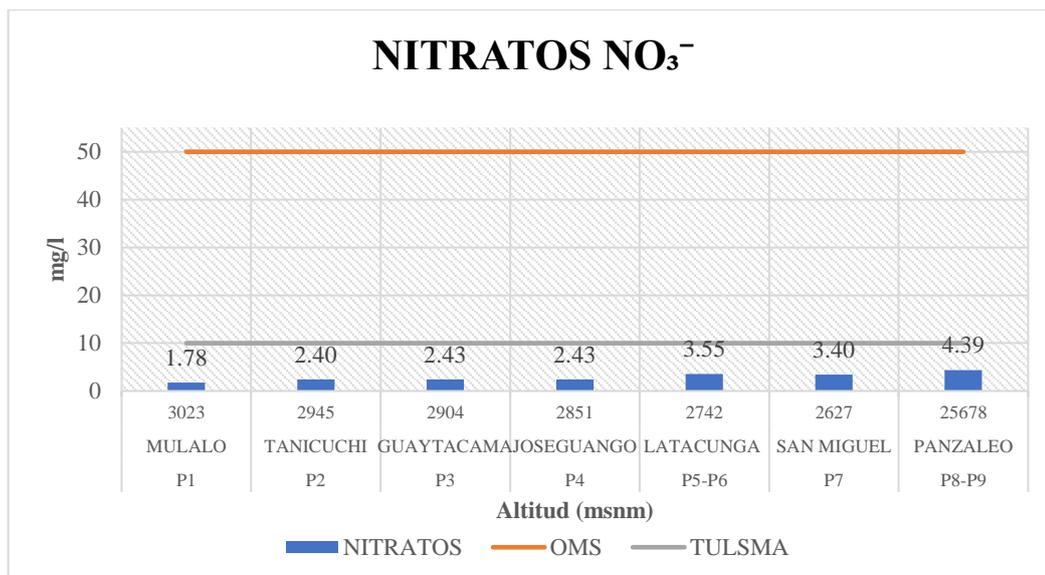


Ilustración 3-3: Resultados de la variación del del ion nitrato (NO₃⁻)

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Los valores obtenidos durante los cuatro monitoreos realizados durante la época seca y lluviosa se reflejan en la Ilustración 3-3. Se observa que la parroquia de Panzaleo presenta la mayor cantidad de nitratos, con una concentración de 4,34 mg/L. Esto se debe a la presencia de varios cultivos y descargas de aguas domésticas, ya que es una zona poblada que recibe todos los residuos de los puntos anteriores. Además, al ser un cauce más grande, existe una mayor concentración.

En la parroquia de Latacunga también se observa una concentración considerablemente alta de 3,55 mg/L debido a la presencia de cultivos destinados para su comercialización a mayor escala, así como a descargas domésticas y de desechos hospitalarios. La parroquia de San Miguel presenta una concentración de 3,40 mg/L, donde la gran cantidad de cultivos y la presencia de una mina de macadán cercana afectan a la calidad del agua.

Por otro lado, las parroquias de Guaytacama y Joseguango Bajo presentan una concentración de 2,43 mg/L, influenciadas por la presencia de varias industrias, cultivos y aguas residuales de mecánicas y lubricadoras. La parroquia de Tanicuchí presenta una concentración de 2,40 mg/L por las mismas razones.

En cambio, la parroquia de Mulaló presentó la menor concentración de nitratos con 1,78 mg/L. En esta zona se observa la descarga de lavados de vegetales y tubérculos, que son descargados al río. La presencia de animales también es un factor importante en la concentración del ion nitrato, ya que las heces fecales son un indicador de alto contenido de nitratos, y en todo cultivo existen animales.

De acuerdo a los parámetros permisibles establecidos por la OMS, Baque et al., (2016, p. 114) señalan que una concentración del ion nitrato mayor a 250 mg/L indica que el agua es dañina. En la gráfica

se observa que ninguna de las concentraciones obtenidas durante el monitoreo sobrepasa este límite, por lo que no existe riesgo alguno de que provoque daño a la salud humana o animal.

3.3.2. Nitritos

Los nitritos son compuestos que forman parte del ciclo natural del nitrógeno, las actividades humanas incrementan sus niveles principalmente en el suelo, y es debido a su solubilidad en agua, por lo que llega a alcanzar concentraciones importantes en ríos o lechos profundos (Bolaños et al., 2017, p.17).

Tabla 2-3: Resultados del ion Nitrito (NO_2^-) del río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	Nitritos mg/L
P1	MULALO	0,02	0,06	0,04	0,03	0,038
P2	TANICUCHI	0,01	0,02	0,06	0,04	0,033
P3	GUAYTACAMA	0,01	0,08	0,06	0,09	0,060
P4	JOSEGUANGO	0,03	0,05	0,09	0,09	0,065
P5-P6	LATACUNGA	0,04	0,085	0,17	0,16	0,113
P7	SAN MIGUEL	0,08	0,23	0,16	0,22	0,173
P8-P9	PANZALEO	0,13	0,25	0,28	0,21	0,214

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

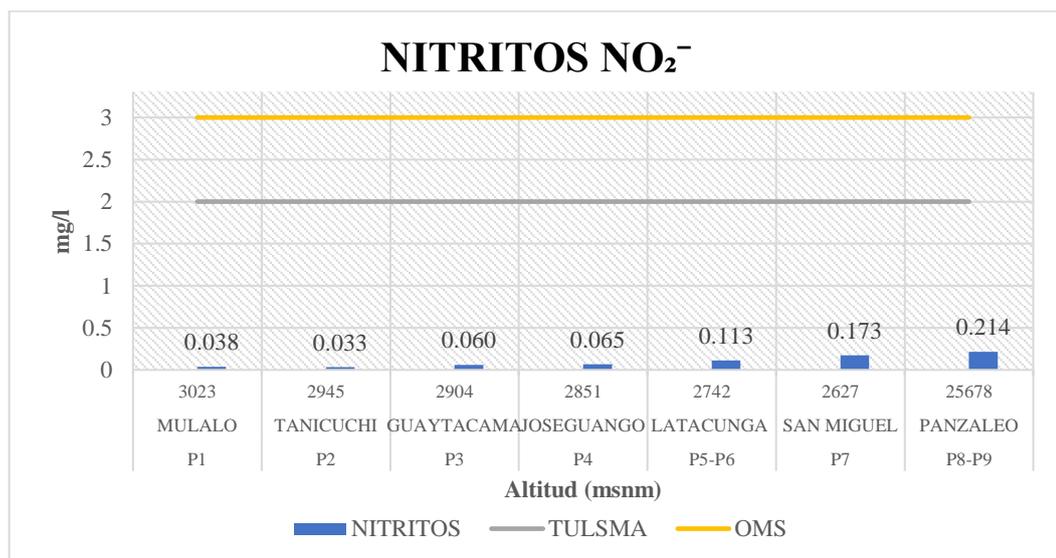


Ilustración 4-3: Resultados de la variación ion Nitrito (NO_2^-)

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

En relación a los resultados de las concentraciones de nitritos que se muestran en la Ilustración 4-3, se puede afirmar que los cuatro monitores realizados muestran los siguientes valores promedio. La parroquia de Panzaleo presenta la concentración más alta de 0,21 mg/L, la cual se considera dañina o peligrosa para la salud de cualquier ser vivo. En cambio, la parroquia de San Miguel registra una concentración de 0,17 mg/L. En la parroquia de Latacunga, la concentración de nitritos es de 0,11 mg/L, debido a la cercanía de asentamientos poblacionales y emisiones constantes de aguas residuales en el río.

En las parroquias de Joseguango Bajo y Guaytacama se registran concentraciones similares de 0,065 mg/L y 0,060 mg/L, respectivamente. Las concentraciones más bajas se presentaron en las parroquias de Tanicuchi y Mulaló con 0,033 mg/L y 0,038 mg/L, respectivamente. Según Bolaños-Alfaro et al., (2017, p. 17) la actividad agronómica es la principal causa de la contaminación por nitritos. Según Rodríguez, (2001, p. 1), valores entre 0,1 y 0,9 mg/L pueden presentar problemas de toxicidad, mientras que valores por encima de 1 mg/L son altamente tóxicos y pueden producir un impedimento para la vida de un ecosistema fluvial.

Bolaños et al., (2017, p. 17) sostienen que la contaminación de las aguas naturales por compuestos nitrogenados se debe a actividades de origen industrial, ganadero o urbano, así como a altas tasas de cultivo cercano y animales que producen una gran variedad de alimento. Por su parte, el (TULSMA, 2017, p. 268) en el libro VI anexo 1, establece que un nitrito es considerado dañino si su concentración supera los 2 mg/L. Sin embargo, en el caso presentado, las concentraciones de nitritos obtenidas son irrelevantes para causar algún daño a la salud o cualquier ser vivo.

3.3.3. Sulfatos

Según Aguilera et al., (2010, p.39) los sulfatos en el agua pueden tener su origen en las aguas que atraviesan terrenos ricos en yeso o a la contaminación con aguas residuales industriales.

Tabla 3-3: Resultados del ion sulfato (SO_4^{2-}) río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	Sulfatos mg/L
P1	MULALO	4,75	13,6	10,95	13,3	10,65
P2	TANICUCHI	1,70	8,95	12	9,1	7,94
P3	GUAYTACAMA	4,3	10,35	12,75	9,4	9,20
P4	JOSEGUANGO	7,75	13	14,4	13,15	12,08
P5-P6	LATACUNGA	8,2	17,7	14,38	12,45	13,18
P7	SAN MIGUEL	20,4	22,4	37	19,75	24,89
P8-P9	PANZALEO	20,23	19,73	32,5	20	23,11

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

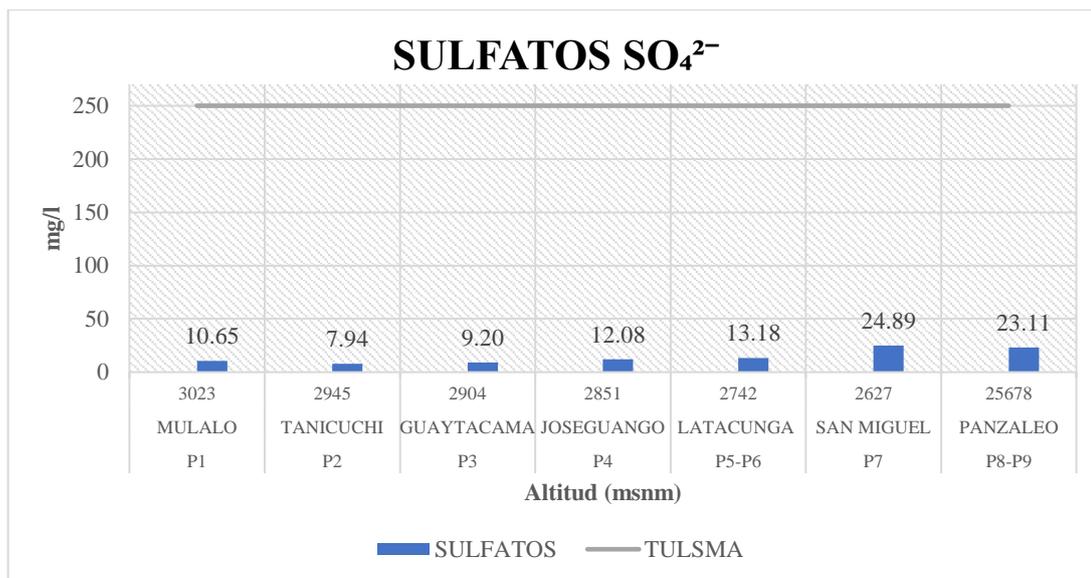


Ilustración 5-3: Resultados de la variación del ion sulfato (SO_4^{2-})

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Como se puede observar en la Ilustración 5-3 las diferentes concentraciones que existen en cada zona monitoreada, la que presenta mayor concentración de sulfatos es la parroquia de San Miguel con 24,89 mg/L, esto se debe a que esta influenciada por un sector minero, por un sector agrícola y ganadero, lo mismo sucede con la parroquia de Panzaleo que presenta una concentración de 23,11 mg/L, esto se debe a la actividad antrópica del sector e incluso con la actividad minera que se realiza cerca de la zona. En cuanto a la parroquia de Latacunga presenta una concentración de 13,18 mg/L, siendo las 3 parroquias que presentan concentraciones altas en cuanto a sulfatos, sin embargo, las parroquias de Joseguango Bajo, Mulaló, Guaytacama y Tanicuchi presentan concentraciones de 12,08 mg/L, 10,65 mg/L, 9,20 mg/L y 7,94 mg/L, respectivamente.

Según Bolaños et al., (2017, p.92), las concentraciones de sulfato superiores a 250 mg/L son consideradas tóxicas para el ser humano. En el caso de las concentraciones reportadas en las zonas de estudio, no representan un peligro para la salud de los seres vivos.

3.3.4. Fosfatos

En los últimos años, la presencia de fosfatos como contaminantes de agua ha adquirido mucha importancia debido a la escasez del recurso hídrico y a su deterioro creciente (Lavie et al., 2010, pag 170).

Tabla 4-3: Resultados del ion fosfato (PO_4^{3-}) en el río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	Fosfatos mg/L
P1	MULALO	0,96	2,75	0,96	2,75	1,86
P2	TANICUCHI	1,21	2,75	0,96	2,75	1,92
P3	GUAYTACAMA	2,75	0,6	1,28	2,46	1,77
P4	JOSEGUANGO	1,17	1,1	0,96	1,27	1,13
P5-P6	LATACUNGA	1,39	1,09	1,72	1,45	1,41
P7	SAN MIGUEL	1,34	1,65	1,71	1,17	1,47
P8-P9	PANZALEO	1,20	1,70	1,73	1,36	1,49

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

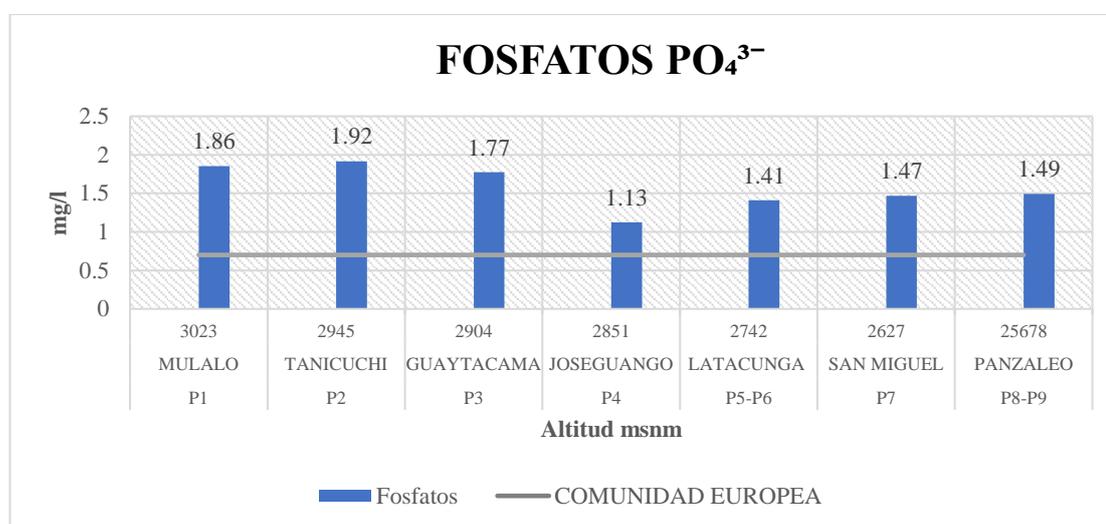


Ilustración 6-3: Resultados de la variación del ion fosfato (PO_4^{3-})

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

En la tabla 4-3 se presentan los resultados de los análisis de fosfatos realizados en cuatro puntos de monitoreo del río Cutuchi. La parroquia de Tanicuchi fue la que registró la concentración más alta de 1,92 mg/L, tal y como se muestra en la Ilustración 6-3. Las parroquias de Mulaló y Guaytacama presentaron valores similares de 1,86 mg/L y 1,77 mg/L, respectivamente. Estas tres parroquias destacan por presentar las concentraciones de fosfatos más elevadas, debido en gran parte a la actividad agrícola y ganadera en la zona. Por otro lado, las parroquias de Panzaleo, San Miguel y Latacunga registraron concentraciones medias de 1,49 mg/L, 1,47mg/L y 1,41 mg/L, respectivamente, y la parroquia de Joseguango Bajo presentó la concentración más baja con 1,13 mg/L.

De acuerdo con Lavie et al., (2010, p. 170), la contaminación por fosfatos es una consecuencia directa del uso de fertilizantes en la agricultura, por lo que es lógico encontrar altas concentraciones de este ion en todas las zonas, principalmente en aquellas donde se lleva a cabo dicha actividad. Al comparar los valores obtenidos con los límites permisibles establecidos por la

comunidad europea, se puede observar que en todas las zonas monitoreadas se superan dichos límites, lo cual es perjudicial para todos los seres vivos que dependen del río Cutuchi. Según Ministerio de Medio Ambiente, (1999, p. 205), estos altos niveles de fosfatos pueden tener consecuencias graves en la calidad del agua y en el ecosistema en general.

3.3.5. Demanda química de oxígeno

La DQO constituye la cantidad de oxidante químico que se requiere para poder oxidar los materiales contenidos en el agua y se utiliza para establecer un nivel de contaminación (Rosabal et al., 2012, p.16) por las fuentes de materia orgánica como las actividades agrícolas, industriales y las aguas residuales generadas en zonas urbanas y rurales (Muñoz et al., 2011, p.28).

Tabla 5-3: Resultados del DQO en el río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	DQO mg/L
P4	JOSEGUANGO	305	55	66	74	125
P5-P6	LATACUNGA	142,5	68,5	93	77,5	95,38
P7	SAN MIGUEL	190	74	79	36	94,75
P9	PANZALEO	180	70	77	11	84,5

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

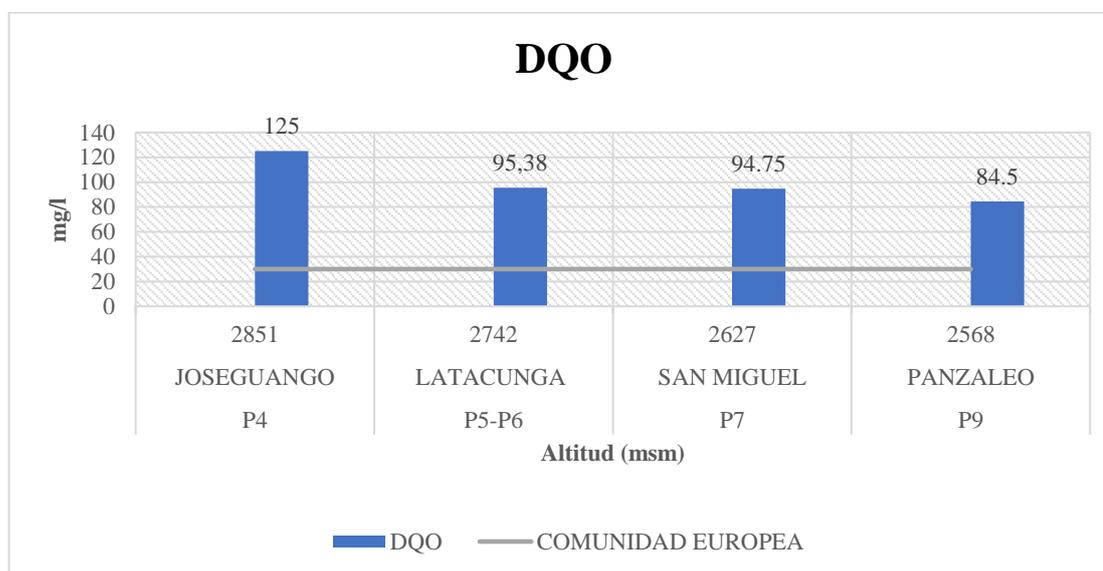


Ilustración:7-3: Resultados de la variación del DQO

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Los resultados que se reflejan en la Ilustración 7-3, arrojan los datos de los monitoreos correspondientes a las parroquias de Joseguango Bajo, San Miguel, Latacunga y Panzaleo, debido a que en estas zonas existe una gran cantidad de cultivos, los mismos que hacen uso de pesticidas,

de igual manera se ven influenciadas por varias industrias. Es así que la parroquia que presenta una cantidad significativa de DQO es la parroquia de Joseguango Bajo con 125 mg/L, en cambio las parroquias de Latacunga y San Miguel comparten datos similares de 95,38 mg/L y 94,75 mg/L respectivamente y la parroquia de Panzaleo arroja un valor de 84,5 mg/L, cabe mencionar que los resultados obtenidos superan los límites máximos permisibles, lo que indica que las aguas del río Cutuchi contienen un alto grado de materia orgánica.

3.3.6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

El alto contenido de materia orgánica beneficia el crecimiento de algas y bacterias estos utilizan el oxígeno para su oxidación produciendo afectaciones en el ecosistema acuático en donde mayor sea la concentración más contaminación existe (Lecca y Lizama, 2014, p. 75).

Tabla 6-3: Resultados del DBO en el río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	DBO5 mg/L
P1	MULALO	23	25	28	27	25,75
P2	TANICUCHI	23	24	23	25	23,75
P3	GUAYTACAMA	15	53	35	38	35,25
P4	JOSEGUANGO	53	53	35	38	44,75
P5-P6	LATACUNGA	17,5	17,5	47	39,5	30,38
P7	SAN MIGUEL	64	64	37	20	46,25
P8-P9	PANZALEO	55,5	55,5	38,5	13,5	40,75

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

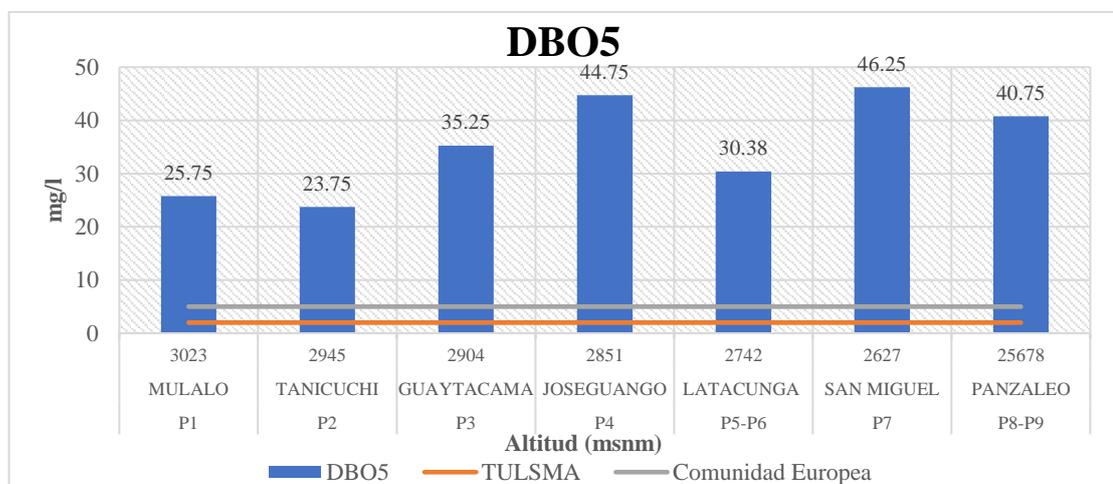


Ilustración 8-3: Resultados de la variación del DBO5

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Como se puede observar en la ilustración 8-3 existe presencia de valores elevados de concentración de DBO5 en todas las zonas monitoreadas siendo la zona de San Miguel la mayor expuesta con 46,25 mg/L en esta zona la presencia de la actividad minera contribuye para que exista alta demanda bioquímica de oxígeno, la siguiente zona es Joseguango con una concentración de 44,75 mg/L, seguido de Panzaleo con 40,75 mg/l, la siguiente zona es Guaytacama con 32,25 mg/l, la siguiente es Latacunga con 30,38 mg/L, la siguiente es la zona de Mulaló con 25,75 mg/L y por último la zona de Tanicuchi con 23,75 mg/L, como en el TULSMA, (2017,pag 268) nos dice que las aguas que superen los 2 mg/L se consideran aguas de mala calidad o aguas muy contaminadas que no son aptas para los seres vivos, en este caso todas las zonas muestreadas se consideran de mala calidad porque sobrepasan de manera extraordinaria los parámetros establecidos. En todas las zonas existe la presencia de aguas residuales vertidas al río sin previo tratamiento lo que hace que exista un alto contenido orgánico este contenido orgánico que es utilizado para la oxidación consume el oxígeno que utiliza la flora y fauna acuática para su desarrollo lo cual estanca la vida ecológica, afectando los ecosistemas (Lecca y Lizama, 2014, p. 75).

3.3.7. Coliformes fecales

El desarrollo de la población y el aumento desmedido de la misma ha generado un vertido de residuos a los cursos de agua (Olivas et al., 2011, p. 450). Las Coliformes fecales son indicadores del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno (Sierra, 2011, p.82).

Tabla 7-3: Resultados de las coliformes fecales en el río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	Coliformes fecales UFC
P1	MULALO	258	1076	908	686	732
P2	TANICUCHI	74	228	95	686	271
P3	GUAYTACAMA	262	670	416	304	413
P4	JOSEGUANGO	108	226	324	254	228
P5-P6	LATACUNGA	334	505	701	779	580
P7	SAN MIGUEL	294	828	1080	842	761
P8-P9	PANZALEO	142	568	610	505	456

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

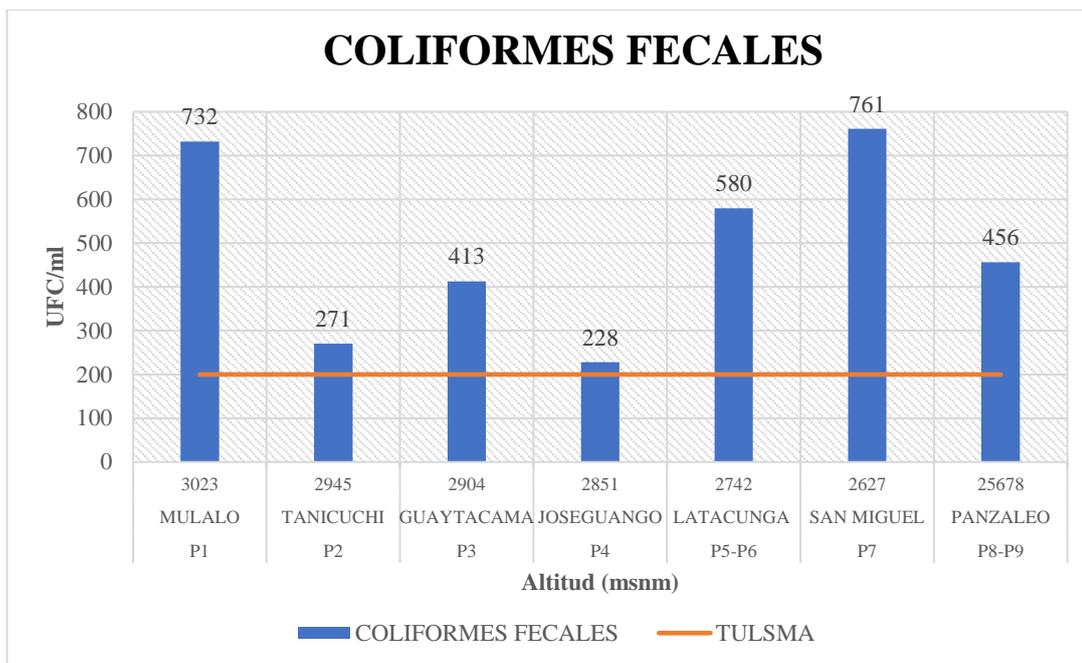


Ilustración 9-3: Resultados de la variación del coliformes fecales

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Los resultados de los monitoreos se pueden observar en la Ilustración 9-3. Los valores obtenidos del análisis de coliformes fecales dan como resultado que la parroquia de San Miguel es la que presenta un mayor número de coliformes fecales, con 761 UFC. De manera similar, la parroquia de Mulaló tiene un número de 732 UFC y la parroquia de Latacunga presenta un número considerable de coliformes con respecto a las demás zonas, con 580 UFC. Estos valores son elevados en estas zonas debido a la presencia de comunidades rurales y urbanas que utilizan estas aguas para sus actividades agrícolas y ganaderas. Otro factor se debe a las descargas domésticas que son vertidas sin tratamiento previo.

En cambio, las parroquias de Panzaleo y Guaytacama presentan valores medios en cuanto al número de coliformes fecales, con valores de 456 UFC y 413 UFC respectivamente. En estas zonas se ve la influencia de actividades ganaderas. Sin embargo, las zonas que presentan valores bajos corresponden a las parroquias de Tanicuchi y Joseguango Bajo, con valores de 271 UFC y 228 UFC.

Cabe mencionar que todas las zonas se encuentran fuera de los rangos establecidos para la preservación de la vida silvestre. Esto se debe a la presencia de industrias pequeñas en algunas zonas, la presencia de descargas domésticas y el hecho de que los moradores colocan a sus animales a orillas del río, exponiéndolos a enfermedades causadas por coliformes fecales.

3.3.8. Coliformes totales

La presencia de coliformes totales indica que el cuerpo de agua ha sido o está contaminado con materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos o animales (Sierra, 2011, p. 82).

Tabla 8-3: Resultados de las coliformes totales en el río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	Coliformes totales UFC
P1	MULALO	310	428	322	1354	604
P2	TANICUCHI	178	352	24	1354	477
P3	GUAYTACAMA	532	552	216	568	467
P4	JOSEGUANGO	370	280	266	618	384
P5-P6	LATACUNGA	434	464	200	815	478
P7	SAN MIGUEL	602	334	294	818	512
P8-P9	PANZALEO	420	252	472	673	454

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

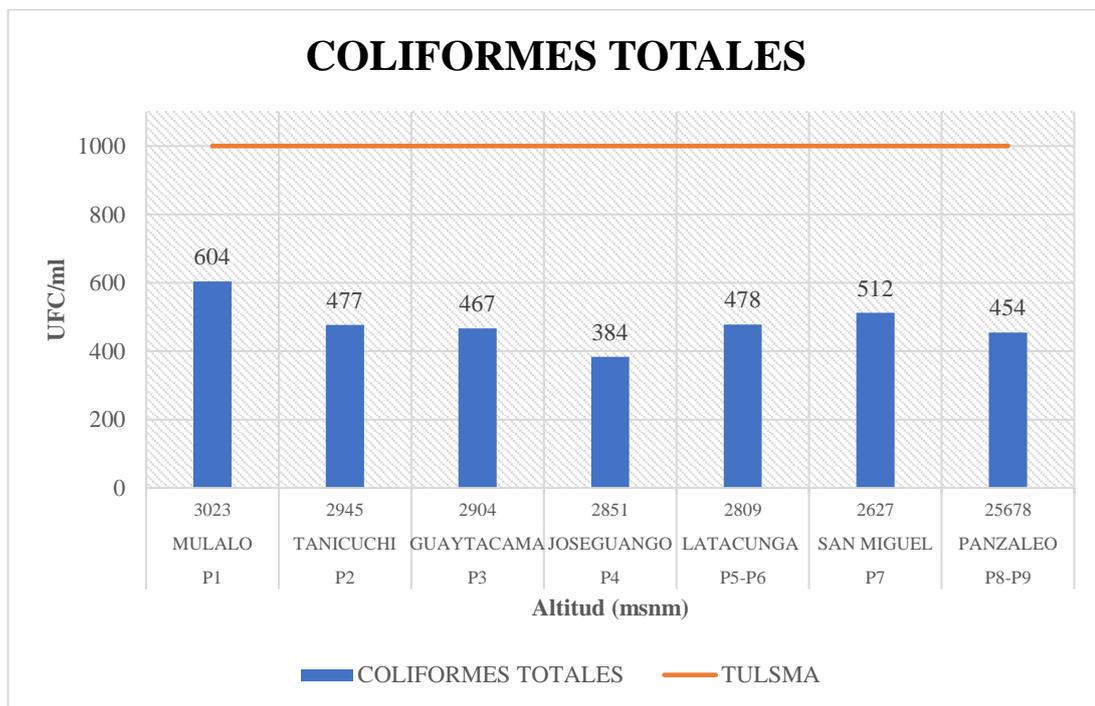


Ilustración 10-3: Resultados de la variación de coliformes totales

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

En la Ilustración 10-3 se pueden observar los resultados obtenidos del análisis de coliformes totales siendo la parroquia de Mulaló la que presenta el mayor número de coliformes totales con

un valor de 604 UFC, esto se debe a que la actividad ganadera es alta lo que permite que exista contaminación en cuanto a bacterias coliformes. Otra de las zonas que tiene un valor elevado es la parroquia de San Miguel con un valor de 512 UFC, de igual manera en esta zona existe la presencia de ganado, descargas domesticas e industriales.

Las demás zonas presentan valores similares y corresponden a las parroquias de Latacunga, Tanicuchi, Guaytacama las cuales arrojan valores de 478 UFC, 477 UFC y 467 UFC respectivamente, estas zonas se encuentran en un término medio en donde la actividad agrícola, ganadera, industriales, la presencia de centros de salud interviene de manera directa. En cambio, la zona que presenta un numero bajo en cuanto a coliformes totales es la parroquia de Joseguango Bajo con 384 UFC.

3.3.9.- pH

Los ríos son sistemas abiertos donde el agua circula constantemente para mantener un equilibrio que beneficie a los organismos que dependen de él. El pH es un indicador clave de la concentración de iones hidrógeno en el agua, y por tanto, es un factor determinante para la calidad de agua de un río (García et al., 2019, p. 60).

Tabla 9-3: Resultados pH en el río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	pH
P1	MULALO	7,74	7,8	7,42	7,78	7,69
P2	TANICUCHI	7,84	7,95	7,63	7,85	7,82
P3	GUAYTACAMA	8,13	7,98	7,8	7,23	7,79
P4	JOSEGUANGO	7,75	8,05	7,85	7,85	7,88
P5-P6	LATACUNGA	7,93	8,05	7,81	8,01	7,95
P7	SAN MIGUEL	8,18	8,09	8,21	8,35	8,21
P8-P9	PANZALEO	8,31	8,45	8,08	8,3	8,28

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

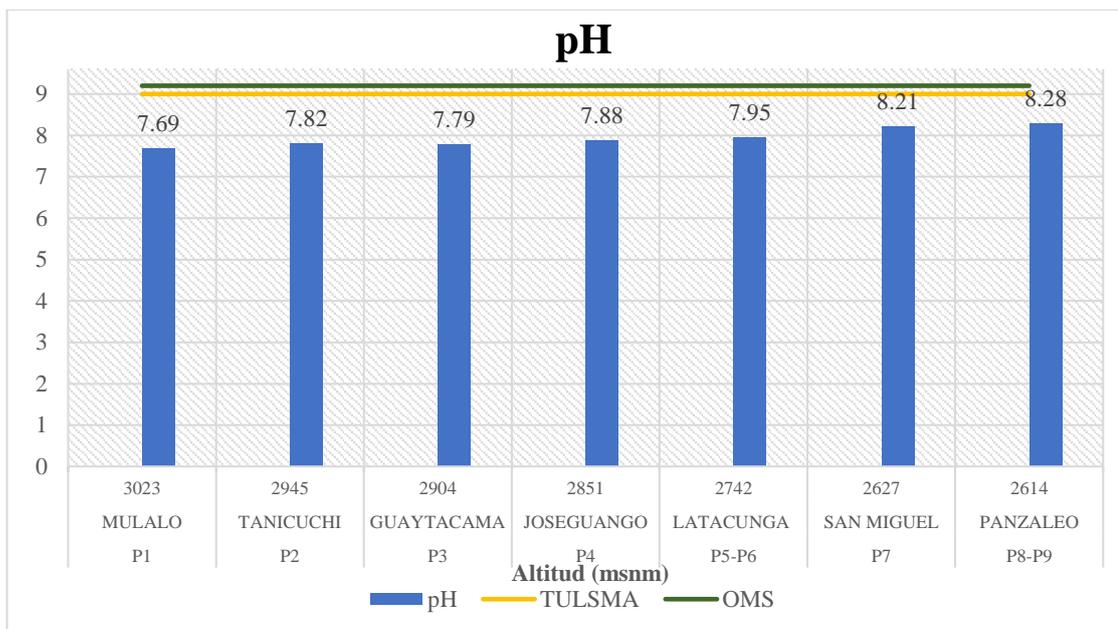


Ilustración 11-3: Resultados de la variación de pH

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

En la ilustración 11-3 se muestran los resultados estimados del pH del río Cutuchi, analizados en los correspondientes muestreos. El valor más alto se registró en la zona de Panzaleo, con un pH de 8,28. Según García et al. (2019, p. 60), existen varios factores que pueden afectar el cauce de un río, como los desechos de la agricultura, los drenajes de ácidos de minerías, entre otros. En este caso, la actividad agrícola existente en la zona es la principal causa del alto valor de pH, ya que tanto esta como las demás zonas se dedican a la agricultura para su posterior comercio.

La siguiente zona con un valor alto de pH es San Miguel, con 8,21. En este punto, la actividad minera cercana tiene un impacto directo en el valor del pH. En la zona de Latacunga, también con un valor de 8,21, la presencia de descargas de aguas residuales domésticas es la principal causa del valor elevado de pH.

La siguiente zona es Joseguango, con un pH de 7,88, seguida de Tanicuchi, con un valor de 7,82. En la zona de Guaytacama el valor de pH es 7,79 y, por último, la zona de Mulaló tiene un valor de 7,69. Estos valores se asemejan debido a la alta actividad agrícola en todas estas zonas, lo que hace que el pH del río varíe, aunque no de forma significativa. Cabe recalcar que ninguno de los valores sobrepasa los límites establecidos.

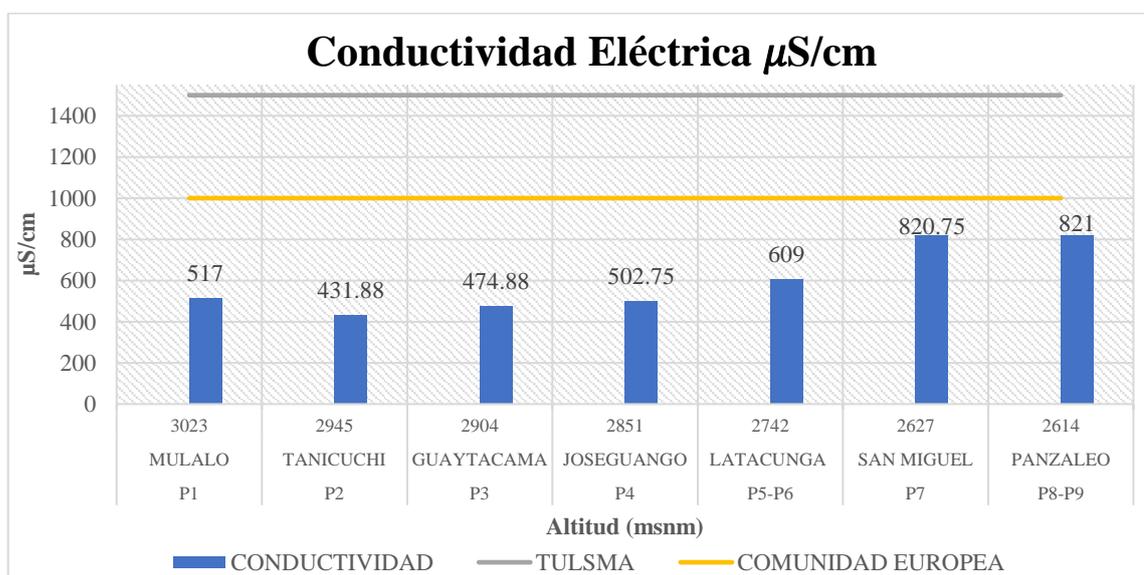
3.3.10.- Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica (CE) se define como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos (Solís et al., 2018, pag 37).

Tabla 10-3: Resultados conductividad eléctrica del río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	Conductividad Eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$
P1	MULALO	432	566	566	504	517
P2	TANICUCHI	494	377	444	412,5	431,88
P3	GUAYTACAMA	497	505	470	427,5	474,88
P4	JOSEGUANGO	625	579	517	290	502,75
P5-P6	LATACUNGA	700,5	647	550	536,5	609
P7	SAN MIGUEL	930	878	804	671	820,75
P8-P9	PANZALEO	894	950	806	632,5	821

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

**Ilustración 12-3:** Resultados de la variación de la conductividad eléctrica

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

En la ilustración 12-3 se muestran los resultados de la conductividad eléctrica del río Cutuchi. La mayor conductividad se registró en la zona de Panzaleo con 821 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que la zona de San Miguel obtuvo el segundo valor más alto con 820,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En estas zonas, la actividad agrícola y ganadera contribuye a la concentración de sales en el agua, especialmente las que provienen de los fertilizantes utilizados en la agricultura.

Por otro lado, en la zona de Latacunga se registró una conductividad eléctrica de 609 $\mu\text{S}/\text{cm}$ debido a la presencia de descargas de aguas residuales domésticas que aportan materia orgánica perjudicial para la vida acuática y fauna. En la zona de Mulaló, la actividad agrícola influye negativamente en la presencia de conductividad eléctrica con un valor de 517 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En la zona de Joseguango se registró una conductividad eléctrica de 502,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donde la actividad agrícola y ganadera también influyen en la presencia de sales en el agua. En la zona de Guaytacama, la conductividad eléctrica fue de 474,88 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y en la zona de Tanicuchi fue de 431,88 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En estas últimas zonas, se registra la presencia de actividad ganadera y agrícola. Es importante considerar lo que nos indica Solís et al., (2018, p. 37), sobre la solubilidad de las sales en el agua, que depende de la temperatura, por lo que la conductividad eléctrica varía de acuerdo con la temperatura del agua. En resumen, la actividad humana en las zonas cercanas al río Cutuchi influye significativamente en la conductividad eléctrica del agua, lo que puede tener un impacto negativo en la vida acuática y la fauna.

3.3.11.- Oxígeno disuelto

La calidad del agua en un cauce está relacionada con el consumo de oxígeno (OD) disuelto por la descomposición de la materia orgánica y a los sedimentos que se encuentran en el fondo de un río (Benjumea y Álvarez, 2017, p. 132).

Tabla 11-3: Resultados oxígeno disuelto del río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	Oxígeno disuelto %
P1	MULALO	74,3	68,5	52,6	75,8	67,80
P2	TANICUCHI	73,5	76	57,2	77,2	70,98
P3	GUAYTACAMA	77,3	77,1	64,6	81,4	75,10
P4	JOSEGUANGO	87,4	78,4	76,1	32,8	68,68
P5-P6	LATACUNGA	79,1	76,75	57,05	80,55	73,36
P7	SAN MIGUEL	81,8	75	63	83,8	75,90
P8-P9	PANZALEO	86,85	80,7	70,5	86,4	81,11

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

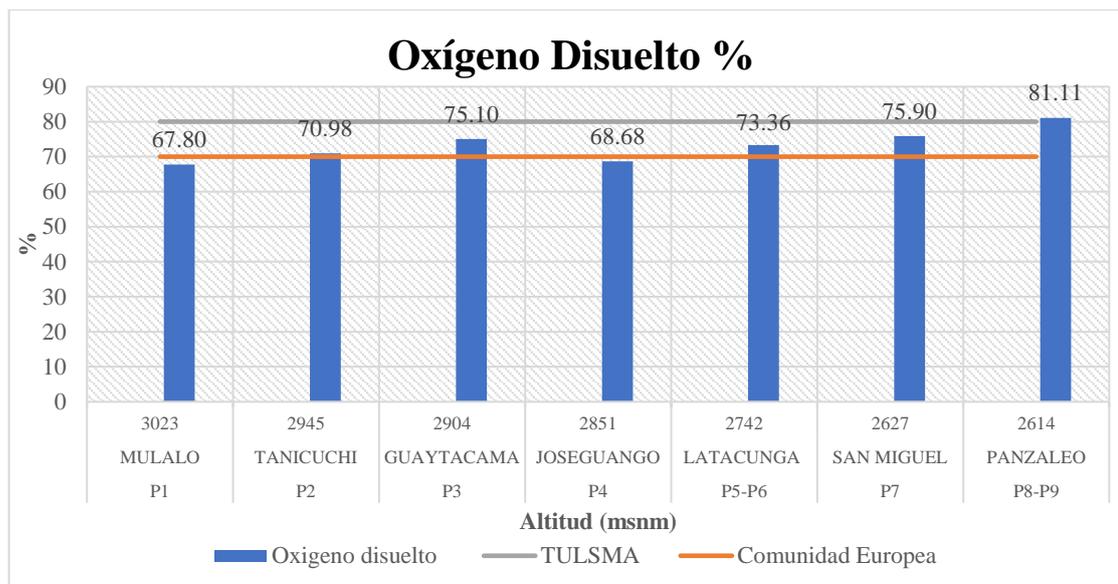


Ilustración 13-3: Variación de oxígeno disuelto

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

La ilustración 13-3 presenta información sobre los valores obtenidos en diferentes puntos de muestreo en el cauce del río Cutuchi, en la zona de Panzaleo se obtuvo el valor más alto con 81,11 %, siendo la única zona que cumple con los estándares establecidos para que pueda existir una vida ecológica variada tanto en flora como fauna. Esto indica que el agua en esta zona es de buena calidad y es un gran indicador de la calidad del agua.

La siguiente zona es San Miguel con un valor de 75,90 %. A esta zona se le atribuye la actividad minera y la circulación de grandes camiones cargados de material sólido de finas partículas (ripió) cerca del lecho del río. Esto contribuye directamente a la acumulación de materia sedimentable y perjudica el oxígeno disuelto (OD).

La zona de Guaytacama obtuvo un valor de 75,10 %, seguida por Latacunga con 73,36 %. En esta última, la gran acumulación de aguas residuales domésticas es también una causa de la disminución del OD. Tanicuchi registró un valor de 70,98 %, seguida por Joseguango con 68,68 % y por último la zona de Mulaló con 67,80 %.

Estas zonas no cumplen con los parámetros ya que el oxígeno disuelto influye en gran parte la sedimentación, puesto que para que exista vida acuática se necesita luz y actividad autotrófica, las mismas que se ven perjudicadas por actividades agrícolas y ganaderas. Las intensas lluvias también provocan la acumulación de material de sedimentación, arrastrando gran parte de basura y otros elementos perjudiciales para una buena vida ecológica.

En resumen, la ilustración 26-3 muestra que la calidad del agua en el río Cutuchi varía significativamente entre las diferentes zonas, y que hay factores como la actividad humana, las condiciones climáticas y la sedimentación que pueden afectar la calidad del agua y la vida ecológica.

3.3.12.- Temperatura

La temperatura (T°) del agua en ríos depende de los intercambios naturales de calor con la atmósfera y con el fondo. Las altas temperaturas pueden tener efectos no deseados sobre la calidad del agua (Prats et al., 2015, p. 1).

Tabla 12-3: Resultados de la variación de temperatura río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	T° agua	T° ambiente	ΔT°
P1	MULALO	14,5	16	1,4
P2	TANICUCHI	14,2	15,1	0,9
P3	GUAYTACAMA	14,4	15,3	0,9
P4	JOSEGUANGO	14	15	0,8
P5-P6	LATACUNGA	14,2	16,1	1,9
P7	SAN MIGUEL	14,4	16	1,6
P8-P9	PANZALEO	16,5	17,4	1,9

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

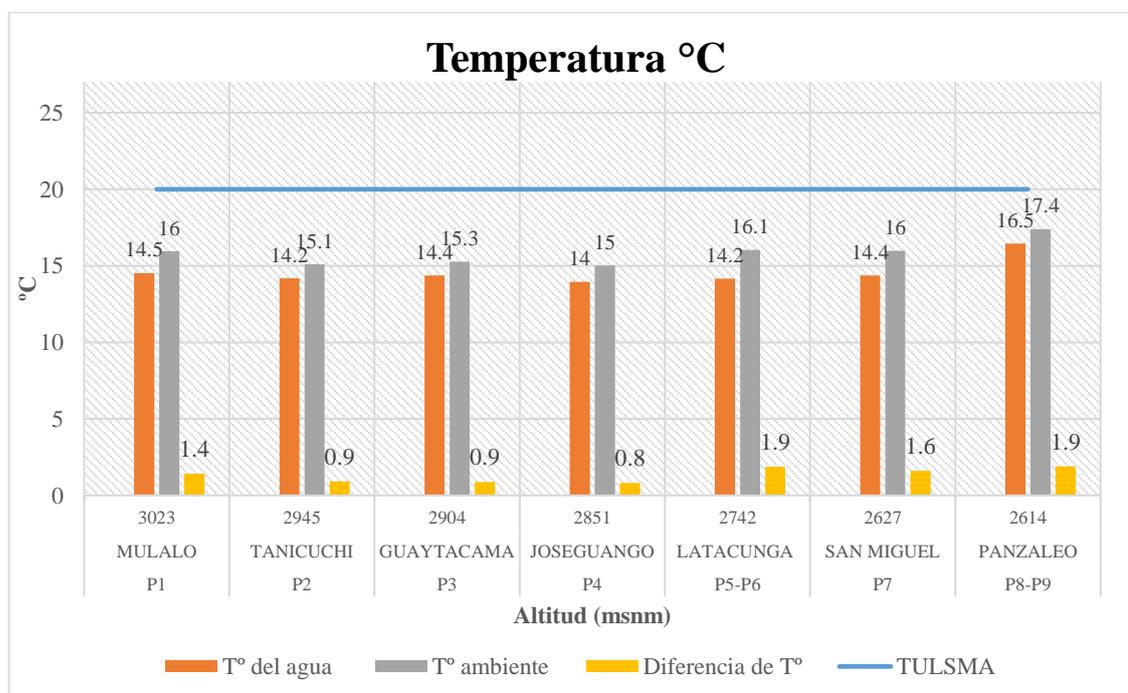


Ilustración 14-3: Resultado de la variación de temperatura ambiente, en agua y diferencia de temperatura

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

En la ilustración 14-3 se muestran los resultados de la variación de la temperatura en diferentes zonas del río. La zona de Panzaleo y Latacunga son las que más fluctúan con 1,9 °C entre la temperatura ambiente y la del agua. La siguiente zona es San Miguel con 1,6 °C, seguida por la zona de Mulaló con 1,4 °C. La similitud de las zonas de Tanicuchi y Guaytacama presentan una variación de 0,9 °C y, por último, Joseguango con 0,8 °C.

La mayoría de estas zonas no presentan una variación significativa, y esto se debe a que se encuentran en rangos altitudinales altos, sobre los 2500 m.s.n.m. Sin embargo, se ven afectados por las actividades ganaderas, agrícolas y descargas de aguas residuales directas al río. Cabe destacar que, según Prats et al., (2015. p. 1) la temperatura media anual del agua del río tiende a aumentar a medida que disminuye la altitud.

Es importante mencionar que la variación de la temperatura puede tener efectos negativos en la vida acuática. El aumento de la temperatura del agua puede disminuir la cantidad de oxígeno disuelto, afectando así la respiración de los organismos acuáticos. Además, puede provocar cambios en los ciclos de vida de los organismos, como la migración, la alimentación y la reproducción. Por lo tanto, es fundamental monitorear la temperatura del agua y tomar medidas para mantenerla en rangos adecuados para la vida acuática.

3.3.13.- Turbidez

La turbiedad es una característica aplicada como criterio de calidad de agua, aunque también es asociada con el riesgo microbiológico potencial en el agua (Montoya et al., 2011, pag 139).

Tabla 13-3: Resultados turbiedad del río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	TURBIEDAD NTU
P1	MULALO	13,5	2,48	3,03	47,3	16,58
P2	TANICUCHI	6,05	1,2	6,23	9,91	5,85
P3	GUAYTACAMA	8,8	4,6	5,25	7,33	6,50
P4	JOSEGUANGO	8	3,09	8,56	10,53	7,55
P5-P6	LATACUNGA	12,15	3,84	16,4	19,75	13,03
P7	SAN MIGUEL	12,3	8,8	5,3	13,8	10,05
P8-P9	PANZALEO	11,65	7,6	16,11	17,17	13,13

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

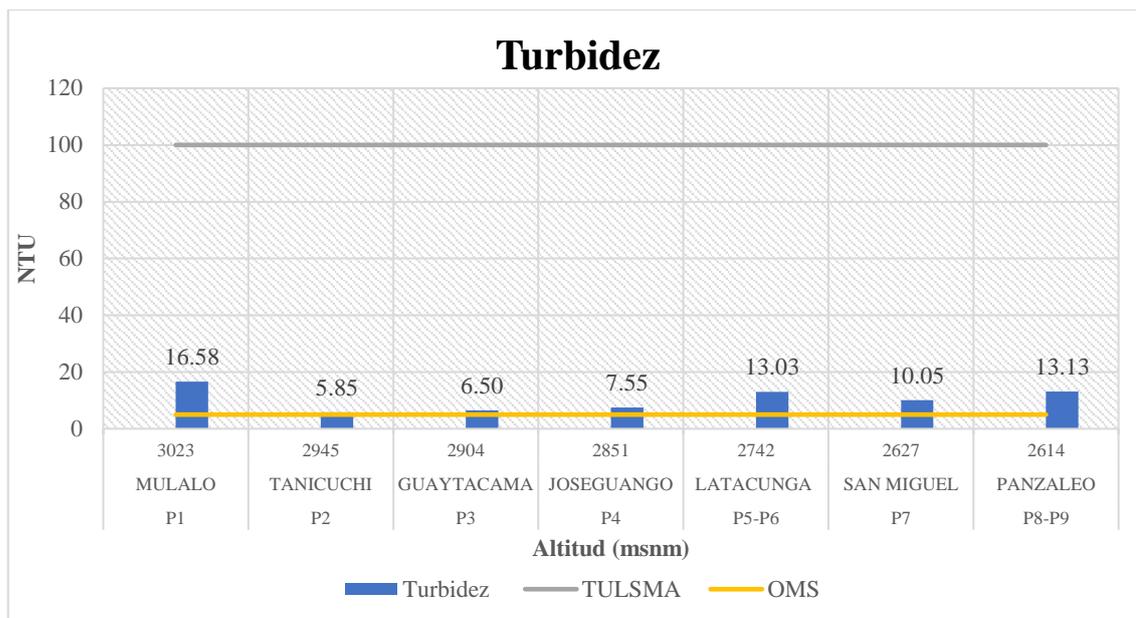


Ilustración 15-3: Resultado de la variación de la turbidez

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Se presentan los resultados obtenidos en la ilustración 15-3, donde se muestra que la zona de Mulaló presenta el mayor valor de turbidez con 16,58 NTU. Según Martínez et al., (2020, p. 16), la turbidez es un indicador del contenido de sustancias coloidales, minerales u orgánicas, y se relaciona con la actividad antropogénica existente, como las aguas residuales domésticas y las actividades agrícolas o ganaderas. La siguiente zona en cuanto a turbidez es Panzaleo con 13,13 NTU, seguida por Latacunga con 13,03 NTU, San Miguel con 10,05 NTU, Joseguango con 7,55 NTU, Guaytacama con 6,50 NTU y, por último, Tanicuchi con 5,85 NTU. A todas estas zonas se les atribuye la generación de aguas residuales domésticas por parte de la población y las condiciones naturales, como la re-suspensión de los lechos, que provocan una alteración en cuanto a la turbidez.

3.3.14. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales es un indicador que está ligada con la cantidad de luz que atraviesa el cuerpo lotico (Quispe, 2021, p. 15).

Tabla 14-3: Resultados solidos suspendidos totales del río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	SST mg/L
P1	MULALO	183	154	283	254	219
P2	TANICUCHI	203	157	223	207	198
P3	GUAYTACAMA	196	176	236	211	204,8
P4	JOSEGUANGO	190	210	260	244	226
P5-P6	LATACUNGA	208,5	200	288,5	269,5	241,6
P7	SAN MIGUEL	206	245	406	338	299
P8-P9	PANZALEO	287	223	406	309,5	306,4

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

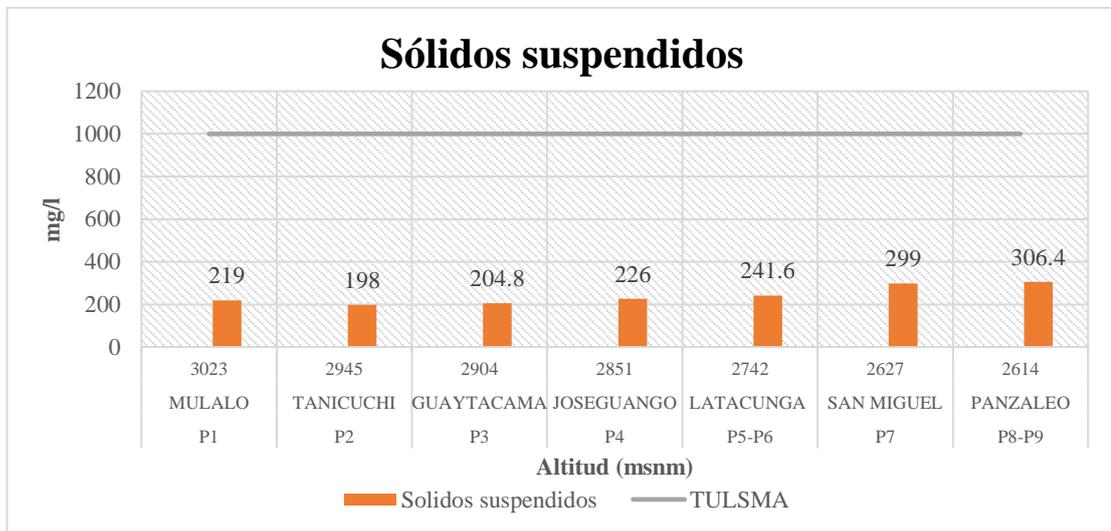


Ilustración 16-3: Resultado de la variación de los sólidos suspendidos totales

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

En la ilustración 16-3 se muestran los resultados de los monitoreos realizados, en los cuales se obtuvieron los siguientes valores de contaminación en las diferentes zonas. La zona de Panzaleo registró el valor más alto con 306,4 mg/L, siendo significativamente superior. La alta tasa de asentamientos humanos de parroquias rurales y urbanas, junto con la presencia de actividades antropogénicas, son las principales causas de esta contaminación. En esta zona, las aguas residuales domésticas son las principales responsables de la contaminación, siendo las más perjudiciales.

La siguiente zona con mayor valor de contaminación es San Miguel con 299 mg/L, seguida por Latacunga con 241,6 mg/L. En ambas zonas, se evidencia una gran cantidad de aguas residuales descargadas. La siguiente zona es Joseguango con 226 mg/L, seguida de Mulaló con 219 mg/L. La zona de Guaytacama registró un valor de 204,8 mg/L y por último Tanicuchi punto 2 con 198

mg/L. En todas estas zonas, la presencia de actividades agrícolas y ganaderas, junto con otros factores naturales, son las causas de la contaminación. Las altas lluvias, por ejemplo, arrastran consigo una gran cantidad de sólidos sedimentables que se depositan directamente en el río.

3.3.15.- Potencial redox

En sistemas acuosos o cauces naturales se utiliza el concepto de potencial redox para caracterizar la fuerza oxidante o reductora de un agua (Rodríguez, 2001, pag 14).

Tabla 15-3: Resultados potencial redox del río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	Potencial redox mV
P1	MULALO	174	0,56	-7	-0,12	41,9
P2	TANICUCHI	208	0,53	-23	0,39	46,5
P3	GUAYTACAMA	211	0,3	0	0,42	52,9
P4	JOSEGUANGO	159	117	0	-0,15	69
P5-P6	LATACUNGA	207	432	8	-69,69	144,3
P7	SAN MIGUEL	185	743	2	0,69	232,7
P8-P9	PANZALEO	222,5	0,61	-4	0,77	55

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

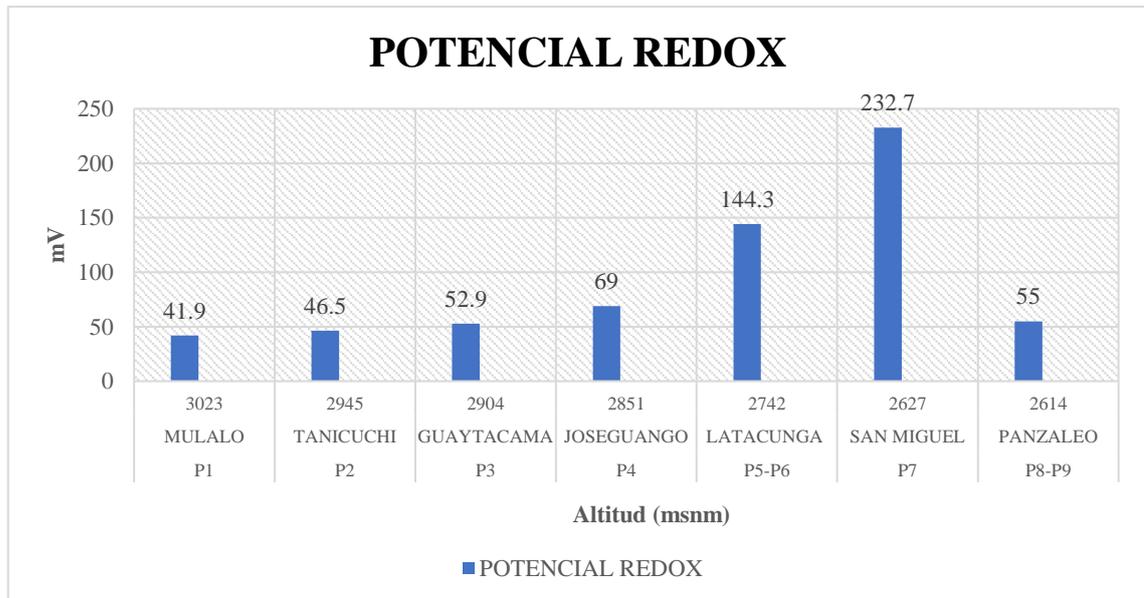


Ilustración 17-3: Resultado de la variación del potencial redox

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

En la ilustración 17-3 se pueden observar los resultados de los monitores realizados en diferentes zonas. Los valores obtenidos son los siguientes: para la zona de San Miguel un valor de 237,7 mV, seguido por la zona de Latacunga con 144,3 mV, siendo estos los valores más altos. Según Rodríguez, (2001, p. 14), altos valores se asocian con valores oxidantes a los cuales se relacionan con la presencia de aguas residuales domésticas.

Las siguientes zonas presentan valores menores: Joseguango con 69 mV, seguido de Panzaleo con 55 mV, posteriormente Guaytacama con 52,9 mV, el siguiente es Tanicuchi con 46,5 mV y por último Mulalo con 41,9 mV. A lo largo de estas zonas, se puede evidenciar la presencia de aguas residuales domésticas, así como la actividad agrícola

Los monitores realizados en las diferentes zonas arrojan valores variables en cuanto al potencial redox, siendo San Miguel y Latacunga las zonas con los valores más altos. La presencia de aguas residuales domésticas y la actividad agrícola son los factores que más influyen en la contaminación de los cuerpos de agua. Además, se pudo evidenciar la presencia de materia orgánica en estado de fermentación en algunos puntos de los diferentes muestreos, lo que puede explicar la presencia potenciales redox negativos.

3.3.16. Salinidad

Un incremento de sal en ríos por la actividad antropogénica es un factor que limita la supervivencia de organismos, comunidades, biodiversidad y el equilibrio ecológico de todo un ecosistema (Mullor, 2017, p. 9).

Tabla 16-3: Resultados de la salinidad del río Cutuchi

PUNTOS	PARROQUIAS	M1	M2	M3	M4	Salinidad ppt
P1	MULALO	0,21	0,19	0,3	0,26	0,24
P2	TANICUCHI	0,19	0,2	0,23	0,21	0,21
P3	GUAYTACAMA	0,18	0,21	0,25	0,21	0,21
P4	JOSEGUANGO	0,2	0,19	0,27	0,25	0,23
P5-P6	LATACUNGA	0,27	0,25	0,32	0,28	0,28
P7	SAN MIGUEL	0,37	0,33	0,47	0,38	0,39
P8-P9	PANZALEO	0,31	0,27	0,48	0,36	0,35

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

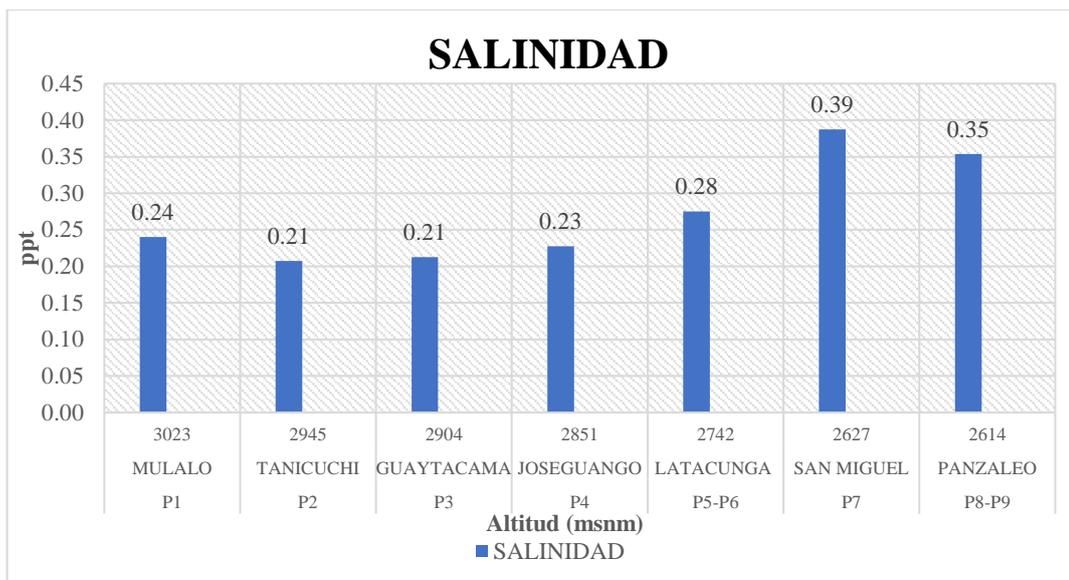


Ilustración 18-3: Resultado de la variación de la salinidad

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

En la ilustración 18-3 se presentan los resultados del monitoreo de salinidad, en la zona de San Miguel y Panzaleo se evidencia que son las que presentan los valores más altos con 0,39 ppt y 0,35 ppt, respectivamente, aunque no son valores significativos. Estos valores están asociados a las actividades agrícolas y las aguas residuales que se incorporan en el río. Por otro lado, la siguiente zona es Latacunga con 0,28 ppt, seguida de Mulaló con 0,24 ppt, Joseguango con 0,23 ppt y Tanicuchi y Guaytacama con valores igualmente bajos de 0,21 ppt

Sin embargo, según Gutierrez y Carreon, (2004, p. 499), la salinidad no solo se debe a las actividades antropogénicas, sino también a factores de origen natural, como el alto contenido de sales en el material geológico de la zona, como las rocas y los sedimentos del río. Además, los drenajes de los suelos agrícolas también son una fuente potencial para la presencia de sales en el agua. Por lo tanto, se deben considerar ambos factores al analizar los niveles de salinidad en el agua.

3.4. Índice de calidad del agua

En la tabla 17-3 y 18-3 se enumeran los valores de los nueve parámetros para la determinación del ICA, donde se indica los siete puntos de muestreo y los 4 monitoreos, así también la asignación del peso ponderado a cada uno de ellos.

Tabla 17-3: Valores de concentración de los nueve parámetros contemplados para la obtención del ICA

PARÁMETRO	UNIDAD	MULALO				TANICUCHI				GUAYTACAMA				(w)
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	Peso
Nitratos	mg/L	3,8	0,9	0,6	1,8	5,2	1,1	0,4	2,4	1,6	2,6	1,2	4,3	0,10
Fosfatos	mg/L	1,0	2,8	1,0	2,8	1,2	2,8	1,0	2,8	2,8	0,6	1,3	2,5	0,17
DBO5	mg/L	23,0	25,0	28,0	27,0	23,0	25,0	23,0	25,0	15,0	53,0	35,0	38,0	0,08
Coliformes Fecales	NMP/100mL	258,0	1076,0	908,0	686,0	74,0	228,0	95,0	686,0	262,0	670,0	416,0	304,0	0,08
pH	pH	7,7	7,8	7,4	7,8	7,8	8,0	7,6	7,9	8,1	8,0	7,8	7,8	0,10
Oxígeno Disuelto	% Saturación	74,3	68,5	52,6	75,8	73,5	76,0	57,2	77,2	77,3	77,1	64,6	81,4	0,10
Cambio Temp.	°C	1,4	2,4	0,8	1,1	0,7	2,2	0,6	0,2	0,6	1,8	0,7	0,4	0,12
Turbidez	NTU	13,5	2,5	3,0	47,3	6,1	1,2	6,2	9,9	8,8	4,6	5,3	7,3	0,10
Sólidos Totales	mg/L	183,0	154,0	283,0	254,0	203,0	157,0	223,0	207,0	196,0	176,0	236,0	211,0	0,15

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2022.

Tabla 18-3: Valores obtenidos de los nueve parámetros contemplados para la obtención del ICA

PÁRAMETRO	UNIDAD	JOSEGUANGO BAJO				LATACUNGA				SAN MIGUEL				PANZALEO				(w) Peso
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	
Nitratos	mg/L	2,5	1,7	2,4	3,1	3,8	1,5	4,5	4,4	3,1	3,1	4,8	2,6	4,1	4,5	6,1	3,2	0,10
Fosfatos	mg/L	1,2	1,1	1,0	1,3	1,4	1,1	1,7	1,4	1,3	1,7	1,7	1,2	1,2	1,6	1,7	1,5	0,17
DBO5	mg/L	53,0	53,0	35,0	38,0	17,5	17,5	47,0	39,5	64,0	64,0	37,0	20,0	55,5	55,5	38,5	13,5	0,08
Coliformes Fecales	NMP/100mL	108,0	226,0	324,0	254,0	334,0	505,0	332,0	779,0	294,0	828,0	1080,0	842,0	142,0	651,0	504,0	505,0	0,08
pH	pH	7,8	8,1	7,9	7,9	7,9	8,1	7,8	8,0	8,2	8,1	8,2	8,4	8,3	8,5	8,1	8,6	0,10
Oxígeno Disuelto	% Saturación	87,4	78,4	76,1	32,8	79,1	76,8	57,1	80,6	81,8	75,0	63,0	83,8	86,9	80,7	70,1	86,4	0,10
Cambio Temp	°C	1,5	0,7	1,6	1,2	4,5	0,5	1,6	1,0	0,3	1,7	2,4	2,0	0,9	4,3	1,3	1,2	0,12
Turbidez	NTU	8,0	3,1	8,6	10,5	12,2	3,8	16,4	19,7	12,3	8,8	5,3	13,8	11,7	7,6	16,2	17,5	0,10
Sólidos Totales	mg/L	190,0	210,0	260,0	244,0	208,5	200,0	288,5	269,5	206,0	245,0	406,0	338,0	287,0	222,5	406,0	307,0	0,15

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Tabla 19-3: Resultados del ICA en los distintos puntos de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO														
MONITOREO	MULALO		TANICUCHI		GUAYTACAMA		JOSEGUANGO BAJO		LATACUNGA		SAN MIGUEL		PANALEO	
	ICA	CALIDAD	ICA	CALIDAD	ICA	CALIDAD	ICA	CALIDAD	ICA	CALIDAD	ICA	CALIDAD	ICA	CALIDAD
1	62,52	REGULAR	63,92	REGULAR	60,3	REGULAR	66,37	REGULAR	61,11	REGULAR	61,79	REGULAR	62,32	REGULAR
2	58,63	REGULAR	62,33	REGULAR	63,36	REGULAR	63,61	REGULAR	63,47	REGULAR	58,46	REGULAR	57,41	REGULAR
3	56,91	REGULAR	61,79	REGULAR	59,24	REGULAR	61,88	REGULAR	52,59	REGULAR	52,39	REGULAR	54,5	REGULAR
4	55,59	REGULAR	59,75	REGULAR	61,18	REGULAR	51,12	REGULAR	58,23	REGULAR	59,44	REGULAR	60,47	REGULAR

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Tabla 20-3: Resultados del ICA de acuerdo con la zona de muestreo

ZONA	ICA	CALIDAD
Mulaló	58,4	REGULAR
Tanicuchi	61,9	REGULAR
Guaytacama	61,0	REGULAR
Joseguango Bajo	60,7	REGULAR
Latacunga	58,8	REGULAR
San Miguel	58,0	REGULAR
Panzaleo	58,6	REGULAR

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2022.

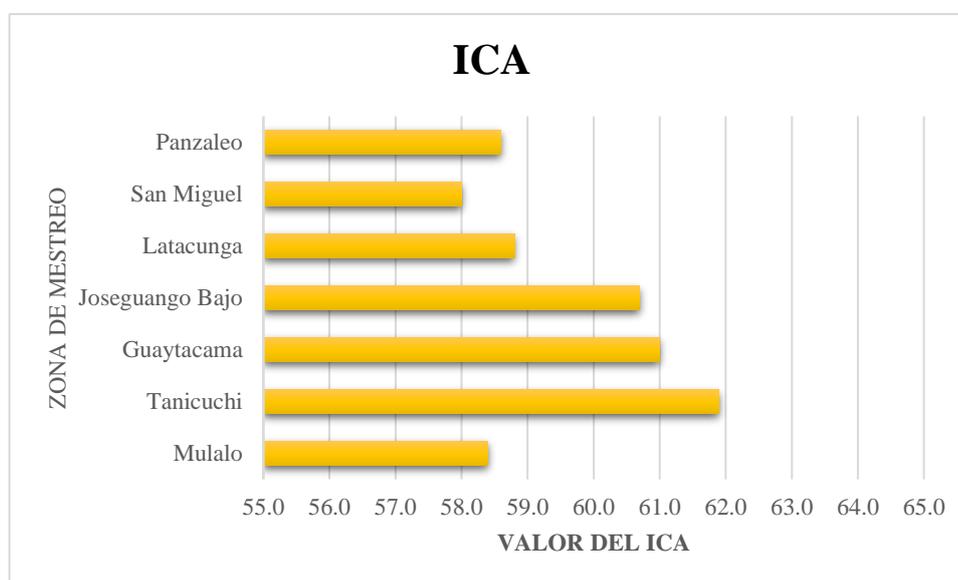


Ilustración 19-3: Resultado del ICA por las diferentes zonas de muestreo

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

En la tabla 20-3 se observa la variación del Índice de calidad del agua (ICA) en las distintas zonas de monitoreo de la cuenca del río Cutuchi tanto para la época de sequía y la lluviosa, estos datos fueron analizados mediante los nueve parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Como se puede evidenciar las zonas de muestreo poseen una calidad REGULAR en los cuatro monitoreos. Para tener una perspectiva clara se promedió los valores del ICA de cada zona de muestreo, dando como resultado los valores que se indican en la Tabla 17-3 con un rango de 58 a 61,9.

En la Ilustración 19-3, se puede evidenciar una variación poco significativa entre los valores de calidad promedio del ICA, siendo la zona de San Miguel, Latacunga, Panzaleo y Mulaló las que presentan un rango inferior a comparación de las zonas de Joseguango Bajo, Guaytacama y Tanicuchi que presentan un rango superior. Esta diferencia poco significativa que existe entre las

zonas se debe a que cada parroquia está sometida a distintas fuentes de contaminación, las mismas que alteran tanto a los parámetros físicos, químicos y biológicos.

Los parámetros fisicoquímicos y biológicos que alteran la calidad del agua del río Cutuchi son la presencia de nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto, los sólidos totales, el DBO5, pH, turbidez y coliformes fecales. Esto se debe a que existe descargas líquidas de aguas negras y grises al río Cutuchi, además la presencia de las prácticas de la ganadería y los sedimentos propios de la montaña (GAD Mulaló, 2019, pp.78-79).

Los sectores de muestreo corresponden a zonas de alta producción de hortalizas, tubérculos y otros vegetales, donde se emplean ciertos fertilizantes que contribuyen a la contaminación del recurso hídrico. Además, estas zonas están rodeadas de industrias como mataderos, destilerías y empresas de papel, así como lubricadoras a lo largo de la cuenca del río Cutuchi.

En la zona de Latacunga, la presencia de aguas residuales domésticas y desechos hospitalarios es evidente. A pesar de que el Hospital General IEES de Latacunga cuenta con una planta de tratamiento de agua, la contaminación sigue siendo considerable en esta área. La ganadería es uno de los factores que afectan a la zona de San Miguel, donde también existen complejos turísticos que descargan directamente al río sin previo tratamiento.

Estos factores contribuyen a que la calidad del agua del río Cutuchi presente un Índice de Calidad de Agua (ICA) de categoría "Regular", lo que se traduce en una menor diversidad de organismos acuáticos.

3.5. Índices ecológicos y biológicos

3.5.1. Índices Biológicos época seca y lluviosa

3.5.1.1. ABI

Tabla 21-3: Índices biológicos ABI época seca y época de lluvia

Zonas Muestreadas	Puntos	Época lluviosa	Época seca
MULALO	P1	28	21
TANICUCHI	P2	17	18
GUAYTACAMA	P3	19	15
JOSEGUANGO	P4	19	16
LATACUNGA	P5-P6	21	20
SAN MIGUEL	P7	14	19
PANZALEO	P8-P9	21	25

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

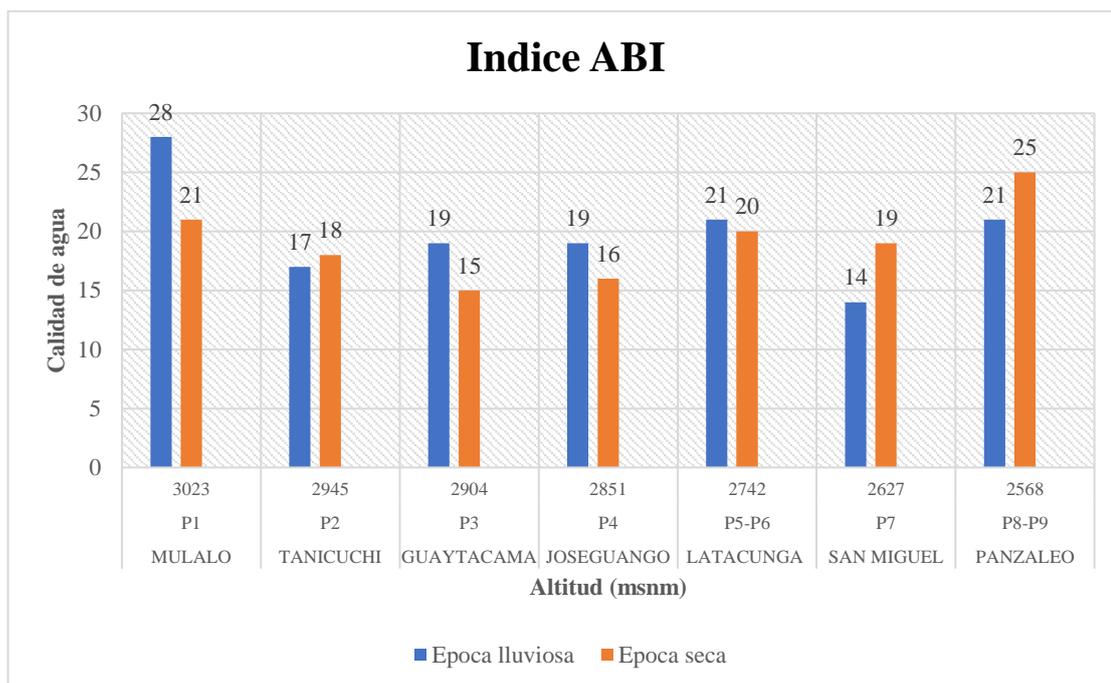


Ilustración 20-3: Índice ABI en época lluviosa y época seca

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Se analizaron los parámetros biológicos de cada punto en las diferentes zonas de estudios, en dos diferentes épocas de lluvia y seca en donde se reportó los siguiente:

- Época lluviosa

La zona con mayor puntaje en cuanto a ABI es la zona de Mulaló con 28, seguido de la zona de Panzaleo y Latacunga ambas igualando a 21, posteriormente Guaytacama y Joseguango amabas con 19, la siguiente zona de Tanicuchi con 17 y por último la zona de San Miguel con 14, todas estas con una calidad de agua pobre, en donde se hace relevancia a las familias de macroinvertebrados la mayoría muy repetitiva casi en todos los puntos, en donde se reporta poca diversidad de macroinvertebrados y la poca que existe de mala calidad.

- Época seca

En esta época se reporta la mayor puntuación en la zona de Panzaleo con 25, seguido de Mulaló con 21. La siguiente zona Latacunga obtuvo un puntaje de 20, seguida por San Miguel con 19, Tanicuchi con 18, Joseguango con 16 y finalmente Guaytacama con 15. Es importante mencionar que, al igual que en la época de lluvia, en esta época la calidad del agua es pobre.

Los sistemas hídricos altoandinos albergan una gran diversidad de fauna y flora que se ven influenciados por factores altitudinales, geológicos, climáticos y transformaciones fisicoquímicas del agua. Según Meneses et al., (2019, p. 300), los análisis de la calidad del agua de estos sistemas deben sustentarse en herramientas confiables para poder determinar tanto su calidad fisicoquímica como biológica.

Existen indicadores biológicos que se utilizan para la valoración de los ecosistemas fluviales y la calidad del agua, como los macroinvertebrados bentónicos. Estos organismos tienen ventajas para los estudios comparativos, ya que están presentes en la mayoría de los sistemas acuáticos (Cárdenas et al., 2017, p. 588). El Índice Biológico Andino (ABI) permite clasificar la calidad ecológica de un sistema, y se aplica a ríos altoandinos superiores a los 2000 m.s.n.m. (Meneses et al., 2019, p. 300). Es por esta razón que se realizó la clasificación y valoración para el cauce del río Cutuchi, como ya se mencionó en los resultados obtenidos, que arrojaron valores entre 14 y 28 en época seca y entre 15 y 25 en época de lluvias, dando un margen de calidad de aguas malas en ambas épocas.

3.5.1.2. BMWP-COL

Tabla 22-3: Índices Biológicos BMWP-COL época seca y lluviosa

Zonas Muestreadas	Puntos	Época lluviosa	Época Seca
MULALO	P1	33	22
TANICUCHI	P2	18	17
GUAYTACAMA	P3	18	16
JOSEGUANGO	P4	20	17
LATACUNGA	P5	21	17
SAN MIGUEL	P7	15	20
PANZALEO	P8-P9	22	25

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

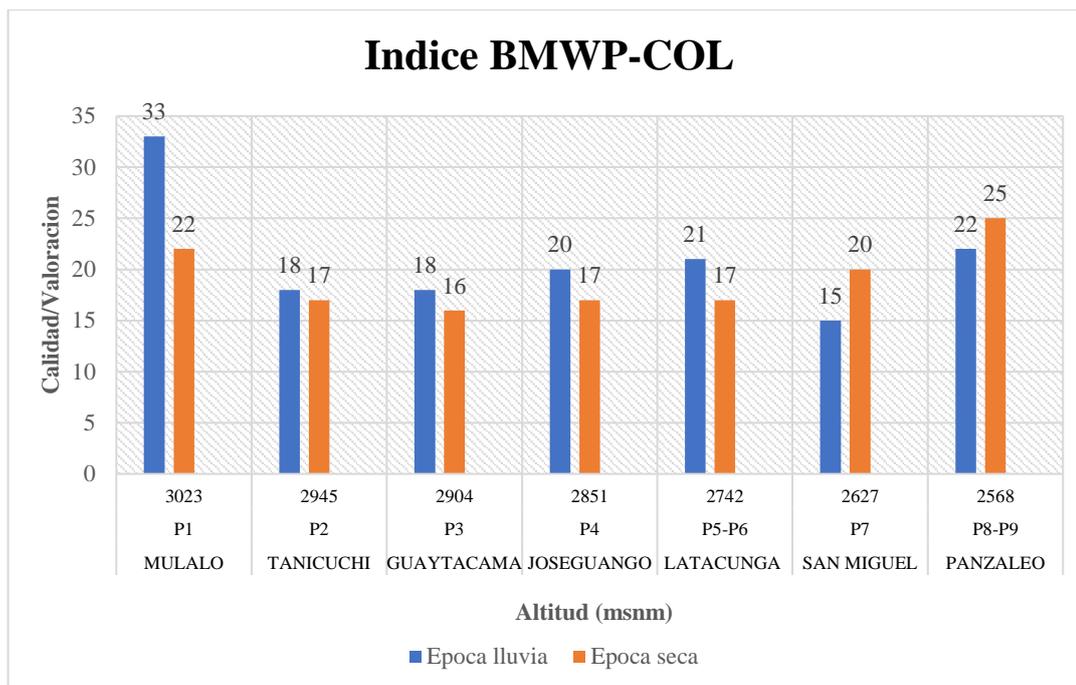


Ilustración 21-3: Índice BMWP-COL en época seca y época de lluvia

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Al igual que se realizó la valoración del ABI, se realizó la valoración del BMWP-COL que va de la mano con la estimación del ABI, dando los siguientes resultados:

- Época lluviosa

La mayor valoración en la zona de Mulaló con 33, seguido de la zona de Panzaleo con 22, la siguiente zona es Latacunga con 21, posteriormente Joseguango con 20, seguidos de las zonas de Tanicuchi y de Guaytacama ambos igualados a 18 y por último San Miguel con 15. Lo que realiza el BMWP-COL es la valoración de la calidad del agua de acuerdo con puntajes, en donde el punto 7 perteneciente a la zona de San Miguel obtuvo una valoración de 15 en donde según la clasificación de las aguas es de clase V de una calidad de agua muy crítica, esto depende de los macroinvertebrados presentes en la zona, como en todas las zonas la presencia es muy pobre tanto en calidad como en cantidad. En los demás puntos y zonas existe una calidad de agua crítica.

- Época seca

En esta época la mayor valoración se obtuvo en la zona de Panzaleo con un valor de 25, seguido de la zona de Mulaló con un valor de 22, el siguiente es de San Miguel con 20, seguido de las zonas de Tanicuchi, de Joseguango y de Latacunga estas tres zonas coincidiendo en una valoración de 17 y por último Guaytacama con un valor de 16. Todas estas zonas encontrándose

en un rango de calificación de clase de aguas IV con una calidad crítica. La descripción para estas zonas muestreadas son aguas muy contaminadas.

Según Meneses et al.,(2019, pag 300) el BMWP-COL es un método simple en el análisis de la presencia de ciertas familias de macroinvertebrados tolerantes o sensibles a la contaminación, y que genera resultados rápidos y confiables para la evaluación de la calidad del agua. Estos resultados tanto en el índice BMWP-COL como en el índice ABI se relacionan con los parámetros fisicoquímicos del agua.

3.6. Índices ecológicos

Tabla 23-3: índices ecológicos QBR-and e IHF

ZONAS	ALTITUD	PUNTOS	QBR	IHF
MULALO	3023	P1	50	52
TANICUCHI	2945	P2	35	44
GUAYTACAMA	2904	P3	20	38
JOSEGUANGO	2851	P4	65	44
LATACUNGA	2742	P5-P6	50	46
SAN MIGUEL	2627	P7	20	37
PANZALEO	2568	P8-P9	55	48

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

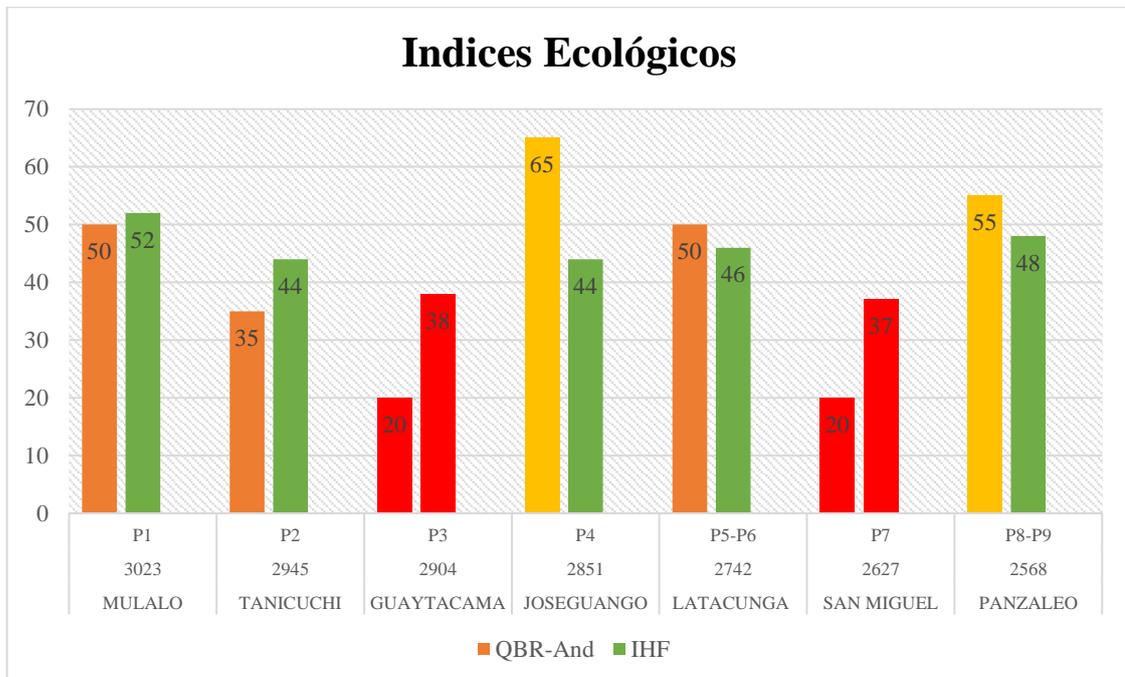


Ilustración 22-3: Índices ecológicos QBR-and e IHF

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Se realizaron los análisis de 7 zonas (9 puntos) de 2 índices ecológicos, en los que se reportaron los siguientes resultados:

- En la zona de Joseguango se obtuvo una valoración de 65, lo que indica que tiene el puntaje más alto en cuanto a QBR-And, sin embargo, también nos indica que existe un inicio de alteración importante con una calidad intermedia. Se observan incidentes en el grado de naturalidad del canal fluvial debido a la presencia de una buena cantidad de pasto destinado principalmente para la actividad ganadera.
- En cuanto al IHF, el máximo valor se registró en la zona de Mulaló con 52, lo que indica que se encuentra en un nivel de calidad bueno, pero con limitaciones. Se puede apreciar una pequeña modificación en cuanto al cauce del caudal, ya que sus aguas son utilizadas principalmente para la agricultura. Aunque esta zona fluvial se considera moderada, el ABI indica una calidad ecológica regular especialmente en época lluviosa, debido a su mediana comunidad de macroinvertebrados.
- La siguiente zona es Panzaleo. En cuanto al índice QBR-And, esta zona obtuvo una valoración de 55, lo que indica un nivel de calidad intermedia con un inicio de alteración importante. En esta zona se puede observar un suelo nativo con pajonal destinado principalmente a la actividad ganadera cercana. En cuanto al IHF, coincide con la zona del QBR. La zona de Panzaleo, con un valor de 48, muestra un nivel de calidad buena, pero con limitaciones. Es una zona moderada para albergar vida acuática, como los macroinvertebrados, lo que se refleja en un indicador regular tanto en época seca como de lluvia, según el ABI y el BMWP-COL.
- Las zonas de Mulaló y Latacunga coinciden con los valores siendo 50 que nos señala que su nivel de calidad es malo existiendo una alteración fuerte, estas alteraciones se dan por la actividad antropogénica especialmente la actividad agrícola alta que demanda la presencia de cobertura vegetal y otro factor son las altas zonas pobladas. En cuanto al IHF es la zona de Latacunga con 46 presenta un nivel de calidad buena, pero con limitaciones, es regular en cuanto a vida ecológica ya que presenta poca población de macroinvertebrados bentónicos, por la misma presencia de aguas residuales domésticas que son vertidas directamente sin ningún tratamiento previo.
- La zona de Tanicuchi presenta un valor de 35 en QBR-And en esta zona existe un nivel de calidad mala con fuertes alteraciones, en esta zona se da una alta actividad agrícola y ganadera ya que sus pastizales a lo ancho y largo son abundantes especialmente para los rumiantes. Las zonas de Tanicuchi y Joseguango se igualan en cuanto al IHF con un valor de 44, en estas zonas existe un nivel de calidad buena, pero con limitaciones, estas mismas son contaminadas por la exposición de las actividades agrícolas cercanas al cauce del río, tratándose del índice ABI y BMWP-COL de las dos zonas planteadas solo en la zona de Joseguango en la época

de lluvia existe una actividad regular de macroinvertebrados en cuanto a la vida ecológica dentro del río.

- Las zonas de Guaytacama y San Miguel presentan valores de 20 en el índice QBR-And, lo que indica un nivel de calidad pésima y una degradación extrema. En la zona de San Miguel, se puede evidenciar la presencia de una mina que impide el crecimiento de vegetación arbustiva, mientras que en la zona de Guaytacama, la alta actividad ganadera y la amplia población impiden la presencia excesiva de arbustos. Para el IHF, la zona de Guaytacama obtiene un valor de 38, lo que indica una calidad que no llega a ser buena. El índice ABI muestra que no existe una buena presencia de macroinvertebrados bentónicos o que no se encuentra en buen estado para albergar vida ecológica.
- Por último, la zona de San Miguel para el índice IHF con un valor de 37 que no llega a ser de buena calidad, indicando que puede llegar a ser un ecosistema de vida ecológica insostenible, esto se ve reflejado en el índice BMWP-COL y el índice ABI especialmente en la época lluviosa donde inclusive se presenta aguas fuertemente contaminadas.

Los Andes son una de las regiones más vulnerables a la pérdida de especies debido a los objetivos actuales de deforestación para la expansión de la frontera agrícola y ganadera (Galeano et al., 2017, p. 414). En los últimos años, se ha desarrollado y utilizado el QBR-And y el IHF para evaluar la calidad ecológica del cauce en términos de calidad de agua y biota asociada. La información obtenida a través de estos índices es de gran relevancia, ya que un buen estado del entorno natural es determinante para la calidad ecológica del cauce (Palma et al., 2009, p. 58).

Las actividades agropecuarias afectan las características bióticas y abióticas de pequeñas quebradas con un gran impacto sobre la calidad del agua, causando graves daños de la diversidad biológica, es así que, el Índice de Hábitat Fluvial (IHF), valora la capacidad del hábitat físico para alojar una fauna determinada y el índice de calidad de bosque de ribera (QBR), considera que los bosques de ribera son indicadores de la gestión antrópica del territorio (actividades de agricultura, ganadería, construcción de vías y represas, entre otros) (Galeano et al., 2017, pag 414).

3.7. Índices de diversidad

Se registraron un total de 4483 individuos de macroinvertebrados bentónicos en los nueve puntos de colecta del río Cutuchi. Estos individuos pertenecen a 11 familias, 11 órdenes y 5 phylum.

La familia *Hyalellidae* del orden *Amphipoda* presentó la mayor presencia de individuos con 2888, lo que representa un porcentaje del 64,42%. Le sigue la familia *Chironomidae* del orden Díptera con 498 individuos y un valor de 11,11%. La familia *Physidae* del orden *Basommtophora* presentó 353 individuos, lo que representa el 7,87% del total. La familia *Glossiphoniidae* del orden *Hirudinea* presentó 306 individuos con un porcentaje de 6,83%. La clase *Oligochaeta*

presentó 271 individuos con un valor de 6,05%. La familia *Planariidae* presentó 129 individuos con un porcentaje de 2,88%.

Además, la familia *Baetidae* del orden *Ephemeroptera* presentó 25 individuos, lo que representa el 0,56% del total. La familia *Simuliidae* del orden Díptera presentó 5 individuos, lo que representa el 0,11%. La familia *Sphaeriidae* del orden *Veneroidea* presentó 3 individuos con un valor del 0,07%. La familia *Polycentropodidae* del orden *Trichoptera* presentó 2 individuos con un valor del 0,04%. Por último, las familias *Dolichopodidae*, *Gomphidae* y *Elmidae* (Adulto) presentaron un valor del 0,02% cada una, con un total de 1 individuo cada una (tabla 24-3).

Esta información es relevante ya que permite identificar la presencia y abundancia de diferentes especies de macroinvertebrados bentónicos en el río Cutuchi, lo que a su vez puede ser utilizado para evaluar la calidad del agua y la salud del ecosistema acuático.

Tabla 24-3: Macroinvertebrados colectados en el río Cutuchi

ORDEN	FAMILIA	EPÓCA SECA	EPÓCA LLUVIOSA	TOTAL
Tricladida	Planariidae	35	94	129
Hirudinea	-	192	114	306
Oligochaeta	-	125	146	271
Gasterópoda	Physidae	131	222	353
Veneroidea	Sphaeriidae	-	3	3
Amphipoda	Hyaellidae	1583	1305	2888
Ephemeroptera	Baetidae	23	2	25
Coleoptera	Elmidae (Adulto)	1	--	1
Díptera	Dolichopodidae	1	-	1
	Chironomidae	315	183	498
	Simuliidae	3	2	5
Trichoptera	Polycentropodidae	-	2	2
Odonata	Gomphidae	1	-	1

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

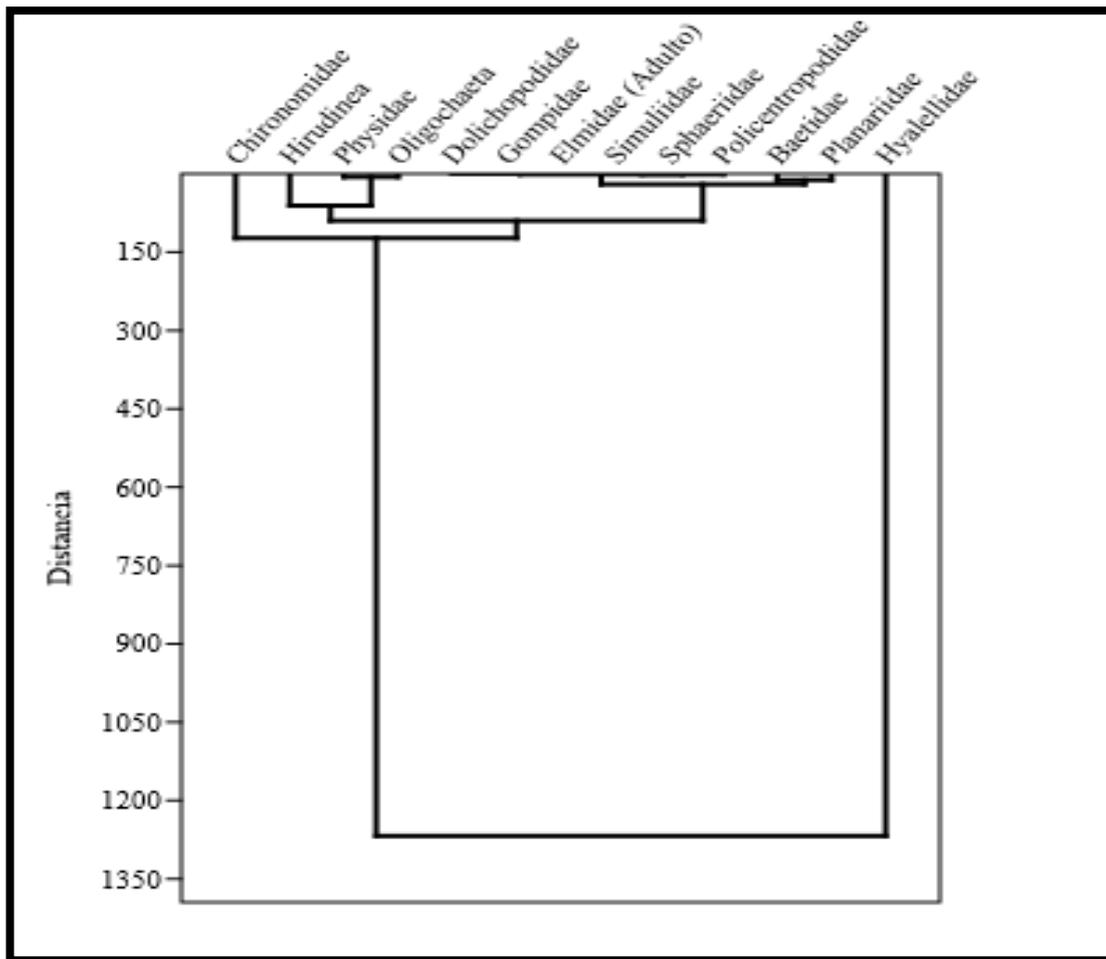


Ilustración 23-3: Dendrograma de similaridad con el índice de Euclidean empleando el programa estadístico Past, en base a los macroinvertebrados bentónicos recolectados en época de sequía del río Cutuchi

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

Mediante el análisis de conglomerados, donde se aplicó el índice de Euclidean y a través de la distancia del vecino más cercano (single linkage), se puede observar que la familia de macroinvertebrados *Hyalellidae* es el grupo más abundante, seguido por el grupo de *Chironomidae*, luego de estos grupos más significativos están las familias de macroinvertebrados *Hirudinea* y en menor distancia *Oligochaeta* y *Physidae*.

Seguido de estas familias esta otro grupo que presentaron menor distancia como son *Baetidae* y *Planariidae* y en menor grado esta *Simulidae*, *Sphaeriidae* y *Policentropodidae* y las familias de macroinvertebrados poco significativas corresponde a los grupos de *Dolichopodidae*, *Gompidae* y *Elmidae* (Adulto).

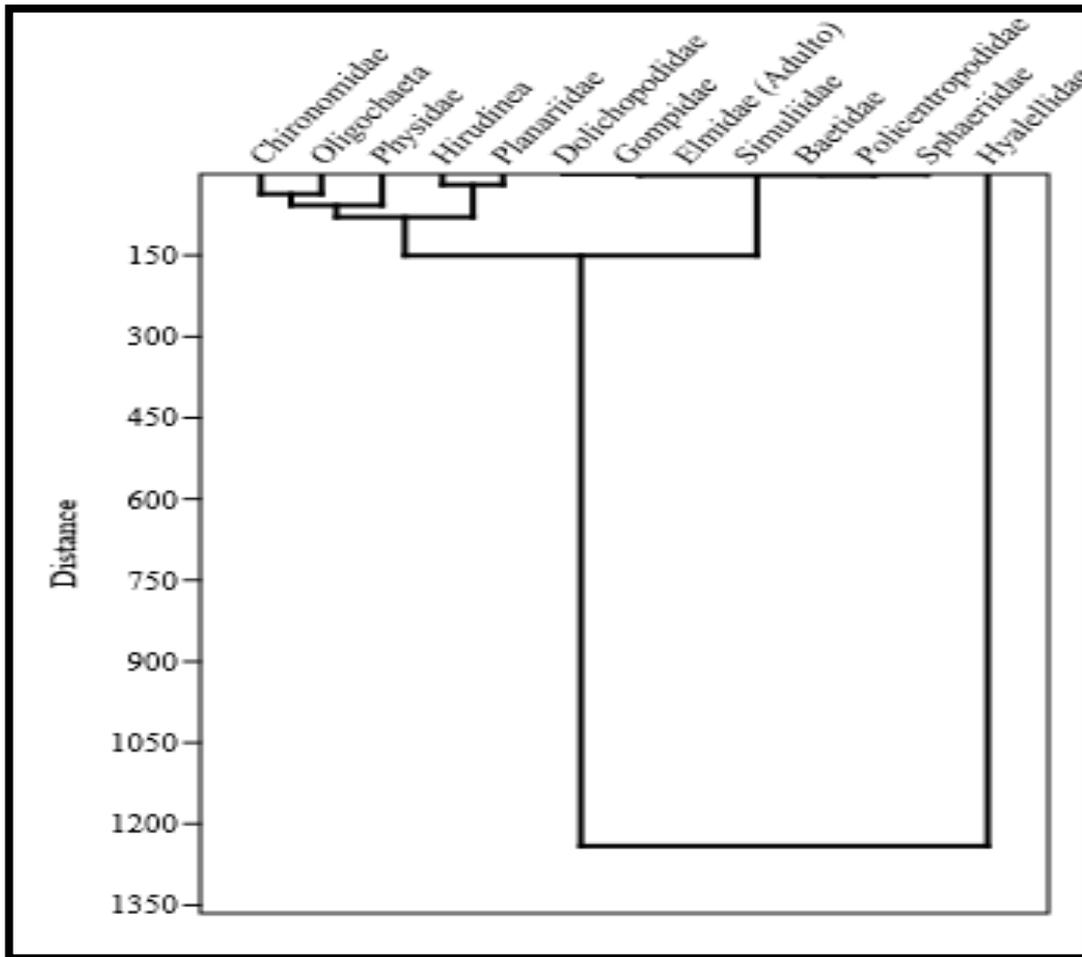


Ilustración 24-3: Dendrograma de similaridad con el índice de Euclidean empleando el programa estadístico Past, en base a los macroinvertebrados bentónicos recolectados en época de lluvia del río Cutuchi

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2023.

En la época de lluvia se aplicó igualmente el índice de Euclidean, a través de la distancia del vecino más cercano (single linkage), se puede observar que la familia de macroinvertebrados *Hyalellidae* es el grupo más abundante, seguido por el grupo de *Chironomidae*, *Oligochaeta* y *Physidae* y en menor distancia los grupos de las familias de *Hirudinea* y *Planariidae*. Seguido de estas familias esta otro grupo que presentaron menor distancia como son *Dolichopodidae*, *Gompidae*, *Elmidae* (Adulto), *Simuliidae*, *Baetidae*, *Policrotopodidae*, *Sphaeriidae*.

La familia *Hyalellidae* se encuentra en diferentes microhábitats y presentan distintas formas de vida. Están presentes más en los fondos rocosos o arenosos (bentos), y otras se asocian a la vegetación acuática, flotante o arraigada. Pueden alcanzar altas densidades cuando se encuentran asociados a la vegetación acuática, especialmente en los ambientes lénticos. Se les considera como indicadores de contaminación media. La familia *Chironomidae* son los insectos más distribuidos y, frecuentemente, los más abundantes en aguas continentales. Se caracteriza por ser

organismos indicadores de aguas mesotróficas, debido a su resistencia a contaminación (Arroyo y Encalada, 2000, p.14).

Los *Chironomidae* cumplen un papel importante en los ecosistemas acuáticos como eslabones en la red trófica. Al consumir principalmente materia orgánica particulada, algas, hongos, fragmentos y fibras de hojas y madera, polen, otros invertebrados acuáticos y restos de animales. Además, estos organismos son utilizados como carnada para peces, sirven de alimento para aves, anfibios e incluso otros macroinvertebrados. Dentro del monitoreo en el río Cutuchi se encontró en algunas zonas como Latacunga, Tanicuchi y Panzaleo *Chironomidae* de un aspecto rojo intenso. Esto se debe a que poseen un tipo de hemoglobina que, además del color rojo, les confiere la habilidad de vivir en lugares con muy bajos niveles de oxígeno (Oviedo y Reinoso, 2018, p.104).

El orden *Hirudinea* son posaderos intermediarios en ciclos de vida de digeneos y cestodes y vectores de protozoos parásitos, han demostrado que los *hirudíneos* son organismos de una gran plasticidad fisiológica ya que pueden sobrevivir en condiciones de anoxia por varios días y de hiperoxia por largos períodos de tiempo (Gullo, 2014, p.9). Otra de las familias significativas es la familia *Physidae*, que se caracterizan por soportar altos grados de contaminación, vivir en aguas estancadas, además, en la parte baja, para las diferentes temporadas muestreadas, se encontró que cuando el pH llega a disminuir, la presencia de esta familia se verá amenazada (López Mendoza et al., 2022, p.285)

La cuenca del río Cutuchi presentó una baja biodiversidad y una alta dominancia por parte de los macroinvertebrados acuáticos, siendo las familias *Hyalellidae* y *Chironomidae*, pertenecientes al orden *Amphipoda* y *Diptera*, los más representativos; por otro lado, el orden menos representativo fueron las familias *Elmidae* (Adulto), *Dolichopodidae*, *Gompidae* y *Polycentropodidae*.

La baja diversidad de macroinvertebrados acuáticos encontrada a lo largo de la cuenca del río Cutuchi se debe principalmente a que no hay hábitats propicios para albergar grandes cantidades de individuos. Es decir, en varios puntos de muestreo no existe la presencia de rocas, de hojarasca en donde habitan comúnmente estos organismos. Además, los parámetros fisicoquímicos encontrados, específicamente de oxígeno disuelto, se encontraban en bajas concentraciones.

Otro de los factores que influyen en la biodiversidad de los macroinvertebrados es la turbidez. Si se obtienen valores altos, habrá muchas partículas suspendidas en ella; estas partículas sólidas bloquearán el paso de la luz solar evitando que las plantas acuáticas realicen la fotosíntesis. Como consecuencia, las plantas producirán menos oxígeno y, con ello, bajarán los niveles de oxígeno disuelto (López et al., 2022, p.277).

3.8. Índices de Shannon-Wiener, Simpson Y Margalef

Para los Índices de diversidad se consideró un análisis para la época de sequía y lluviosa. En la tabla 18-3 se reflejan los resultados en cuanto a la época de sequía. Obteniendo como resultado en cuanto al índice de Shannon-Wiener que la zona con mayor diversidad de macroinvertebrados es la parroquia de Mulaló con un 1,50, en cambio la zona que presenta una diversidad media de macroinvertebrados corresponde a la parroquia de Joseguango Bajo con un 1 y la zona con baja diversidad de macroinvertebrados es la parroquia de Latacunga con un 0,84.

En cuanto al índice de Simpson existe mayor dominancia en la parroquia de Mulaló con un 0,73 y una dominancia media de 0,50 para la parroquia de Joseguango Bajo, y la parroquia que menor dominancia presenta es la de Panzaleo con un 0,33. Lo mismo ocurre con el índice de Margalef la zona con mayor diversidad la parroquia de Mulaló con 1,24 y con diversidad media la parroquia de Joseguango Bajo con un 0,87, pero la parroquia que presenta menor diversidad es la de San Miguel.

Tabla 25-3: Resultados del Índice de Shannon-Wiener, Simpson y Margalef en la época de sequia

ÍNDICE			
ZONA	Shannon-Wiener	Simpson	Margalef
Mulaló	1,50	0,73	1,24
Tanicuchi	1,31	0,70	0,72
Guaytacama	1,33	0,70	0,73
Joseguango Bajo	1,00	0,50	0,87
Latacunga	0,84	0,42	1,10
San Miguel	0,88	0,42	0,65
Panzaleo	0,76	0,33	1,01

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2022.

En cuanto a los resultados para la época lluviosa, el Índice de Shannon-Wiener reflejo mayor diversidad de macroinvertebrados en la zona de la parroquia de Mulaló con un 1,54, mientras que la parroquia de Guaytacama es la zona que presenta una diversidad media de macroinvertebrados con un 1,23, por otro lado, la zona con baja diversidad de macroinvertebrados es la parroquia de Panzaleo con un 0,52.

En cuanto al índice de Simpson existe mayor dominancia en la parroquia de Tanicuchi con un 0,76 y una dominancia media de 0,63 para la parroquia de Guaytacama, y la parroquia que menor dominancia presenta es la de Panzaleo con un 0,21. Lo mismo ocurre con el índice de Margalef la zona con mayor diversidad es la parroquia de Mulaló con 1,28 y con diversidad media la

parroquia de Joseguango Bajo con un 0,91, pero la parroquia que presenta menor diversidad es la de San Miguel con un 0,49.

Tabla 26-3: Resultados del Índice de Shannon-Wiener, Simpson y Margalef en la época de lluvia

ÍNDICE			
ZONA	Shannon-Wiener	Simpson	Margalef
Mulaló	1,54	0,74	1,28
Tanicuchi	1,52	0,76	0,76
Guaytacama	1,23	0,63	1,13
Joseguango Bajo	0,73	0,34	0,91
Latacunga	1,36	0,65	0,77
San Miguel	0,76	0,37	0,49
Panzaleo	0,52	0,21	1,14

Realizado por: Moyano, J.; Paredes, E., 2022.

En función de los resultados obtenidos la variación de diversidad de macroinvertebrados es poco significativa en cuanto a la época de sequía y la lluviosa, siendo la parroquia de Mulaló la que presenta una alta diversidad en Macroinvertebrados según los Índices de Shannon-Wiener, Simpson y Margalef, en cambio las zonas con baja de diversidad de macroinvertebrados son las parroquias de Panzaleo y San Miguel.

CONCLUSIONES

- Mediante un recorrido a lo largo de los 46 km de extensión del río Cutuchi, se determinó que los centros poblados inciden de manera directa en la calidad del agua, en donde se identificó mayor vulnerabilidad por descargas difusas en las zonas Mulaló, San Miguel y Panzaleo, en cambio la afectación por descargas directas se destaca en las parroquias de Mulaló y Latacunga, es así que mediante el análisis de los distintos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua se concluye que, dentro de las 7 zonas estudiadas, las concentraciones de coliformes fecales y fosfatos convierten a las parroquias en altamente vulnerables.
- Los índices ecológicos permitieron identificar los niveles de contaminación en el río Cutuchi que va de alta a muy alta, tomando en cuenta que esto ocurre debido a la alta o baja concentración de oxígeno disuelto que incide directamente en la abundancia y biodiversidad de macroinvertebrados acuáticos, provocando procesos de eutrofización con alta descomposición valorada mediante las concentraciones de nutrientes que afectan directamente al índice de calidad del agua IQW. De igual forma la alta intervención antrópica en las zonas ribereñas mantienen calificaciones bajas en cuanto a los índices de hábitat fluvial y bosque de ribera.
- La aplicabilidad de índices ecológicos en ríos con alta incidencia de descargas directas y difusas derivadas de las actividades agropecuarias, industriales y urbanísticas que se desarrollan junto a las riberas del río Cutuchi, permitió valorar la eficiente aplicabilidad del índice ecológico ABI y BMWP-COL. Con lo cual se demuestran procesos de contaminación a un nivel semejante que fue determinado por el índice de calidad del agua que considera únicamente parámetros físicos, químicos y microbiológicos, concluyendo que en ríos con contaminación de moderada a alta es importante la valoración adicional de la biodiversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos otorgando resultados de alto interés ecológico y social a bajo costo.

RECOMENDACIONES

- Promover prácticas de gestión sostenible y educación ambiental con la participación de las comunidades ubicadas en la cuenca del río Cutuchi, especialmente en las zonas identificadas como críticas respecto a la importancia de la conservación del recurso hídrico.
- Se recomienda realizar monitoreos periódicos enfocados en la presencia de contaminantes emergentes, los cuales son poco estudiados pero que podrían estar presentes debido a la observación de descargas de aguas residuales domésticas e industriales, así como la actividad de centros médicos y complejos turísticos a lo largo del río. Es importante identificar la posible presencia de estos contaminantes para determinar su nivel de concentración y su impacto en la salud pública y el ambiente.
- Se sugiere realizar un estudio de la variabilidad climática a lo largo de la cuenca del río Cutuchi debido a que los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y ecológicos pueden verse alterados por la influencia del clima, obteniendo así resultados erróneos.
- Es recomendable que la recolección de muestras de agua se realice después de transcurridas al menos 48 horas desde una precipitación, a fin de evitar la obtención de datos erróneos. Durante las lluvias, el caudal del río aumenta, arrastrando material particulado y volviendo el agua más turbia, además, los macroinvertebrados pueden ser desplazados por la corriente.
- Se sugiere llevar a cabo evaluaciones periódicas de la calidad del agua del río Cutuchi en relación a la presencia de metales pesados, ya que se ha observado que en su entorno se realizan actividades agrícolas que involucran el uso de fertilizantes y pesticidas, los cuales pueden ser arrastrados por la escorrentía hacia el río, y además existen descargas puntuales de la industria y la minería.

BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, R. et al. "Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú". *Limnetica*. [en línea]. 2009, 28(1), pp. 35-64. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 1017-5587. Disponible en: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-28-1-p-35.pdf>

AGUILAR IBARRA, Alonso; & PEREZ ESPEJO, Rosario H. "La contaminación agrícola del agua en México: retos y perspectivas". *Prob. Des* [en línea]. 2008, 39(153), pp. 205-215. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 1542-9632. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362008000200009#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20el%20sector%20agropecuario,ni%20cu%C3%A1nto%20contribuy%C3%B3%20a%20%C3%A9st

AGUILERA RODRÍGUEZ, I; et al. "Determinación De Sulfato Por El Método Turbidimétrico En Aguas Y Aguas Residuales. Validación Del Método". *Revista Cubana de Química* [en línea], 2010, (Cuba) 22(3), pp. 39–44. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 0258-5995. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543720007>

ÁLVAREZ, Jesús; et al. "Calidad integral del agua superficial en la cuenca hidrológica del río Amajac". *Informacion Tecnológica* [en línea], 2008, (México) 16(6), pp. 21-36. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 0718-0764. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v19n6/art04.pdf>

ARBELÁEZ SALAZAR, Paula. Contaminantes emergentes en aguas residuales y de río y fangos de depuradora. (Tesis Doctoral). (Doctorado) Universitat Rovira Virgili, Virgili, España, 2016. p.p 5 [Consulta: 2023-04-26]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/334397/Tesi%20Paula.pdf>

ARRIAGA LOOR G.J. Seguridad hídrica en juntas de agua comunitaria: caso de estudio junta administradora de agua potable "recinto pasaje", cantón buena fe, provincia los ríos [en línea] (Trabajo de titulación). (Titulación) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador. 2021. pp. 1-115. [Consulta: 2023-01-02]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6833/1/T-UTEQ-177.pdf>

ARROYO, J.; & ENCALADA, A.C., 2000. "Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano". *Revista USFQ* [en línea], 2000, 1(1), pp. 11-16. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 1548-

7854. Disponible en : <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/4/6>

BAQUE MITE, Renato; et al. "Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador". *Ciencia Unemi* [en línea], 2016, (Ecuador) 9(20), pp. 109–117. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 2528-7737. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582663826015>

BARRERA GALLO, A.A. & CEPEDA GUASGUA, J.G. "Evaluación Espacio–Temporal De La Calidad Del Agua Del Río Cutuchi En El Cantón Latacunga, Provincia De Cotopaxi, Período 2019- 2020". *Revista UTC* [en línea], 2020, 1(1), pp. 73. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 1414-9852. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6796/1/PC-000932.pdf>

BENJUMEA HOYOS, Carlos Augusto & ÁLVAREZ MONTES, Geraldine. “Demanda de oxígeno por sedimentos en diferentes tramos del río Negro Rionegro”. *Scielo* [en línea], 2017, (Colombia) 12(2), pp. 131–146. [Consulta: 2023-03-30]. ISSN 1909-0455. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552017000200131

BOLAÑOS ALFARO, John Diego; et al. “Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela”. *Revista Tecnología En Marcha* [en línea], 2017, (Costa Rica) 30(4), pp. 15-27. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 0379-3982. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>

BOLAÑOS-ALFARO, J.D.; et al. “Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)”. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea], 2017, (Costa Rica) 30(4), pp. 15-16. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 0379-3982. DOI 10.18845/tm.v30i4.3408.

BOSCH, J.R. "La calidad de las aguas". *Revista de Obras Publicas*, vol. 146, no. 3388, pp. 103-104.

BOUZA C.N & COVARRUBIAS D. "Estimación del índice de diversidad. Revista Investigación operacional" [en línea] , 2005, 26(2), pp. 187-197. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 1569-7896. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/18145491/estimacion-del-indice-de-diversidad-de-simpson-en-m->,

CABRERA MOLINA, Erika; et al. "Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar". *Revista de La Sociedad*

Química de México [en línea], 2003, (México),47(1), pp. 88–92. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 0583-7693. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000100014

CHACÓN MAYORGA. Indicadores Fecales en el lago Tiscapa. Centro para la investigación en recursos acuáticos de Nicaragua. [en línea] (trabajo de titulación). (Maestría), 1991, Nicaragua. pp. 58-89. [Consulta: 2022-07-03]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2500/>.

CALIDAD, Í.D: Et al. *Servicio Nacional de Estudios Territoriales Servicio Nacional de Estudios Territoriales.* Ecuador: Andes Editorial, 1970, p. 503.

CÁRDENAS CASTRO, Estrella; et al. "Aplicacion Del Indice Biotico de Familias de Macroinvertebrados para la Caracterizacion del Agua del Rio Teusaca, afluente del rio Bogota". *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación* [en línea], 2018, (Colombia) 2(2), pp. 587–597. [Consulta: 2023-03-31]. ISSN 0123-4226. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262018000200587

CARMONA H, Juan Carlos & MUNOZ O, José Fernando. “Comparación y manejo de los diferentes riesgos del agua, en los aspectos social, económico y de la salud general”. *Luna Azul* [en línea]. 2009, n.29 pp.68-81. [Consulta: 2023-04-09]. ISSN 0542-9854. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742009000200008&lng=en&nrm=iso.

CARRASCO, Sebastian; et al. “Evaluación de la calidad de vegetación ribereña en dos cuencas costeras del sur de Chile mediante la aplicación del índice QBR, como base para su planificación y gestión territorial”. *Gayana Bot.* [en línea]. 2014, 71(1) pp. 1-9. [Consulta 2023-04-10]. ISSN: 1659-8525. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-66432014000100002&lng=es&nrm=iso.

CORREA, German & ROZAS, Patricio. "Desarrollo urbano e inversiones en infraestructura: elementos para la toma de decisiones". *CEPAL* [en línea] 2002, (Santiago de Chile) 15(1), pp. 2-8. [Consulta 20 abril 2023]. ISSN: 1659-8525 Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/6303/S0600271_es.pdf

CRESPO, Claudio. "Informe Técnico De Muestreo Para Macroinvertebrados En La Quebrada De Chaullayacu". *Gastronomía ecuatoriana y turismo local.* [en línea], 2013, 1(69), pp. 5-24. Disponible en: http://www.edec.gob.ec/sites/default/files/informe_tecnico_de_muestreo_para

macroinvertebrados en la quebrada de chaullayacu.pdf.

DIAZ, Oscar; et al. “Influencia de variables estacionales, espaciales, biológicas y ambientales en la bioacumulación de mercurio total y metilmercurio en *Tagelus dombeii*”. *Rev. biol. mar. oceanogr.* [en línea]. 2001, 36(1). pp.15-29. [Consulta 20 abril 2023]. ISSN 0718-1957. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572001000100003&lng=es&nrm=iso>.

ENCINAS, M. *Medio Ambiente Y Contamianción. Principios Básicos.* primera edición, [en línea] Ecuador: San Antonio Ediciones, 2011. Disponible en: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/16784/Medio%20Ambiente%20y%20Contaminaci%C3%B3n.%20Principios%20b%C3%A1sicos.pdf?sequence=6>

FIGUEROA, R; et al. "Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality of southern Chile rivers". *Revista UCE* no. (2003), pp. 275-285.

FLOWERS, R.W. & DE LA ROSA, C. “Capítulo 4: Ephemeroptera”. *Rev. biol. trop* [en línea]. 2010, 58(1), pp.63-93. [Consulta: 2023-03-23]. ISSN 0034-7744. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800004&lng=en&nrm=iso>.

GAD JOSÉ GUANGO BAJO. "Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Parroquial De PARROQUIAL DE JOSEGUANGO BAJO-2014-2019". *Secretaria Tecnica Planifica Ecuador*, vol. 2, no. 26 (2019), pp. 1-359.

GAD LATACUNGA. *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial Latacunga 2028.* Latacunga-Ecuador: PDOT, 2018. [Consulta: 06 abril 2023]. Disponible en: https://www.latacunga.gob.ec/images/pdf/PDyOT/PDyOT_Latacunga_2016-2028.pdf

GAD MULALÓ, 2019. *Actualización del Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Mulaló, Cantón latacunga, Provincia de Cotopaxi 2020 - 2023.* Ecuador: Editorial Andes, 2023. pp. 1-127.

GAD PARROQUIAL DE TANICUCHI. *Plan De Ordenamiento Territorial De Tanicuchi 2019 - 2023.* Ecuador: Dialix, 2019, p.7.

GAD PROVINCIA DE COTOPAXI. *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025.* Cotopaxi-Ecuador: Andes Editorial, 2018. [Consulta: 06 abril 2023]. Disponible en: https://www.cotopaxi.gob.ec/images/Documentos/PDYOT-COTOPAXI-11julio_2018.pdf

GAD PANZALEO, PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL PdyOT DE PANZALEO. Ecuador: Editorial EcuBooks, 2019. pp. 1-214.

GAD PARROQUIAL DE GUAYTACAMA. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Guaytacama.* Ecuador: Editorial EcuBooks, 2015. pp. 1-265.

GALEANO RENDÓN, Esnedý; et al. "Evaluación de la calidad ecológica de quebradas andinas en la cuenca del Río Magdalena, Colombia". *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [en línea], 2017, (Colombia) 20(2), pp. 413-424. [Consulta: 2023-03-31]. ISSN 0123-4226. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262017000200019

GARCÍA, J.M., et al. "Artículo de investigación Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos : aplicación en ríos tropicales de alta montaña". *Revista NW*, vol 4, n° 2 (2017), pp. 47-62.

GARCÍA, F. & MIRANDA, V. *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico. Volumen II de la Colección: Agenda pública para el desarrollo regional, la metropolización y la sostenibilidad* [en línea], 2018, 1(1), pp. 35-367. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 5269-9874. Disponible en: http://ru.iiec.unam.mx/4269/1/2-Vol2_Parte1_Eje3_Cap5-177-García-Miranda.pdf.

GARCÍA, SANDRA Lorena; et al. "Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal". *INNOVA Research Journal* [en línea], 2019, (Ecuador) 4(2), pp. 59–71. [Consulta: 30 marzo 2023]. ISSN 2477-9024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333252783_Factores_que_influyen_en_el_pH_del_agua_mediante_la_aplicacion_de_modelos_de_regresion_lineal

GÁVILANEZ MUÑOZ J. & MOLINA CAMPAÑA, A. Gestión de las descargas contaminantes sobre el río Cutuchi en el área de influencia de la ciudad de Latacunga". [en línea] (Trabajo de titulación). (Titulación) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2013. p.2. [Consulta: 2023-06-02]. Disponible <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6897/1/CD->

5168.pdf

GONZALEZ GONZALEZ, María Isabel “Un futuro a favor de la protección del agua”. *Rev cubana Hig Epidemiol* [en línea]. 2013, 51(2). pp. 126-128. [Consulta 2023-04-05]. ISSN 2541-7787. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032013000200001&lng=es&nrm=iso>.

GUADARRAMA-TEJAS, Rosendo; et al. “Contaminación del agua”. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. [en línea], 2016. 2(5). pp. 1-10. [Consulta: 20 agosto 2023]. ISSN 1548-8987. Disponible en: https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf

GUINARD, D.C. & VEGA, J.A. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y Ambiente*, vol. 16, no. 2 (2013), pp. 61-70.

GUTIERREZ-FONSECA, Pablo E. “Capítulo 6: Plecoptera”. *Rev. biol. Trop* [en línea]. 2010 5(8), p. 4 [Consulta: 2023-04-09]. ISSN 0034-7744. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800006&lng=en&nrm=iso>.

GUTIERREZ, Melida & CARREON HERNANDEZ, Enrique. “SALINIDAD EN EL BAJO RIO CONCHOS: APORTES Y TENDENCIAS”. *Terra Latinoamericana* [en línea], 2004, (México) 22(4), pp. 499–506. [Consulta: 31 marzo 2023]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311096015&idp=1&cid=883651>

HANSON, Paul; et al. “Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos”. *Rev. biol. trop* [en línea]. 2010 58(4), p.3-37. [Consulta: 20 marzo 2023]. ISSN 1242-5437. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0034-7744.

ISABEL, A; et al. *Biodiversidad*. Ecuador: AndesBooks, 2015, p.5.

JACOBO, J; et al. "Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos-Tarija". *Acta NOVA*, vol. 9, no. 4, (2020), pp. 569-591.

JANET, M; et al. "Contaminantes emergentes en aguas , efectos y posibles tratamientos". *INV*, vol. 7, no. 2(2012), pp. 52-73.

JOEL, A.H; *Sistema Con Amortiguamiento*. Ecuador: Andes S/N, 2012, pp. 26.

JUNTA DE CALIDAD AMBIENTAL. *Contaminacion del agua*. [en línea] Ecuador: Editorial Quito, 2003. [Consulta: 20 marzo 2023]. Disponible en: <http://agricultura.uprm.edu/escorrentia/Fuentes%20de%20contaminacion/JCA%20contaminacion%20agua.pdf>

LADRERA FERNÁNDEZ, R.," Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos". *Revista ecologica* , [en línea]. 2012, 2(39) pp. 24-29 [Consulta 01 febrero 2023]. ISSN 2523-7414. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>

LAFARGUE, T. & CÁRDENAS, L. "Impactos y riesgos ambientales en el Combinado Lácteo de Bayamo. Cuba (Parte I)". *Tecnología Química*. [en línea]. 2016, 36(2), pp. 210-224.

LAVIE, Emilie; et al. "Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza". *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias* [en línea], 2010, (Argentina) 42(1), pp. 169–184. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 0370-4661. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382837646012.pdf>

LECCA RAFFO, Eduardo & LIZAMA RUIZ, Edgar. "Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno". *Industrial Data* [en línea], 2014, (Perú) 17(1), pp. 71-80. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 1560-9146. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

LEDESMA, C; et al. "Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba (Argentina)". *Revista Ciencia Agronomica*, vol. 44, no. 3 (2013), pp. 419-425.

LIÑERO, L; et al. "Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados". *Cuadernos de Investigación UNED* [en línea], 2016, 8(1), pp. 69-75. [Consulta: 20 abril 2023]. ISSN 1659-4266. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v8n1/1659-4266-cinn-8-01-00068.pdf>.

MACIUNAS, J. & DEININGER, R.A. "A comparison of several indexes quality". *Water Environment Federation*, vol. 48, no. 5 (1976), pp. 954-958.

MADSEN, L.B; et al. "CHAPTER 11: Time-dependent Restricted-active-space Self-consistent-field Theory for Electron Dynamics on the Attosecond Timescale". *RSC Theoretical and Computational Chemistry Series*, vol.1, n°1 (2018) pp. 386-423.

MAISTERRENA. *Valoración de oxígeno disuelto*. [en línea], Ecuador: Public Ecu, 2019. [consulta: 20 abril 2023]. Disponible en : <https://repo.unlpam.edu.ar/handle/unlpam/5646>

MARTELLA, M.B; et al. "Manual de Ecología Evaluación de la biodiversidad Esfuerzo de muestreo". vol. 5, no. 1 (2012), pp. 71-115.

MARTÍNEZ ORJUELA, Mónica Rocío; et al. "Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal". *Revista UIS Ingenierías* [en línea], 2020, (Colombia) 19(1), pp. 15–24. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 2145-8456. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553768131002>

MÉMDEZ, Patricio & PÉREZ, Omar. "Diagnóstico de la calidad del agua del río Jurumbaino mediante macroinvertebrados como bioindicadores, Macas, Morona Santiago". *Polo del Conocimiento*. [en línea] 2021, 6(9), pp. 259-281. DOI 10.23857/pc.v6i9.3024.

MENESES CAMPO, Yaneth; et al. "Comparison of water quality between two andean rivers by using the BMWP/COL. and ABI". *Acta Biologica Colombiana* [en línea], 2019, (Colombia) 24(2), pp. 299–310. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 0120-548X. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-548X2019000200299

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. *Libro blanco del agua* [en línea]. España: Centro de Publicaciones Secretaría general Técnica Ministerio de Medio Ambiente, 2000. [Consulta: 06 abril 2023]. Disponible en: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/spa192539.pdf>

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR (MAE). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA)* [en línea]. Ecuador: Registro Oficial Edición Especial 2, 2017. [Consulta: 06 abril 2023]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/36/LIBRO%20VI%20Anexo%201%20Normas%20Recurso%20Agua.pdfcontent/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf%0A>
http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/acuerdo_ministerial_97a.pdf

MOLINA, E. C.; et al. Determinación de nitratos y nitritos en agua . Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. , vol. 47, n°1 (2013), pp. 88-92.

MONTOYA, Carolina; et al. "Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización". *Revista EIA* [en línea], 2011, (Colombia) vol. 2 n 16, pp. 137–148. [Consulta: 30 febrero 2023]. ISSN 2463-0950. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372011000200011#:~:text=La%20turbiedad%20de%20la%20fuente,desempe%C3%B1o%20de%20las%20unidades%20de

MORENO CLAUDIA E. “Métodos para medir la Biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA”. [en línea]. 2011, vol.1, n°1, pp. 1-84. [Consulta: 23 noviembre 2022]. ISSN 1576-9526. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>

MULLOR REAL, Cristian. “Estudio De La Salinidad De Las Aguas De Escorrentía En El Entorno Agrícola De Los Ríos Segura-Vinalopó”. [en línea]. (Trabajo de Maestría). (Maestría) Universidad Miguel Hernandez, España. 2017. pp. 1-33. [Consulta: 30 marzo 2023]. Disponible en: <https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/Tutoriales/Norma%20ISO%20690.pdf>

MUÑOZ, H.; et al. "Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del Río Zahuapan, Tlaxcala, México". *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, vol. 28, no. 1 (2011), pp. 27-38.

MUÑOZ NAVA, Hipólito; et al. "Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del Río Zahuapan, Tlaxcala, México". *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental* [en línea], 2011, (México) Vol 28 (1), pp. 27–38. [Consulta: 2023-03-30]. ISSN 0188-4999. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000100003

NAVARRO, R. M; et al. "Validación de La Determinación de Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno en Aguas y Aguas Residuales". *Revista CENIC. Ciencias Químicas*. [en línea], 2005, Cuba 3(6), pp. 2. [Consulta: 05 abril 2023]. ISSN: 1015-8553. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620511015>

OLIVAS ENRIQUEZ, Evangelina; et al. "Indicadores Fecales Y Patógenos En Agua Descargada Al Río Bravo". *Terra Latinoamericana* [en línea], 2011, (México) 29(4), pp. 449–457. [Consulta: 05 abril 2023]. ISSN 0187-5779. Disponible en:

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000400449#:~:text=Se%20identificaron%20y%20cuantificaron%20los,t%C3%A9cnica%20de%20filtraci%C3%B3n%20por%20membrana

OSORIO ORTEGÓN, C. J. & SANABRIA HERNÁNDEZ, N.S. "Evaluación del riesgo asociado a la calidad del recurso hídrico en la vereda la costa". *Scielo* [en línea] vol. 11, no. 1 (2011), pp. 80-85.

OSORIO-RIVERA, M. A.; et al "A qualidade das águas residuais domésticas". *Revista UCE*, vol. 6, no. 3 (2011), pp. 228-245.

PALMA, Alejandro; et al. "Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF". *Gayana* [en línea], 2009, (Chile) 73(1), pp. 57-63. [Consulta: 31 abril 2023]. ISSN 0717-6538. Disponible en : https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-65382009000100009

PALOMINO, M. "Importancia del sector industrial". *Universidad de Chile* [en línea], 2017, (Chile) vol. 5, no. 1, pp. 139-156. [Consulta: 23 noviembre 2022]. ISSN 0719-6296. Disponible: <https://revistaestudiospoliticaspublicas.uchile.cl/index.php/REPP/article/download/46356/53576/177323>

PARDO, I.; et al. "El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat". *Limnetica*, vol. 21, no 1 (2002). 3-4, pp. 115-133.

PATIÑO, Y.; et al. "Microcontaminantes emergentes en aguas: tipos y sistemas de tratamiento". *Avances en Ciencias e Ingeniería*. [en línea]. 2014, (Chile) 5(2), pp. 1-20. [Consulta: 02 abril 2023]. ISSN 0718-8706. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323631115001.pdf>

PENA ALVAREZ, Araceli & CASTILLO ALANIS, Alejandra. "Identificación y cuantificación de contaminantes emergentes en aguas residuales por microextracción en fase sólida-cromatografía de gases-espectrometría de masas (MEFS-CG-EM)". *TIP* [en línea]. 2015, 18(1). pp. 25-89. [Consulta: 10 marzo 2023]. ISSN 2548-7899. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2015000100003&lng=es&nrm=iso.

PEREZ GOMEZ, Gabriela; et al. "Calidad físicoquímica y microbiológica del agua superficial del río Grande de Tárcoles, Costa Rica: un enfoque ecológico". *UNED Research Journal* [en

línea]. 2021, 13(1). pp.69-86. [Consulta: 05 marzo 2023]. ISSN 5447-8588. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-441X2021000100069&lng=en&nrm=iso>.

PLA, Laura. “Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza”. *INCI* [en línea]. 2006, 31(8). pp.583-590. [Consulta: 10 marzo 2023]. ISSN 2221-9854. Disponible en: <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-1844

PRATS RODRIGUEZ, Jordi; et al. “Trabajos de seguimiento de la temperatura del agua en el curso inferior del río ebro (ESPAÑA)”. *Congreso Iberoamericano Sobre Sedimentos y Ecología, July* [en línea], 2015, (España) 20(15). pp. 1-8. [Consulta: 10 marzo 2023]. ISSN 1414-9588
Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/280528875_Trabajos_de_seguimiento_de_la_temperatura_del_agua_en_el_curso_inferior_del_rio_Ebro_Espana

PUENTE, J. & GALECIO, G. "Biomonitoreo de contaminantes, mediante el uso de briofitas como muestreadores biológicos, para el aire de la ciudad de Quito". *Scielo* [en línea], 2008, (Ecuador) 1(2). pp. 6-23. [Consulta: 03 febrero 2022] ISBN 9789-9781. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6095/1/Biomonitoreo%20de%20contaminantes%20mediante%20el%20uso%20de%20briofitas%20como%20muestreadores%20biologicos%20para%20el%20aire%20de%20la%20Ciudad%20de%20Quito.pdf>

QUIROZ FERNANDEZ, Luis Santiago; et al. “Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador”. *Riha* [en línea]. 2017, 38(3), pp.41-51. [Consulta 2023-04-05]. ISSN 1680-0338. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300004&lng=es&nrm=iso>.

QUISHPI GUALLO, P. “Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de las Calidad del agua de un Sistema Fluvial Alto Andino Ecuatoriano”. *Rev. Hallazgos* [en línea]. 2018, 1(3), pp. 1-13. Disponible en : <https://revistas.pucese.edu.ec/hallazgos21/article/view/234>

QUISPE, Edison. Remoción de sólidos suspendidos para mejorar la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021. [en línea] (Trabajo de Titulación). (Titulación) Universidad Continental, Huancayo, Perú. 2021. pp. 1-40. [Consulta: 2023-03-30].
Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11356/1/IV_FIN_107_TE_Quispe

_Quispe_2021.pdf

RÍO, M; et al. *Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales*. [en línea]. Ecuador: Ediciones L/M, 2003. [consulta: 20 febrero 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/28061992_Indices_de_diversidad_estructural_en_masas_forestales

RIOS TOBON, Sandra; Et al. "Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano". *Rev. Fac. Nac. Salud Pública* [en línea]. 2017, 35(2). pp.236-247.[Consulta: 12 marzo 2023]. ISSN 0120-386X. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2017000200236&lng=en&nrm=iso. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>

RODRÍGUEZ, A. P.; et al. "Valoración de daños en la vegetación de ribera". *Scielo*[en línea], 2008, 2(1), pp. 125-144. [consulta: 12 enero 2023]. ISSN 0213-8468. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2784280>

RODRIGUEZ, Rosas. *Nitritos: La presencia de nitritos en el agua es indicativo de contaminación de carácter fecal reciente*. [en línea]. España: 2001. [Consulta: 06 abril 2023]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94296/04ComponentesAguas05.pdf>

RODRÍGUEZ TAPIA, Lilia; et al. "Evaluación socioeconómica de daños ambientales por contaminación del río Atoyac en México". *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. [en línea] 2012, (México) 1(3), pp. 143-151. [Consulta: 20 enero 2023]. ISSN 1598-9874. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3535/353531980010.pdf>

ROJAS, M.; et al. "Dípteros acuáticos (insecta) y su relación con las variables físicas y químicas en un río con bosque seco tropical , Natagaima , Tolima – Colombia". *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas* [en línea], 2018, 1(2), pp. 16-29. [Consulta: 20 enero 2023]. ISSN 2020-2025. Disponible en: <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/download/151/145/593#:~:text=Los macroinvertebrados acuáticos se constituyen,los posiciona como una biota.>

ROLDÁN-PÉREZ, G. "Macroinvertebrates as bioindicators of water quality: Four decades of development in Colombia and Latin America". *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 40, no. 155 (2016), pp. 254-274.

ROSABAL CARBONELL, Y; et al. " Evaluación de la demanda química de oxígeno en aguas de la provincia de Granma, Cuba". *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* [en línea], 2012, (Cuba) 8(1), pp. 15–20. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 1870-0667. Disponible en: <https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/197/133>

SALDAÑA-FABELA, María del Pilar; et al. "Altagracia. Diagnóstico de la calidad del agua en un sistema de embalses en cascada, cuenca del río San Juan, Querétaro, México". *Tecnol. cienc. agua* [en línea]. 2011, 2(3). pp.115-126. [Consulta: 06 abril 2023]. ISSN 2007-2422. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222011000300008&lng=es&nrm=iso.

SANTATERESA, E. & LAHORA, A., *Contaminantes emergentes en saneamientos públicos españoles*. Ecuador: 2014, p.5.

SIERRA RAMÍREZ, Carlos Alberto. "CALIDAD DEL AGUA: Evaluación y diagnóstico". *Scielo* [en línea] 2011, 1(2), pp. 5-12. [Consulta: 30 marzo 2023]. ISSN 1236-7410. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/70981>

SOLÍS CASTRO, Yuliana; et al. "La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica". *Revista Tecnología En Marcha* [en línea], 2018, (Costa Rica), 31(1), pp. 35-46. [Consulta: 30 marzo 2023]. ISSN 2514-2001. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822018000100035#:~:text=Los%20resultados%20indican%20que%2C%20la,para%20pozos%20y%20nacientes%20respectivamente

SPRINGER, M. "Capítulo 7. Trichoptera". *Revista de Biología Tropical*, vol. 58, no 1 (2019). pp. 151-198.

SUAREZ TAMAYO, Susana & MOLINA ESQUIVEL, Enrique. "El desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente". *Rev cubana Hig Epidemiol* [en línea]. 2014, 52(3) pp.357-363. [Consulta: 09 abril 2023] ISSN 2125-8541. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300008&lng=es&nrm=iso. ISSN 1561-3003

TORRES, P. A.; et al. "Analysis of environmental aspects generated by livestock practices in the area of influence of the Betancí swamp in the municipality of Montería". *Espacios*, vol 39, n°

44 (2019), p.7.

TREVIZAN RISPOLI, Juan Francisco. “Mirando sobre y bajo el agua”. *Idesia* [en línea]. 2011, 29(2). pp.169-174. [Consulta: 05 marzo 2023]. ISSN 5487-9632. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292011000200022&lng=es&nrm=iso>.

VALLARINO, A. & PFENG, A. M. "*Guardianes de nuestro futuro ambiental*". Ecuador: 2019.

VALLEJO ILIJAMA, M.; et al. 2019. “Integral Management of Disaster Risks and Sustainable Management of Water”. *Universidad y Sociedad* [en línea], vol. 4, no. 4, pp. 267-275. [Consulta: 20 enero 2023]. ISSN 2218-3620. Disponible en: <http://rus.ucf>.

VILLAFUERTE PEREZ & QUISHPI GUALLO. Análisis de la calidad de agua de los ríos, nagsiche y pumacunchi, pertenecientes a la subcuenca del río patate, de la provincia de cotopaxi (Trabajo de titulación). (Titulación) Universidad Nacional de Chimborazo facultad de ingeniería. Riobamba, Ecuador, 2016. p.34. [Consulta: 2023-04-05]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/browse?type=author&value=P%C3%A9rez+Villafuerte%2C+Pedro+Neptali>

VILLANUEVA, C; et al. "Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco". *Revista de Tecnología y Sociedad*, [en línea], 2013, (México), 5(2). p.7. [Consulta: 2023-01-12]. ISSN: 2007-3607. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=499051554003>

VILLENA CHAVEZ, Jorge Alberto. “Calidad del agua y desarrollo sostenible”. *Rev. Perú. med. exp. salud pública* [en línea]. 2018, 35(2), pp: 304-308. [Consulta: 2023-04-05]. ISSN. 1726-4634. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000200019&lng=es&nrm=iso>.

VIZCAÍNO, L.F.L. *Indices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala..* EE.UU: 1971.

WEDEL, K. "Disruptores endocrinos: un riesgo para la salud reproductiva". *Revista Medica*, [en línea], 2019, (Costa Rica) 4(6). pp. 24-30. [2022/12/02]. ISSN 2215-4523. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/sinergia/rms-2019/rms196c.pdf> .



ANEXOS

ANEXO A: ZONAS DE INFLUENCIA DENTRO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

	
<p>Complejo turístico ubicado en la parroquia de Panzaleo.</p>	<p>Actividad minera ubicado en la parroquia de Panzaleo.</p>
	
<p>Actividad florícola ubicado en la parroquia de San Miguel.</p>	<p>Actividad ganadera ubicado en la parroquia de Latacunga.</p>
	
<p>Hospital General IIES ubicado en Latacunga</p>	<p>Actividad ganadera ubicado en la parroquia de Guaytacama.</p>

ANEXO B: ZONAS DE DESCARGAS DIRECTAS Y DIFUSAS DENTRO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI

	
<p>Descargas Directa al río Cutuchi ubicado en la zona de Latacunga.</p>	<p>Descarga Difusa al río Cutuchi ubicado en la zona de Joseguango Bajo.</p>
	
<p>Descarga Directa al río Cutuchi ubicado en la zona de Mulaló.</p>	<p>Descarga Difusa al río Cutuchi ubicado en la zona de Latacunga.</p>
	
<p>Descarga Directa al río Cutuchi ubicado en la zona de Mulaló.</p>	<p>Descarga Difusa al río Cutuchi ubicado en la zona de Mulaló.</p>

ANEXO C: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE LA MEDICIÓN DE CAUDALES Y TOMA DE MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO CUTUCHI

	
<p>Medición del pH, temperatura, conductividad eléctrica, salinidad, O.D in situ- en la zona de Panzaleo.</p>	<p>Medición de las profundidades del cauce del Río Cutuchi en la zona de Panzaleo.</p>
	
<p>Toma de las muestras de agua de la zona de Latacunga.</p>	<p>Medición del caudal en la zona de San Miguel</p>
	
<p>Toma de las muestras de agua para el análisis de coliformes</p>	

ANEXO D: REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE LA RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS

	
<p>Recolección de macroinvertebrados de las rocas de la zona de San Miguel.</p>	<p>Recolección de macroinvertebrados de la ribera del río en la zona de Latacunga.</p>
	
<p>Recolección de macroinvertebrados de los sedimentos de la zona de Mulaló.</p>	<p>Macroinvertebrados en caja Petri con alcohol al 95%.</p>
	
<p>Muestra de macroinvertebrados en tubos eppendorf con alcohol al 95%</p>	

ANEXO E: ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOSQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA.



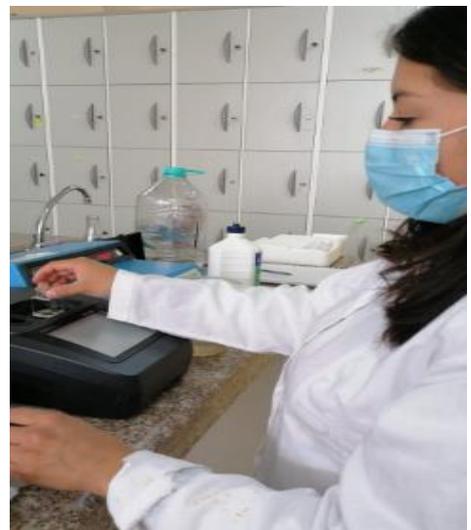
Determinación de DQO en el Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH



Siembra en cajas compact dry de coliformes fecales y totales - Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH.



Determinación de la turbidez - Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH.



Determinación de los sólidos totales - Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH.

ANEXO F: FICHA DE CAMPO PARA EVALUAR QBR-And

<p>ÍNDICE QBR-And Calidad de la ribera de Comunidades de Pajonales de Páramos y Punas Protocolo CERA</p>	 <p>UNIVERSITAT DE BARCELONA Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management) Departament d'Ecologia</p>																				
<p>La puntuación de cada uno de los 3 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; border: 1px solid black;">Estación</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">Observador</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">Fecha</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> </table>	Estación		Observador		Fecha															
Estación																					
Observador																					
Fecha																					
<p>Grado de cubierta de la zona de ribera Puntuación bloque 1</p>																					
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; border: 1px solid black;">Puntuación</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">25</td> <td style="border: 1px solid black;">> 80 % de cubierta vegetal de la ribera (Gramíneas y/o matorral y/o "almohadillas")</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">10</td> <td style="border: 1px solid black;">50-80 % de cubierta vegetal de la ribera</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">5</td> <td style="border: 1px solid black;">10-50 % de cubierta vegetal de la ribera</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">< 10 % de cubierta vegetal de la ribera</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">+ 10</td> <td style="border: 1px solid black;">si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es total</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">+ 5</td> <td style="border: 1px solid black;">si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es >50%</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">- 5</td> <td style="border: 1px solid black;">Si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es entre el 25-50%</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">- 5</td> <td style="border: 1px solid black;">Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera <50%</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">- 10</td> <td style="border: 1px solid black;">Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera >50%</td> </tr> </table>		Puntuación		25	> 80 % de cubierta vegetal de la ribera (Gramíneas y/o matorral y/o "almohadillas")	10	50-80 % de cubierta vegetal de la ribera	5	10-50 % de cubierta vegetal de la ribera	0	< 10 % de cubierta vegetal de la ribera	+ 10	si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es total	+ 5	si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es >50%	- 5	Si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es entre el 25-50%	- 5	Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera <50%	- 10	Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera >50%
Puntuación																					
25	> 80 % de cubierta vegetal de la ribera (Gramíneas y/o matorral y/o "almohadillas")																				
10	50-80 % de cubierta vegetal de la ribera																				
5	10-50 % de cubierta vegetal de la ribera																				
0	< 10 % de cubierta vegetal de la ribera																				
+ 10	si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es total																				
+ 5	si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es >50%																				
- 5	Si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es entre el 25-50%																				
- 5	Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera <50%																				
- 10	Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera >50%																				
<p>Calidad de la cubierta Puntuación bloque 2</p>																					
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; border: 1px solid black;">Puntuación</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">25</td> <td style="border: 1px solid black;">Todas las especies vegetales de ribera autóctonas (gramíneas, matorral o almohadillas)</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">10</td> <td style="border: 1px solid black;">Ribera con <25% de la cobertura con especies de introducidas (<i>Eucalyptus spp.</i>, <i>Pinus spp.</i>) o especies arbustivas secundarias (por efecto de sobrepastoreo)</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">5</td> <td style="border: 1px solid black;">Ribera entre 25-80% de la cobertura con especies introducidas o con arbustivas secundarias</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">Ribera con >80% de especies introducidas o arbustivas secundarias</td> </tr> </table>		Puntuación		25	Todas las especies vegetales de ribera autóctonas (gramíneas, matorral o almohadillas)	10	Ribera con <25% de la cobertura con especies de introducidas (<i>Eucalyptus spp.</i> , <i>Pinus spp.</i>) o especies arbustivas secundarias (por efecto de sobrepastoreo)	5	Ribera entre 25-80% de la cobertura con especies introducidas o con arbustivas secundarias	0	Ribera con >80% de especies introducidas o arbustivas secundarias										
Puntuación																					
25	Todas las especies vegetales de ribera autóctonas (gramíneas, matorral o almohadillas)																				
10	Ribera con <25% de la cobertura con especies de introducidas (<i>Eucalyptus spp.</i> , <i>Pinus spp.</i>) o especies arbustivas secundarias (por efecto de sobrepastoreo)																				
5	Ribera entre 25-80% de la cobertura con especies introducidas o con arbustivas secundarias																				
0	Ribera con >80% de especies introducidas o arbustivas secundarias																				
<p>Grado de naturalidad del canal fluvial Puntuación bloque 3</p>																					
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; border: 1px solid black;">Puntuación</td> <td style="border: 1px solid black;"></td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">25</td> <td style="border: 1px solid black;">El canal del río no ha estado modificado</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">10</td> <td style="border: 1px solid black;">Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">5</td> <td style="border: 1px solid black;">Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">Río canalizado en la totalidad del tramo</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">- 10</td> <td style="border: 1px solid black;">si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">- 10</td> <td style="border: 1px solid black;">si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">- 5</td> <td style="border: 1px solid black;">si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">- 10</td> <td style="border: 1px solid black;">si hay un basurero permanente en el tramo estudiado</td> </tr> </table>		Puntuación		25	El canal del río no ha estado modificado	10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal	5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río	0	Río canalizado en la totalidad del tramo	- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río	- 10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río	- 5	si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes	- 10	si hay un basurero permanente en el tramo estudiado		
Puntuación																					
25	El canal del río no ha estado modificado																				
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal																				
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río																				
0	Río canalizado en la totalidad del tramo																				
- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río																				
- 10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río																				
- 5	si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes																				
- 10	si hay un basurero permanente en el tramo estudiado																				
<p>Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)</p>																					

ANEXO G: FICHA DE CAMPO PARA EVALUAR EL ÍNDICE IHF

	Estación	
	Fecha	
	Operador	

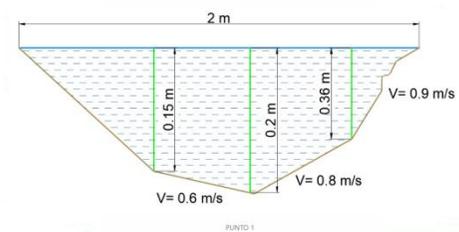
Bloques	Puntuación	
1. Inclusión rápidos-sedimentación pozas		
Rápidos		
Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%.	10	
Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%.	5	
Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%.	0	
Sólo pozas		
Sedimentación 0 - 30%	10	
Sedimentación 30 - 60%	5	
Sedimentación > 60%	0	
TOTAL (una categoría)		
2. Frecuencia de rápidos		
Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7	10	
Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8	
Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25	6	
Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25	4	
Sólo pozas	2	
TOTAL (una categoría)		
3. Composición del sustrato		
% Bloques y piedras	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Cantos y gravas	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Arena	1 - 10%	2
	> 10%	5
% Limo y arcilla	1 - 10%	2
	> 10%	5
TOTAL (sumar categorías)		
4. Regímenes de velocidad / profundidad		
<i>somero</i> : < 0,5 m	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10
<i>lento</i> : < 0,3 m/s	Sólo 3 de las 4 categorías	8
	Sólo 2 de las 4	6
	Sólo 1 de las cuatro	4
TOTAL (una categoría)		
5. Porcentaje de sombra en el cauce		
Sombreado con ventanas	10	
Totalmente en sombra	7	
Grandes claros	5	
Expuesto	3	
TOTAL (una categoría)		
6. Elementos heterogeneidad		
Hojarasca	> 10% ó < 75%	4
	< 10% ó > 75%	2
Presencia de troncos y ramas		2
Raíces expuestas		2
Diques naturales		2
TOTAL (sumar categorías)		
7. Cobertura de vegetación acuática		
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
% Pecton	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10
	< 10% ó > 50%	5
TOTAL (sumar categorías)		
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		
La puntuación de cada uno de los apartados no puede exceder la expresada en la siguiente tabla:		
Inclusión rápidos - sedimentación pozas	10	
Frecuencia de rápidos	10	
Composición del sustrato	20	
Régimen velocidad / profundidad	10	
Porcentaje de sombra en el cauce	10	
Elementos de heterogeneidad	10	
Cobertura de vegetación acuática	30	

ANEXO H: MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN LA CUENCA DEL RÍO CUTUCHI

		
<p>Familia: <i>Planariidae</i></p>	<p>Clase: <i>Oligochaeta</i></p>	<p>Familia: <i>Physidae</i></p>
		
<p>Clase: <i>Hirudinea</i></p>	<p>Familia: <i>Elmidae</i> (Adulto)</p>	<p>Familia: <i>Chironomidae</i></p>
		
<p>Familia: <i>Baetidae</i></p>	<p>Familia: <i>Hyalellidae</i></p>	<p>Familia: <i>Sphaeriidae</i></p>
		
<p>Familia: <i>Simuliidae</i></p>	<p>Familia: <i>Dolichopodidae</i></p>	<p>Familia: <i>Polycentropodidae</i></p>

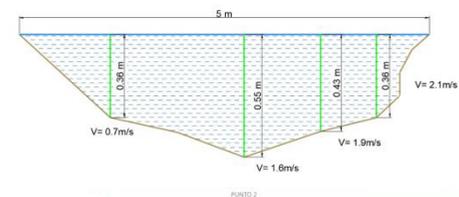
ANEXO I: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 1-ZONA DE MULALÓ

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO									
Monitoreado por	Jeniffer Moyano, Erika Paredes		Sistema	Geográfico		FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 			
Fecha	18/1/2023		Coordenadas	Longitud	78°36'35.32"O				
Hora de inicio	9:10	Hora fin		10:20	Latitud		0°44'15.08"S		
Provincia	Cotopaxi		Altitud (msnm)	3023					
Cantón	Latacunga		Ecosistema	Herbazales y matorrales montanos, pastizal de cultivo tipo césped.					
Parroquia	Mulaló		Colectores	Botellas de ámbar de 1L, red tipo D, tubos eppendorf y frascos estériles					
Comunidad	Lasso		Condición climática	Lluvia	Soleado		Nublado		
Nombre del río	Cutuchi								
Código del punto	P. 1				x				
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO			
El punto 1, se encuentra en la zona de la parroquia de Mulaló. Este punto se caracteriza por la presencia de ganado, además de las actividades agrícolas, e industriales, es de fácil acceso y está expuesto a las actividades antrópicas.			Tipo de sustrato	arenoso					
			Equipo	caudalímetro	Método	sección velocidad			
			Profundidad (m)	0,58	Ancho (m)	3			
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	1,02				
Seca	0,78								
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO			
Presencia de herbazal y matorrales, además de pastizal. La vegetación está predominada por césped que rodea la orilla del río y otras especies vegetativas como: <i>Baccharis genistelloides</i> , <i>Phragmites australis</i> .			Tipo	Actividad agrícola, ganadera					
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas			
						x			
			ÍNDICES BIÓTICOS			BMWP/Col	QBR-And	IHF	ABI
				50	52	24,5			
									

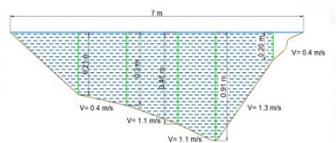


ANEXO J: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 2-ZONA DE TANICUCHI

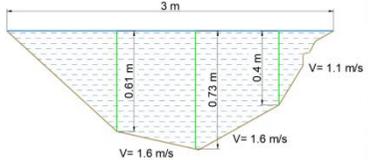
FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
Monitoreado por	Jeniffer Moyano, Erika Paredes		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 
Fecha	18/1/2023		Coordenadas	Longitud	78°36'35.23"O		
Hora de inicio	10:30	Hora fin		11:20	Latitud	0°46'59.00"S	
Provincia	Cotopaxi		Altitud (msnm)	2945			
Cantón	Latacunga		Ecosistema	Herbazales y matorrales montanos, Herbazal de inundación y pastizal.			
Parroquia	Mulaló		Colectores	Botellas de ámbar de 1L, red tipo D, tubos eppendorf y frascos estériles			
Comunidad	Lasso		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado	
Nombre del río	Cutuchi				x		
Código del punto	P. 2						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
El punto 2, se encuentra en la zona de la parroquia de Tanicuchi. Este punto se caracteriza por la presencia de actividad ganadera, además de las actividades agrícolas, es de fácil acceso el cauce del río comienza a ser rápido.			Tipo de sustrato	Grava fina			
			Equipo	caudalímetro	Método	sección velocidad	
			Profundidad (m)	0,49	Ancho (m)	4	
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	2,16		
				Seca	2		
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO 	
Presencia de herbazal y matorrales, herbazal de inundación y pastizal. La vegetación está predominada por césped que rodea la orilla del río y otras especies vegetativas como: <i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> , <i>Nasturtium officinale</i> .			Tipo	Actividad agrícola, ganadera			
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas	
						x	
			ÍNDICES BIÓTICOS				
			BMWP/Col	QBR-And	IHF	ABI	
	35	44	17,5				



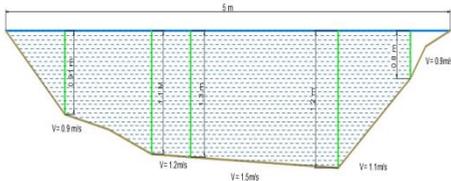
ANEXO K: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 3-ZONA DE GUAYTACAMA

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
Monitoreado por	Jeniffer Moyano, Erika Paredes		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 	
Fecha	18/1/2023		Coordenadas	Longitud	78°37'21.87"O			
Hora de inicio	11:45	Hora fin		12:30	Latitud	0°48'58.32"S		
Provincia	Cotopaxi		Altitud (msnm)	2904				
Cantón	Latacunga		Ecosistema	Herbazales y matorrales montanos, y pastizal.				
Parroquia	Guaytacama		Colectores	Botellas de ámbar de 1L, red tipo D, tubos eppendorf y frascos estériles				
Comunidad	Latacunga		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado		
Nombre del río	Cutuchi				x			
Código del punto	P. 3							
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL				DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
El punto 3, se encuentra en la zona de la parroquia de Guaytacama. Este punto se caracteriza por la presencia de actividad ganadera, además de las actividades agrícola, es de fácil acceso el cauce del río comienza a ser rápido presenta un tipo de sustrato rocoso, lo que provoca la presencia de rápidos.			Tipo de sustrato	Grava gruesa				
			Equipo	caudalímetro	Método	sección velocidad		
			Profundidad (m)	0,35	Ancho (m)	7		
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	2,39			
				Seca	2,10			
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)				FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO	
Presencia de herbazal y matorrales, y pastizal. La vegetación está predominada por césped que rodea la orilla del río y otras especies vegetativas como: <i>Cortaderia selloana</i> y especies nativas de la zona.			Tipo	Actividad agrícola, ganadera				
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas		
					x	x		
			ÍNDICES BIÓTICOS					
			BMWP/Col	QBR-And	IHF	ABI		
	20	38	17					

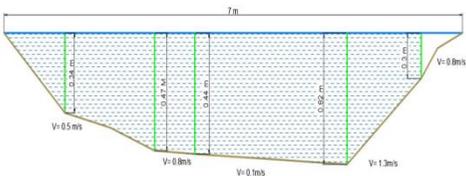
ANEXO L: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 4-ZONA DE JOSEGUANGO BAJO

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
Monitoreado por	Jeniffer Moyano, Erika Paredes		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 	
Fecha	18/1/2023		Coordenadas	Longitud	78°37'3.44"O			
Hora de inicio	12:45	Hora fin		13:30	Latitud	0°51'1.87"S		
Provincia	Cotopaxi		Altitud (msnm)	285				
Cantón	Latacunga		Ecosistema	Herbazales y matorrales montanos, y pastizal de cultivo.				
Parroquia	Joseguango Bajo		Colectores	Botellas de ámbar de 1L, red tipo D, tubos eppendorf y frascos estériles				
Comunidad	Latacunga		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado		
Nombre del río	Cutuchi				x			
Código del punto	P. 4							
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
El punto 4, se encuentra en la zona de la parroquia de Joseguango Bajo. Este punto se caracteriza por la presencia de actividad ganadera, además de las actividades agrícola, es de fácil acceso, este punto es muy particular ya que el área disminuye considerablemente, sin embargo, tiende a ser caudaloso y profundo.			Tipo de sustrato	arenoso				
			Equipo	caudalímetro	Método	sección velocidad		
			Profundidad (m)	0,65	Ancho (m)	3		
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	4,81			
Seca	2,10							
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO		
Presencia de herbazal y matorrales, y pastizal de cultivo. La vegetación está predominada por cultivo forrajero y prado. Además, se encuentran especies vegetativas como: <i>Sccharum spontaneum</i> , <i>Cyperus giganteus</i> .			Tipo	Actividad agrícola, ganadera				
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas		
					x	x		
			ÍNDICES BIÓTICOS					
BMWP/Col	QBR-And	IHF	ABI					
	65	44	17,5					

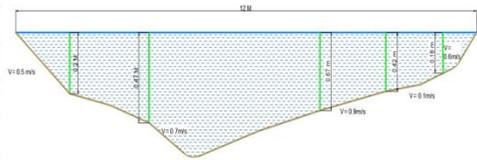
ANEXO M: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 5-ZONA DE LATACUNGA

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
Monitoreado por	Jeniffer Moyano, Erika Paredes		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 	
Fecha	18/1/2023		Coordenadas	Longitud	78°37'34.49"O			
Hora de inicio	13:45	Hora fin		14:30	Latitud	0°53'14.27"S		
Provincia	Cotopaxi		Altitud (msnm)	2809				
Cantón	Latacunga		Ecosistema	Herbazales y matorrales montanos, y pastizal de cultivo.				
Parroquia	Latacunga		Colectores	Botellas de ámbar de 1L, red tipo D, tubos eppendorf y frascos estériles				
Comunidad	Latacunga		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado		
Nombre del río	Cutuchi				x			
Código del punto	P. 5							
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
El punto 5, se encuentra en la zona de la parroquia de Latacunga. Este punto se caracteriza por la presencia de actividad ganadera, además de las actividades agrícola, es de fácil acceso, en este punto la actividad agrícola es muy considerable, existe la presencia de varios cultivos de brócoli, rosas, y otros vegetales.			Tipo de sustrato	Arenoso-grava fina				
			Equipo	caudalímetro	Método	sección velocidad		
			Profundidad (m)	0,91	Ancho (m)	5		
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	4,57			
Seca	3,63							
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO		
Presencia de herbazal y matorrales, herbazal inundable, pastizal cultivo. La vegetación está predominada por cultivo forrajero y prado además de especies vegetativas como: <i>Sambucus peruviana</i> .			Tipo	Actividad agrícola, ganadera				
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas		
				x	x	x		
			ÍNDICES BIÓTICOS					
			BMWP/Col	QBR-And	IHF	ABI		
	50	46	20,5					

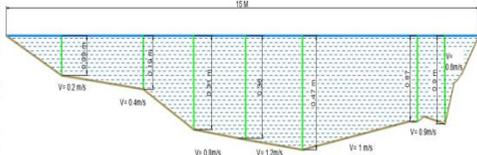
ANEXO N: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 6-ZONA DE LATACUNGA

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
Monitoreado por	Jeniffer Moyano, Erika Paredes		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 	
Fecha	18/01/2023		Coordenadas	Longitud	78°36'51.51"O			
Hora de inicio	14:30	Hora fin		15:30	Latitud	0°56'48.53"S		
Provincia	Cotopaxi		Altitud (msnm)	2742				
Cantón	Latacunga		Ecosistema	Herbazales y matorrales montanos, y pastizal de cultivo.				
Parroquia	Latacunga		Colectores	Botellas de ámbar de 1L, red tipo D, tubos eppendorf y frascos estériles				
Comunidad	Latacunga		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado		
Nombre del río	Cutuchi				x			
Código del punto	P. 6							
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
El punto 6, se encuentra en la zona de la parroquia de Latacunga. Este punto se caracteriza por la presencia de actividad ganadera, además de las actividades industriales, a lo largo de esta zona existe además las descargas de afluentes domésticos y hospitalarios.			Tipo de sustrato	arenoso				
			Equipo	caudalímetro	Método	sección velocidad		
			Profundidad (m)	0,51	Ancho (m)	7		
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	1,98			
				Seca	1,38			
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO		
Presencia de herbazal y matorrales, herbazal inundable, pastizal cultivo. La vegetación está predominada por cultivo forrajero y prado.			Tipo	Actividad agrícola, ganadera, actividad antrópica				
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas		
				x	x	x		
			ÍNDICES BIÓTICOS					
			BMWP/Col	QBR-And	IHF	ABI		
	50	46	20,5					

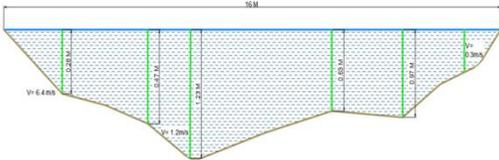
ANEXO O: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 7-ZONA DE SAN MIGUEL

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
Monitoreado por	Jeniffer Moyano, Erika Paredes		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 	
Fecha	18/01/2023		Coordenadas	Longitud	78°35'49.67"O			
Hora de inicio	15:30	Hora fin		16:30	Latitud	1° 2'36.07"S		
Provincia	Cotopaxi		Altitud (msnm)	2627				
Cantón	Salcedo		Ecosistema	Herbazales y matorrales montanos, y pastizal.				
Parroquia	San Miguel		Colectores	Botellas de ámbar de 1L, red tipo D, tubos eppendorf y frascos estériles				
Comunidad	Chipúalo		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado		
Nombre del río	Cutuchi				x			
Código del punto	P. 7							
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
El punto 7, se encuentra en la zona de la parroquia de San Miguel. Este punto se caracteriza por la presencia de actividad ganadera, además de las actividades, agrícolas, y mineras.			Tipo de sustrato	rocoso				
			Equipo	caudalímetro	Método	sección velocidad		
			Profundidad (m)	0,56	Ancho (m)	12		
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	3,28			
Seca	2,33							
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO		
Presencia de herbazal y matorrales, pastizal, además presenta algunas especies vegetativas como: eucalipto (<i>Eucalyptus</i>).			Tipo	Actividad agrícola, ganadera, actividad antrópica				
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas		
					x	x		
			ÍNDICES BIÓTICOS					
			BMWP/Col	QBR-And	IHF	ABI		
	20	37	16,5					

ANEXO P: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 8-ZONA DE PANZALEO

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
Monitoreado por	Jeniffer Moyano, Erika Paredes		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 	
Fecha	18/01/2023		Coordenadas	Longitud	78°36'22.56"O			
Hora de inicio	16:30	Hora fin		17:30	Latitud	1° 3'45.57"S		
Provincia	Cotopaxi		Altitud (msnm)	2614				
Cantón	Salcedo		Ecosistema	Herbazales y matorrales montanos, y pastizal.				
Parroquia	Panzaleo		Colectores	Botellas de ámbar de 1L, red tipo D, tubos eppendorf y frascos estériles				
Comunidad	Panzaleo		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado		
Nombre del río	Cutuchi				x			
Código del punto	P. 8							
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
El punto 8, se encuentra en la zona de la parroquia de Panzaleo. Este punto se encuentra alejado de la población, pero se caracteriza por la presencia de un complejo turístico, también se da la actividad ganadera, además de las actividades, agrícolas.			Tipo de sustrato	ROCOSO				
			Equipo	caudalímetro	Método	sección velocidad		
			Profundidad (m)	0,40	Ancho (m)	15		
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	4,71			
				Seca	3,24			
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO		
Presencia de herbazal y matorrales, pastizal, además presenta algunas especies vegetativas como: eucalipto (<i>Eucaliptus</i> , <i>Cortaderia selloana</i>),			Tipo	Actividad agrícola, ganadera, actividad antrópica				
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas		
				x	x	x		
			ÍNDICES BIÓTICOS					
			BMWP/Col	QBR-And	IHF	ABI		
	55	48	23					

ANEXO Q: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS: PUNTO 9-ZONA DE PANZALEO

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
Monitoreado por	Jeniffer Moyano, Erika Paredes		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 
Fecha	18/01/2023		Coordenadas	Longitud	78°35'31.00"O		
Hora de inicio	17:30	Hora fin		18:30	Latitud	1° 4'27.18"S	
Provincia	Cotopaxi		Altitud (msnm)	2568			
Cantón	Salcedo		Ecosistema	Herbazales y matorrales montanos, y pastizal de cultivo.			
Parroquia	Panzaleo		Colectores	Botellas de ámbar de 1L, red tipo D, tubos eppendorf y frascos estériles			
Comunidad	La Delicia		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado	
Nombre del río	Cutuchi				x		
Código del punto	P. 9						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
El punto 9, se encuentra en la zona de la parroquia de Panzaleo. Este punto se encuentra alejado de la población, es de difícil acceso, para llegar se desciende una quebrada, se caracteriza por la presencia de una actividad ganadera, también por la presencia de actividad minera.			Tipo de sustrato	Grava gruesa			
			Equipo	caudalímetro	Método	sección velocidad	
			Profundidad (m)	1,5	Ancho (m)	16	
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	7,66		
				Seca	3,13		
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO	
Presencia de herbazal y matorrales, pastizal, además presenta algunas especies vegetativas como: eucalipto (<i>Eucaliptus</i> , <i>Cortaderia selloana</i> , y pastizal de cultivo.			Tipo	Actividad agrícola, ganadera, actividad minera			
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas	
				x	x	x	
			ÍNDICES BIÓTICOS				
			BMWP/Col	QBR-And	IHF	ABI	
	55	48	21,3				
							
							



epoch

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10 / 07/ 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Jeniffer Brigeet Moyano Shagñay Erika Vaneza Paredes Coque
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1195-DBRA-UPT-2023

