



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN ECOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL BOSQUE DE  
RIBERA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CEBADAS**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Propuesta de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORAS:** KATTY LUCÍA DUCHICELA MOREIRA

IVONNE NOEMÍ RIVERA MANOSALVAS

**DIRECTOR:** Ing. ANDRÉS AGUSTÍN BELTRÁN DÁVALOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Katty Lucía Duchicela Moreira & Ivonne Noemí Rivera Manosalvas**

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, KATTY LUCÍA DUCHICELA MOREIRA e IVONNE NOEMÍ RIVERA MANOSALVAS, 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, 02 de febrero del 2022



**Katty Lucía Duchicela Moreira**

**CI: 171828593-3**



**Ivonne Noemí Rivera Manosalvas**

**CI: 175092077-7**

**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. **“EVALUACIÓN ECOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CEBADAS”** realizado por las señoritas: **KATTY LUCÍA DUCHICELA MOREIRA e IVONNE NOEMÍ RIVERA MANOSALVAS**, 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.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-02-02
Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos MSc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-02-02
Dra. Magdy Mileni Echeverría Guadalupe PhD. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-02-02

## **DEDICATORIA**

Al concluir esta etapa maravillosa de mi vida, quiero dedicar el presente trabajo en primer lugar a Dios por regalarme la vida, ser mi guía y darme las fuerzas necesarias para seguir adelante tomando las mejores decisiones.

A mi hermosa familia Ángel, Lucía y Henry que me enseñaron desde pequeña la importancia de hacer las cosas con determinación, responsabilidad y pasión para lograr mis objetivos, por su desmesurado amor y paciencia para enseñarme todo lo necesario para ser una buena persona y por ser los que hicieron posible el cumplimiento de este sueño apoyándome en todo momento como fuente de inspiración. Muchas gracias por demostrarme el verdadero significado del amor incondicional.

A Pablo quien se ha convertido en mi mejor compañero de vida y en el ámbito profesional, por brindarme gran fortaleza y compañía en cada momento y decisión.

A toda mi familia y amigos por estar en cada pequeño y gran momento creyendo en mí.

A todos los docentes y técnicos quienes son parte directa del cumplimiento de este sueño por su enseñanza, paciencia y estimación que me permitieron constituir las bases de mi vida profesional.

**Katty**

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios que me guío en cada uno de mis pasos y me brindó la fuerza y seguridad necesaria para seguir el camino.

A mis padres Betty y Daniel que fueron los principales motores en este proceso, dándome siempre los mejores consejos e imparténdome buenos valores para poder cumplir con determinación cada una de las metas que me he propuesto.

A mi hermana Alejandra y mi hermano Marvin por siempre acompañarme y apoyarme en las decisiones difíciles que se han presentado, por ser uno de los grandes motivos para no rendirme.

A mi abuelita Amada por brindarme desde pequeña la seguridad y la fortaleza de carácter necesario para enfrentar cualquier adversidad de la vida.

A toda mi familia y amigos que jamás dejaron de creer y confiar en mí.

**Ivonne**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la ESPOCH por abrirnos sus puertas y brindarnos todos los conocimientos necesarios para el desarrollo de este trabajo investigativo y

Al Grupo de Investigación - Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) por permitirnos participar en sus proyectos, enseñarnos la importancia de la investigación y el cuidado del ambiente.

Al Ing. Andrés Beltrán, director de tesis y amigo quién nos dio la gran oportunidad de descubrir la pasión por la investigación, por todo el tiempo y conocimiento compartido;

Al Ing. Freddy Armijos por el constante apoyo y guía para la elaboración de nuestro trabajo investigativo.

A nuestro gran amigo Benja Román por toda la confianza y ayudada prestada a lo largo de nuestra investigación.

Al Ing. José Luis Herrera e Ing. Franklin Cargua técnicos del GIDAC, por sus conocimientos y consejos impartidos.

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 los compañeros y amigos que estuvieron participando de forma voluntaria en las salidas de campo y en los análisis de laboratorio.

**Katty & Ivonne**

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xvi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Marco conceptual.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.1. Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.2. Hidrogeomorfología .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.3. Biomonitorio .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.4. Estrato.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.5. Fisiografía .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.6. Ecosistema .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.7. Cuenca hidrográfica .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.8. Análisis morfométrico .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.9. Dinámica fluvial.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.10. Morfología fluvial .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.11. Espacio fluvial.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.12. Curso de agua.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.13. Bosque de ribera.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.14. Calidad ecológica .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.14.1. Calidad biológica .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.14.2. Calidad hidromorfológica .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.15. Calidad del suelo .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.16. Calidad del agua.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.17. Erosión edáfica.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2. Marco teórico .....</b>	<b>10</b>

1.2.1.	<b>Servicios ecosistémicos de un bosque de ribera</b> .....	10
1.2.1.1.	<i>Importancia de la vegetación ribereña</i> .....	11
1.2.1.2.	<i>Elementos del bosque de ribera</i> .....	12
1.2.1.3.	<i>Funciones y servicios ecosistémicos del bosque de ribera</i> .....	13
1.2.2.	<b>Propiedades físico-químicas del suelo</b> .....	14
1.2.2.1.	<i>Propiedades físicas</i> .....	14
1.2.2.2.	<i>Propiedades químicas del suelo</i> .....	16
1.2.2.3.	<i>Contaminantes en el suelo</i> .....	16
1.2.3.	<b>Suelo en zonas altoandinas</b> .....	16
1.2.3.1.	<i>Cambio de uso de suelo en zonas altoandinas</i> .....	17
1.2.4.	<b>Ecosistemas en zonas altoandinas del Ecuador</b> .....	18
1.2.4.1.	<i>Herbazal inundable montano alto y montano alto superior de páramo</i> .....	18
1.2.4.2.	<i>Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo</i> .....	19
1.2.4.3.	<i>Arbustal siempreverde montano alto superior y subnival de páramo</i> .....	20
1.2.4.4.	<i>Herbazal ultrahúmedo subnival de páramo</i> .....	20
1.2.5.	<b>Tipos y elementos de una cuenca hidrográfica</b> .....	21
1.2.5.1.	<i>Por el sistema de drenaje y conducción final</i> .....	21
1.2.5.2.	<i>Por el grado de concentración de la red de drenaje</i> .....	21
1.2.5.3.	<i>Elementos de una cuenca hidrográfica</i> .....	22
1.2.6.	<b>Sistema fluvial</b> .....	22
1.2.6.1.	<i>Llanura aluvial</i> .....	23
1.2.6.2.	<i>Río</i> .....	23
1.2.7.	<b>Ambientes dulceacuícolas</b> .....	24
1.2.7.1.	<i>Clasificación de ambientes dulceacuícolas</i> .....	25
1.2.8.	<b>Propiedades del agua</b> .....	25
1.2.8.1.	<i>Conductividad eléctrica</i> .....	26
1.2.8.2.	<i>pH</i> .....	26
1.2.8.3.	<i>Turbidez</i> .....	26
1.2.8.4.	<i>Temperatura</i> .....	27
1.2.8.5.	<i>Sólidos Totales Disueltos (STD)</i> .....	27
1.2.8.6.	<i>Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)</i> .....	28
1.2.8.7.	<i>Oxígeno disuelto (OD)</i> .....	28
1.2.8.8.	<i>Coliformes Totales</i> .....	29
1.2.8.9.	<i>Coliformes Fecales</i> .....	29
1.2.9.	<b>Contaminantes del agua</b> .....	29
1.2.9.1.	<i>Principales contaminantes del agua</i> .....	30



1.2.10.	<b>Bioindicadores</b> .....	31
1.2.10.1.	<i>Tipos de bioindicadores</i> .....	32
1.2.10.2.	<i>Criterios de selección de un buen bioindicador</i> .....	32
1.2.10.3.	<i>Bioindicadores acuáticos</i> .....	33
1.2.11.	<b>Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores</b> .....	33
1.2.11.1.	<i>Importancia de los macroinvertebrados acuáticos</i> .....	34
1.2.11.2.	<i>Clasificación de los macroinvertebrados acuáticos</i> .....	35
1.2.11.3.	<i>Adaptaciones de vida acuática</i> .....	37
1.2.12.	<b>Índice de la calidad del agua</b> .....	39
1.2.13.	<b>Índice ABI</b> .....	40
1.2.14.	<b>Índices de biodiversidad</b> .....	40
1.2.14.1.	<i>Índice de Shannon-Wiener</i> .....	41
1.2.14.2.	<i>Índice de Simpson</i> .....	41
1.2.14.3.	<i>Índices ecológicos</i> .....	41
1.2.14.4.	<i>Índice QBR</i> .....	42
1.2.14.5.	<i>Índice QBR-And</i> .....	42
1.2.14.6.	<i>Índice ECOSTRIAND</i> .....	44
1.2.14.7.	<i>Índice IHF</i> .....	44

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	46
2.1.	<b>Localización del área de estudio</b> .....	46
2.1.1.	<b>Componente abiótico</b> .....	48
2.1.1.1.	<i>Clima</i> ... ..	48
2.1.1.2.	<i>Suelo</i> ... ..	48
2.1.1.3.	<i>Agua</i> .....	49
2.1.2.	<b>Componente biótico</b> .....	50
2.1.3.	<b>Componente socio económico</b> .....	50
2.2.	<b>Determinación del cambio de uso de suelo</b> .....	50
2.3.	<b>Selección de los puntos de monitoreo</b> .....	51
2.3.1.	<i>Selección de la muestra</i> .....	52
2.3.2.	<i>Criterios de selección</i> .....	52
2.4.	<b>Determinación de la calidad del suelo del QBR</b> .....	52
2.5.	<b>Determinación de caudales</b> .....	53
2.5.1.	<i>Determinación de la sección</i> .....	54

2.5.2.	<i>Determinación de la velocidad por medio del molinete</i> .....	55
2.6.	<b>Determinación del índice QBR-And (calidad del bosque de ribera)</b> .....	55
2.7.	<b>Determinación del índice ABI</b> .....	56
2.7.1.	<i>Muestreo de macroinvertebrados</i> .....	56
2.7.2.	<i>Colecta de macroinvertebradas in situ</i> .....	57
2.7.3.	<i>Instrucciones en laboratorio.</i> .....	58
2.7.4.	<b>Materiales y equipos</b> .....	58
2.7.5.	<i>Evaluación del índice ABI</i> .....	59
2.8.	<b>Determinación del índice Shannon Wiener</b> .....	60
2.9.	<b>Determinación del índice de simpson</b> .....	60
2.10.	<b>Determinación del IHF</b> .....	60
2.11.	<b>Determinación del índice ECOSTRIAND</b> .....	61
2.12.	<b>Caracterización físico-química y microbiológica del agua</b> .....	61
2.14.1.	<i>Determinación del índice ICA</i> .....	63

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	70
3.1.	<b>Microcuenca del Río Cebadas</b> .....	70
3.1.1.	<i>Cambio de uso de suelos en la microcuenca del río cebadas</i> .....	70
3.1.1.1.	<i>Uso de suelos en la microcuenca del río Cebadas (1990)</i> .....	70
3.1.1.2.	<i>Uso de suelos en la microcuenca del río Cebadas (2008)</i> .....	71
3.1.1.3.	<i>Cuantificación de la tasa de cambio de uso de suelos en la microcuenca del río Cebadas (1990-2008)</i> .....	72
3.1.1.4.	<i>Cuantificación de la transición de uso de suelo entre 1990 y 2008 en la microcuenca del río Cebadas</i> .....	74
3.1.1.5.	<i>Uso de suelos en el bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas (1990)</i> ....	75
3.1.1.6.	<i>Uso de suelos en el bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas (2008)</i> ....	76
3.1.1.7.	<i>Cuantificación de la tasa de cambio de uso de suelos en el bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas (1990-2008)</i> .....	77
3.1.1.8.	<i>Cuantificación de la transición de uso de suelo entre 1990 y 2008 en el bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas</i> .....	78
3.1.1.9.	<i>Interpretación del cambio de uso en la microcuenca y bosque de ribera del río Cebadas</i> .....	79
3.2.	<b>Puntos de monitoreo</b> .....	80
3.3.	<b>Calidad del suelo del bosque de ribera.</b> .....	82

3.4.	Correlación de variables de suelo e Índices Ecológicos .....	84
3.5.	Índices ecológicos y biológicos .....	86
3.6.	Índices de diversidad .....	90
3.6.1.	Índice de SHANNON- WIENER y SIMPSON .....	92
3.7.	Caudales .....	92
3.8.	Resultados de la valoración del análisis fisicoquímico y microbiológico .....	94
3.8.1.	Temperatura .....	94
3.8.2.	Oxígeno disuelto (OD) .....	95
3.8.3.	pH.....	97
3.8.4.	Sólidos Disueltos Totales .....	98
3.8.5.	Nitratos .....	99
3.8.6.	Nitritos .....	100
3.8.7.	Nitrógeno Amoniacal .....	101
3.8.8.	Fosfatos .....	102
3.8.9.	Sulfatos .....	103
3.8.10.	Coliforme fecales .....	104
3.8.11.	Coliformes totales .....	106
3.8.12.	Turbidez .....	107
3.8.13.	Demanda Bioquímica de oxígeno .....	108
3.9.	Índice de calidad del agua .....	109
3.10.	Correlación de variables de Agua e Índices Ecológicos .....	111
CONCLUSIONES.....		113
RECOMENDACIONES.....		114
BIBLIOGRAFÍAS		
ANEXOS		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Clasificación de ambientes dulceacuícolas.....	25
<b>Tabla 2-1:</b>	Criterios de calidad del agua según el ICA .....	40
<b>Tabla 3-1:</b>	Rangos de calidad según el índice biótico andino (ABI) .....	40
<b>Tabla 4-1:</b>	Rangos de calidad según el índice QBR.....	42
<b>Tabla 5-1:</b>	Índice QBR-And.....	43
<b>Tabla 6-1:</b>	Rangos de calidad según el índice QBR-And .....	43
<b>Tabla 7-1:</b>	Rangos de calidad según el índice ECOSTRIAND.....	44
<b>Tabla 8-1:</b>	Rangos de calidad según el índice de hábitat fluvial (IHF) .....	45
<b>Tabla 9-1:</b>	Índice de hábitat fluvia .....	45
<b>Tabla 1-2:</b>	Oferta hídrica de los ríos de la Subcuenca del río Cebadas.....	49
<b>Tabla 2-2:</b>	Métodos de análisis de características físicas y químicas del suelo del boque de ribera .....	53
<b>Tabla 3-2:</b>	Rangos de calidad según el índice QBR-And .....	56
<b>Tabla 4-2:</b>	Materiales y equipos.....	58
<b>Tabla 5-2:</b>	Puntajes establecidos de familias de macroinvertebrados acuáticos por índice ABI .....	59
<b>Tabla 6-2:</b>	Rangos de calidad según el índice biótico andino (ABI) .....	59
<b>Tabla 7-2:</b>	Rangos de calidad según el índice de hábitat fluvial (IHF).....	61
<b>Tabla 8-2:</b>	Rangos de calidad según el índice ECOSTRIAND.....	61
<b>Tabla 9-2:</b>	Métodos de análisis de características físico-químicas y microbiológicas del agua .....	62
<b>Tabla 10-2:</b>	Criterios de calidad del agua según el ICA .....	63
<b>Tabla 11-2:</b>	Pesos relativos para cada parámetro del “ICA” .....	64
<b>Tabla 1-3:</b>	Tasa de cambio de usos de suelo de la microcuenca del río cebadas entre 1990 y 2008 .....	73
<b>Tabla 2-3:</b>	Matriz de transición de la microcuenca del río cebadas entre 1990 y 2008 .....	75
<b>Tabla 3-3:</b>	Cambios de uso de suelo del bosque de ribera de la microcuenca río cebadas entre 1990 y 2008 .....	77
<b>Tabla 4-3:</b>	Matriz de transición del bosque de ribera la microcuenca del río cebadas entre 1990 y 2008 .....	79
<b>Tabla 5-3:</b>	División de los puntos de monitoreo por zonas.....	81
<b>Tabla 6-3:</b>	Calidad de suelo del QBR bosque ribereño (1) .....	82
<b>Tabla 7-3:</b>	Calidad de suelo del bosque ribereño (2) .....	82

<b>Tabla 8-3:</b> Índice ecológicos y biológicos .....	86
<b>Tabla 9-3:</b> Aportación hídrica a la microcuenca del río Cebadas .....	93
<b>Tabla 10-3:</b> Diferencial de temperatura en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas .....	94
<b>Tabla 11-3:</b> Resultados del O.D en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas	96
<b>Tabla 12-3:</b> Resultados del pH en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas.	97
<b>Tabla 13-3:</b> Resultados de los sólidos totales disueltos en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas .....	98
<b>Tabla 14-3:</b> Resultados del ion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas .....	99
<b>Tabla 15-3:</b> Resultados del ion nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas .....	100
<b>Tabla 16-3:</b> Resultados del nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3^-$ ) en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas .....	101
<b>Tabla 17-3:</b> Resultados del ion fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas .....	103
<b>Tabla 18-3:</b> Resultados del ion sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas .....	104
<b>Tabla 19-3:</b> Resultados de Coliformes fecales en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas .....	105
<b>Tabla 20-3:</b> Resultados de Coliformes totales en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas .....	106
<b>Tabla 21-3:</b> Resultados de turbidez en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas .....	107
<b>Tabla 22-3:</b> Resultados de DBO5 en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas .....	108
<b>Tabla 23-3:</b> Resultados de la calidad del agua de acuerdo al índice ICA en el período de estiaje .....	109
<b>Tabla 24-3:</b> Resultado de ICA .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Bosque de ribera .....	11
<b>Figura 2-1:</b>	Diagrama de las funciones y servicios del ecosistema ripario. Río Sesesmiles...	14
<b>Figura 3-1:</b>	Suelo en zonas altoandinas.....	17
<b>Figura 4-1:</b>	Sembríos en zonas altoandinas .....	18
<b>Figura 5-1:</b>	Herbazal inundable montano alto y montano alto superior de páramo .....	19
<b>Figura 6-1:</b>	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo .....	19
<b>Figura 7-1:</b>	Arbustal siempre verde montano alto superior y subnival de páramo .....	20
<b>Figura 8-1:</b>	Herbazal ultrahúmedo subnival de páramo.....	21
<b>Figura 9-1:</b>	Llanura aluvial .....	23
<b>Figura 10-1:</b>	Ejemplo esquemático de un río aluvial-corredor de llanura aluvial .....	24
<b>Figura 11-1:</b>	Ambiente dulceacuícola altoandino- Yasepán.....	25
<b>Figura 12-1:</b>	Macroinvertebrado acuático.....	34
<b>Figura 13-1:</b>	Clasificación de los macroinvertebrados acuáticos.....	35
<b>Figura 1-2:</b>	Ubicación de los puntos de monitoreo.....	47
<b>Figura 2-2:</b>	Determinación del cambio de uso de suelo.....	51
<b>Figura 3-2:</b>	Secciones parciales de un cauce.....	54
<b>Figura 4-2:</b>	Instrucciones en laboratorio .....	58

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b>	Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales .....	64
<b>Gráfico 2-2:</b>	Valoración de la calidad de agua en función del pH .....	65
<b>Gráfico 3-2:</b>	Valoración de la calidad de agua en función de la DBO5 .....	65
<b>Gráfico 4-2:</b>	Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno .....	66
<b>Gráfico 5-2:</b>	Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo .....	66
<b>Gráfico 6-2:</b>	Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura .....	67
<b>Gráfico 7-2:</b>	Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez .....	67
<b>Gráfico 8-2:</b>	Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total .....	68
<b>Gráfico 9-2:</b>	Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno .....	68
<b>Gráfico 1-3:</b>	Microcuenca % uso de suelo (1990) .....	71
<b>Gráfico 2-3:</b>	Microcuenca % uso de suelo (2008) .....	72
<b>Gráfico 3-3:</b>	Tasa de cambio de uso de suelo de la microcuenca del río Cebadas .....	73
<b>Gráfico 4-3:</b>	Bosque ribera de la microcuenca % uso de suelo (1990) .....	76
<b>Gráfico 5-3:</b>	Bosque ribera de la microcuenca % uso de suelo (2008) .....	77
<b>Gráfico 6-3:</b>	Tasa de cambio de uso de suelo en el bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas .....	78
<b>Gráfico 7-3:</b>	Bigráfica de Análisis de Componentes Principales de Suelo e índices ecológicos .....	84
<b>Gráfico 8-3:</b>	Índices ecológicos .....	87
<b>Gráfico 9-3:</b>	Dendograma de distribución de familias y ordenes - Método del Vecino Más Lejano, Euclídeana Cuadrada .....	90
<b>Gráfico 10-3:</b>	Figura de caudal en cada uno de los puntos de monitoreo .....	92
<b>Gráfico 11-3:</b>	Aportación hídrica a la microcuenca del río Cebadas .....	93
<b>Gráfico 12-3:</b>	Variación de la temperatura en las zonas de estudio .....	95
<b>Gráfico 13-3:</b>	Variación del OD en las zonas de estudio .....	96
<b>Gráfico 14-3:</b>	Variación del pH en las zonas de estudio .....	97
<b>Gráfico 15-3:</b>	Variación de los STD en las zonas de estudio .....	98
<b>Gráfico 16-3:</b>	Variación del ion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en las zonas de estudio .....	99
<b>Gráfico 17-3:</b>	Variación del ion nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) en las zonas de estudio .....	100
<b>Gráfico 18-3:</b>	Variación del nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3^-$ ) en las zonas de estudio .....	102
<b>Gráfico 19-3:</b>	Variación del ion fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en las zonas de estudio .....	103
<b>Gráfico 20-3:</b>	Variación del ion sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en las zonas de estudio .....	104
<b>Gráfico 21-3:</b>	Variación de Coliformes fecales en las zonas de estudio .....	105

<b>Gráfico 22-3:</b> Variación de Coliformes totales en las zonas de estudio.....	106
<b>Gráfico 23-3:</b> Variación de la turbidez en las zonas de estudio.....	107
<b>Gráfico 24-3:</b> Variación de DBO5 en las zonas de estudio .....	108
<b>Gráfico 25-3:</b> ICA.....	109
<b>Gráfico 26-3:</b> Bigráfica de Análisis de Componentes Principales de Agua e índices ecológicos. .....	111



## **INDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** HOJA DE CAMPO PARA EVALUAR EL PUNTO DE REFERENCIA EN RÍOS ANDINOS
- ANEXO B:** HOJA DE CAMPO PARA EVALUAR EL ÍNDICE QBR-AND
- ANEXO C:** CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CEBADAS
- ANEXO D:** HOJA DE REGISTRO DE LABORATORIO PARA EL ÍNDICE ABI
- ANEXO E:** REGISTROS FOTOGRÁFICOS MEDICIÓN DE CAUDALES
- ANEXO F:** TOMA DE MUESTRAS DE SUELO
- ANEXO G:** TOMA DE MUESTRAS DE AGUA
- ANEXO H:** RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS
- ANEXO I:** ANÁLISIS DE ÁGUA Y SUELO EN LABORATORIO
- ANEXO J:** FICHA DE CAMPO PARA EVALUAR EL ÍNDICE IHF
- ANEXO K:** MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CEBADAS
- ANEXO L:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 1
- ANEXO M:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 2
- ANEXO N:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 3
- ANEXO O:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 4
- ANEXO P:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 5
- ANEXO Q:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 6
- ANEXO R:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 7
- ANEXO S:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 8
- ANEXO T:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 9
- ANEXO U:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 10
- ANEXO V:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 11
- ANEXO W:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 12
- ANEXO X:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 13
- ANEXO Y:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 14
- ANEXO Z:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 15
- ANEXO AA:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 16
- ANEXO BB:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 17
- ANEXO CC:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 18
- ANEXO DD:** FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 19

**ANEXO EE: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 20**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>°C</b>	Grados Centígrados
<b>DBO5</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>%OD</b>	Porcentaje de oxígeno disuelto
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>STD</b>	Sólidos Disueltos Totales
<b>UNT</b>	Unidad nefelométrica de turbidez
<b>UFC/100ml</b>	Unidades Formadoras de Colonias por cada 100 mililitros
<b>cm</b>	Centímetros
<b>m.s.n.m.</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>mg/L</b>	Miligramos por litro
<b>mL</b>	Mililitros
<b>Q</b>	Caudal
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>ICA</b>	Índice de Calidad del Agua
<b>ABI</b>	Índice Biótico Andino
<b>QBR</b>	Índice de Calidad del Bosque de Ribera
<b>IHF</b>	Índice de Hábitat Fluvial
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>C.R.C</b>	Condiciones de Referencia de la Cuenca
<b>C.E</b>	Conductividad Eléctrica
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Ion Nitrito
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Ion Nitrato
<b>NH<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitrogeno Amoniacal
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	Ion Fosfato
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	Ion Sulfato
<b>D.R</b>	Densidad Real
<b>D.A</b>	Densidad Aparente
<b>C.O</b>	Carbono Orgánico
<b>M.O</b>	Materia Orgánica

## RESUMEN

El objetivo de la investigación es evaluar la calidad ecológica del bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas mediante la aplicación de índices ecológicos y de calidad como: Índice de Calidad del Bosque de Ribera Andino (QBR-And), Índice Biótico Andino (ABI), Índice de Hábitat Fluvial (IHF), Índice de calidad del agua (ICA), Índices de biodiversidad. Se determinaron veinte puntos de monitoreo clasificados en cuatro zonas: Atillo, Ozogoche, Yasepan y Cebadas, los cuales se muestrearon en el período septiembre-noviembre 2021 correspondiente a la época de sequía. Se aplicaron técnicas de sistemas de información geográfica, protocolos de recolección e identificación de macroinvertebrados, métodos estandarizados para el análisis de aguas, suelos, además de guías de campo para la determinación de los índices ecológicos. Finalizada la investigación se determina que el uso del suelo en el bosque de ribera de la microcuenca cambio en un 23.06% entre el período 1990-2008, predominando el ecosistema de páramo con 58.69% de extensión, según el análisis multitemporal, junto con las clasificaciones supervisadas se ratificó una misma tendencia. Los índices ecológicos y de calidad de: la zona Cebadas presentó una mayor degradación obteniendo rangos de calidad mala y regular, la zona Atillo y Ozogoche una calidad regular y la zona Yasepán con una buena calidad ecológica contrastada con la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de toda la microcuenca con un nivel de conservación bueno. El nivel de conservación del sistema hídrico de la microcuenca del río Cebadas disminuye desde la zona de recarga y formación hacia río abajo con prevalencia en zonas pobladas con alta incidencia agropecuaria, predominando familias de macroinvertebrados como *Baetidae*, *Blepharoceridae* e *Hyalellidae* para zonas de buena calidad y *Chironomidae* para zonas de mala calidad. Por lo cual es importante establecer medidas de conservación para estos ecosistemas riparios de páramo por la importancia que tienen en la mitigación del cambio climático.

**Palabras clave:** <ÍNDICE DE CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA (QBR-AND)>, <ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF)>, <ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI)>, <ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)>, <CALIDAD ECOLÓGICA>, <PARAMO>.

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente  
por LEONARDO FABIO  
MEDINA NUSTE  
Fecha: 2022.02.04  
09:43:25 -05'00'



0203-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The aim of the research is to evaluate the ecological quality of the riparian forest in the micro-basin of the Cebadas river through the application of ecological and quality indices such as: Andean Riparian Forest Index (QBR-And), Andean Biotic Index (ABI), River Habitat Index (RHI), Water quality index (WQI), Biodiversity Index. Twenty monitoring points were determined and classified into four zones which are: Atillo, Ozogoché, Yasepan and Cebadas, these were sampled from September to November 2021 during the drought season. It was necessary to apply geographic information systems techniques, collection protocols and identification of macroinvertebrates, standardized methods for water and soil analysis and finally the field guides to determine the ecological indices. Once the research finished, it was possible to determine that the land use in the riparian forest of the micro-basin changed in 23.06% from 1990 to 2008, where the most predominant ecosystem was the paramo with an extension of 58.69% according to the multitemporal analysis and the supervised classifications which ratified the same tendency. The ecological and quality indices reflected the following evidences: The Cebadas area presented a greater degradation obtaining poor and regular quality ranges, the Atillo and Ozogoché areas, regular and the Yasepan area presented a good ecological quality in contrast with the physicochemical and microbiological water quality which presented a good conservation level in the whole micro-basin. The level of conservation of Cebadas river micro-basin water system decreases from the recharge and formation area downstream with prevalence in populated areas with high agricultural incidence, prevailing families of macroinvertebrates such as *Baetidae*, *Blepharoceridae* and *Hyaellidae* for good quality areas and *Chironomidae* for poor quality areas. Therefore, it is important to establish conservation measures for these riparian paramo ecosystems due to the importance they have for mitigating climate change.

**Keywords:** <ANDEAN RIPARIAN FOREST INDEX (QBR-AND)>, <RIVER HABITAT INDEX (RHI)>, <ANDEAN BIOTIC INDEX (ABI)>, <WATER QUALITY INDEX (WQI)>, <ECOLOGICAL QUALITY>, <PARAMO>.



Firmado electrónicamente por:  
**PAUL ROLANDO  
ARMAS PESANTEZ**

## INTRODUCCIÓN

Los bosques de ribera son considerados ecotonos, jugando un papel crucial para el buen estado ecológico de los ecosistemas acuáticos y terrestres porque permiten restaurar la calidad de las aguas superficiales; particularmente poseen muchas propiedades en donde se destaca su poder tampón que posee la capacidad de absorber y almacenar elementos. Los cuerpos de agua que disponen de zonas riparias se benefician de un control de temperatura y luminosidad, estabilidad en sus orillas, gran presencia de detritos vegetales (madera muerta y hojas muertas) y albergan una alta biodiversidad florística y faunística, además de actuar como corredores para el movimiento unas la baja heterogeneidad de diferentes especies en zonas fragmentadas (Sánchez et al., 2018, p.37).

A pesar de la importancia que tienen este tipo de ecosistemas en Latinoamérica sus territorios se han ido reduciendo considerablemente, frente a factores antropogénicos como: la producción agrícola, lo que representa la presencia de plaguicidas y otros productos de difícil descomposición en los cuerpos de agua cercanos (Arcos, 2005, p.21). Sumando a todas las problemáticas que representa la pérdida de estos sistemas de transición, existen pocos estudios que permitan evaluar los efectos que provoca su fragmentación y degradación a gran escala.

Las zonas de páramo en el Ecuador contienen el 85% de las reservas del agua para el abastecimiento de la población, sin embargo este tipo de ecosistemas han presentado una pérdida considerable de la vegetación nativa o a su vez del forraje natural, por la alta tasa del cambio de uso de suelo originada por actividades antropogénicas como: presencia de plantaciones de pino y pastizal, avance de la frontera agrícola, quema de páramos y expansión de las zonas urbanas; en conjunto todos estos factores desencadenan de forma progresiva la reducción de las funciones ecológicas del páramo y la disponibilidad de agua hacia la microcuenca (Zarate, 2008).

La microcuenca del río Cebadas cumple funciones esenciales para el mantenimiento ecológico de la zona, esta red tiene sus orígenes en las vertientes de los ríos Atillo y Ozogoche, el mismo que se alimenta aguas abajo por el río Yasepán. En su trayecto, el caudal se incrementa por otros afluentes que finalmente forman la cuenca del río Chambo, el cual forma parte directa del río Pastaza, una de las corrientes de agua pertenecientes a la cuenca del río Amazonas, la cual es considerada la selva tropical más grande del mundo con una importancia especial en la lucha contra el cambio climático (Souza et al., 2013, p.61).

Evaluar la calidad ecológica de la microcuenca del río Cebadas estima los escenarios actuales y propone medidas de conservación, en cuanto a la calidad: del suelo, agua y sus ecosistemas en conjunto, lo que confiere el grado de importancia a las zonas ribereñas en todas las escalas. En el contexto social y científico la conservación de este espacio natural es de suma importancia,

porque en su mayoría alberga ecosistemas de páramo, siendo un repositorio natural que apoya el control del dióxido de carbono (Ruiz, 2009).

#### ❖ **Planteamiento del problema**

Los bosques de ribera son considerados ecotonos jugando un papel crucial para el buen estado ecológico de los ecosistemas acuáticos y terrestres de la microcuenca del río Cebadas, proporcionan protección de aguas y suelos, además de poseer un poder tampón que tiene la capacidad de absorber y almacenar elementos. En esta zona se integran importantes fuentes hídricas que comprenden una red hidrológica dentro de la provincia de Chimborazo, la cual garantiza la dotación de servicios ecosistémicos que abastecen y satisfacen las necesidades de sus pobladores permitiendo un desarrollo idóneo de sus medios de vida. **El aumento exponencial de la población y sus actividades han aportado al cambio de uso de suelos, representando un sin número de problemáticas para este tipo de ecosistemas riparios que conllevan al mal manejo de recursos naturales y su consecuencia es la alteración físico-química de los componente bióticos y abióticos** de la zona, tales como: erosión edáfica, contaminación de cuerpos agua, pérdida de zonas de amortiguamiento, desaparición de especies autóctonas, alteración de procesos morfodinámicos, variación de caudal, pérdida de la cobertura vegetal, baja productividad por falta de nutrientes esenciales, generación de lixiviados por el desmesurado uso de fertilizantes, altos niveles acidez en el suelo, elevadas concentraciones de coliformes, excesiva acumulación de nitritos y nitratos, alta presencia de ion fosforo e ion potasio en el agua; cabe recalcar que sumado a la desinformación de las comunidades cercanas a la microcuenca del río Cebadas sobre la gestión y planificación del uso de agua y tierra, se pueden apreciar altos índices de pobreza lo que genera una necesidad de desplazamiento hacía zonas poco intervenidas para explotación agropecuaria o a la ciudad, cambiando así su estilo de vida.

#### ❖ **Justificación**

Los cuerpos de agua cumplen funciones esenciales para la preservación de ecosistemas y relaciones territoriales, teniendo una estrecha y recíproca relación de dependencia con la vegetación ribereña (Romero et al., 2014, p.42). En Ecuador existe una constante pérdida de los páramos debido a las distintas actividades antropogénicas que son llevadas a cabo por las comunidades cercanas a la zona de interés. El avance de la frontera agrícola, el cambio de uso de suelo, la deforestación y la contaminación de cuerpos hídricos son algunas de las problemáticas que afectan directamente a la conservación del bosque ripario, alterando así su composición y la diversidad de los distintos grupos bióticos asociados a estos ecosistemas (Suatunce, 2009, p.38).

El GAD cantonal de Guamote y Alausí junto a las parroquias rurales de Cebadas y Achupallas requieren información sobre la importancia de los bosques de ribera en los afluentes: Ozogoche, Atillo y Guamote de la microcuenca del río Cebadas, ya que existen pocos estudios que evidencian los efectos provocados por su fragmentación y degradación., por lo que es necesario denotar los cambios de uso de suelo y áreas de mayor vulnerabilidad ambiental con el fin de promover la generación de políticas públicas que garanticen el cuidado y recuperación de ecosistemas riparios, en base a mecanismos que ofrezcan un desarrollo económico sostenible para el lugar y una gestión racional de recursos. El presente trabajo cuenta con el auspicio del Grupo de Investigación - Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC), desarrollado dentro del proyecto denominado “Los sistemas lacustres del centro del Ecuador como fuente o sumideros de dióxido de carbono como determinantes para su conservación”.



## **OBJETIVOS**

### **❖ Objetivo general**

- Evaluar la calidad ecológica del bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas.

### **❖ Objetivos Específicos**

- Evaluar el cambio de uso de suelo del bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas.
- Valorar la calidad del suelo del bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas.
- Valorar las características bióticas y abióticas de los afluentes de la microcuenca del río Cebadas.
- Establecer el estado actual de la calidad ecológica del bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

### 1.1. Marco conceptual

#### *1.1.1. Antecedentes de la investigación*

Ecuador debido sus condiciones geográficas, climáticas, topográficas y ubicación en el cinturón de fuego ha dado paso al desarrollo de diversos sistemas ecológicos registrando un total de 14 ecosistemas distintos (Aguirre, 2018, p.19). La presencia de cordilleras en zonas tropicales es uno de los puntos clave para la incrementación de ambientes donde se desarrolla vida, además, de contar con la presencia de diversos gradientes altitudinales que dan lugar a varios pisos climáticos, generando así nuevos hábitats para procesos de adaptación y evolución de especies (Aguirre, 2018, p.20).

Los ecosistemas ecuatorianos tienen la singularidad de tener un sin número de especies florísticas y faunísticas que cohabitan, pero se encuentran expuestas a distintos riesgos y peligros provocados por las actividades antropogénicas desarrolladas en estos medios (MAE, 2012, p3).

Los bosques riparios o de galería se constituyen de formaciones forestales particulares que contienen una alta diversidad de plantas y animales propios de estos ecosistemas, desempeñando un papel importante en la función ecológica ya que enlazan entre si sistemas acuáticos y terrestres (Suatunce, 2009, p.53), estas zonas ribereñas de microcuencas hidrográficas tienen un protagonismo fundamental para evaluar su calidad ambiental, dado a que brindan herramientas de análisis para organismos estatales de control quienes están a cargo de la toma de decisiones, sin embargo, estos ecosistemas han sufrido un deterioro directo por el impacto que generan las actividades humanas (Morocho et al., 2018, p.112).

En la actualidad los bosques de galería son unidades ambientales de gran interés debido a que presentan características especiales por sus interacciones con dos medios distintos, en las últimas décadas se han realizado investigaciones para comprender la dinámica y el manejo sostenible de estos bosques, debido a que se encuentran entre los sistemas ecológicos con mayor grado de complejidad (Suatunce, 2009, p.54).

A pesar de ello en Ecuador no se han realizados estudios para la caracterización de vegetación riparia de ríos en zonas altoandinas. Sin embargo, si se han realizado investigaciones de este tipo en otros países de Latinoamérica con similares condiciones climáticas y geográficas como Acosta (2009, p.71) quienes estudiaron la calidad de bosque de ribera y propusieron un protocolo de evaluación para zonas altoandinas de Perú y de Ecuador tomando de referencia en este último la zona de Guayllabamba con rangos de clasificación para los diferentes tipos de calidad de QBR;

por otro lado, en México, la investigación realizada por (Rodríguez-Téllez et al., 2016, p.42) demostró que debido a las fuertes intervenciones antropogénicas, dentro de los rangos propuestos por ellos se puede pasar de tener excelentes condiciones de conservación del bosque hasta calidades de tipo pésimo, presentando un bosque con degradación extrema.

### ***1.1.2.Hidrogeomorfología***

Es una ciencia interdisciplinaria que incluye los vínculos entre varios procesos hidrológicos y geomorfológicos. En donde se destacan procesos de escorrentía influidos por la litología y geomorfología como son superficie y masa procesos de erosión, vínculos con arroyos, modelado de factores hidrológicos, propiedades hidrológicas asociadas del suelo e interacción de la precipitación atmosférica con la tierra y el ambiente (Sidle y Onda, 2004, p.23).

### ***1.1.3.Biomonitoreo***

Es la parte fundamental de la evaluación biológica o ecológica ya que permite establecer el impacto de la contaminación sobre los seres vivos contextualizados en el ambiente, a diferencia de los métodos tradicionales que solo evalúan su parte abiótica (González, 2014, p.66). En el biomonitoreo es esencial el uso de indicadores estándares que puedan ser comparados dentro y entre ecosistemas a lo largo del tiempo. La información de un monitoreo biológico puede conseguirse de diversas fuentes, en muchas escalas biológicas de células, tejidos y órganos, hasta organismos completos o de grandes extensiones de paisajes terrestres y marinos (Vallarino et al., 2014, p.74).

### ***1.1.4.Estrato***

Nivel en que se distribuye la vegetación de un mismo tipo en un hábitat: se distinguen los estratos herbáceos (que corresponde a las hiervas), arbustivo (correspondiente a los arbustos) y arbórea (en el que se incluye los árboles) (Mostacero et al, 2007, p.22).

### ***1.1.5.Fisiografía***

Los atributos característicos de la apariencia de la superficie de la tierra, especialmente relacionados con la topografía y el tipo de suelos (Sarmiento, 2000, p.12).

### ***1.1.6.Ecosistema***

Conjunto formado por los seres vivos (biocenosis o comunidad), el ámbito territorial en el que viven (biotopo) y las relaciones que se establecen entre ellos, tanto bióticas (influencias que los organismos reciben de otros de su misma especie o de especies diferentes) como abióticas (factores fisicoquímicos, como la luminosidad, la temperatura, la humedad, etc.). Un complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos con su ambiente no vivo, interactuando como una unidad funcional (Ñique, 2008, p.41).

### ***1.1.7.Cuenca hidrográfica***

Es definida como una unidad básica para el análisis ambiental, ya que permite conocer y evaluar sus distintos componentes y los procesos e interacciones que en ella ocurren. También se la considera como un sistema natural bien delimitado especialmente, compuesto por un conjunto de tierras topográficamente drenadas por un curso de agua y sus afluentes, donde las interacciones por los menos, físicas, están integradas y, por lo tanto, son más fáciles de interpretar (Moreira Braz et al., 2020, p.28). Desde la perspectiva de la planificación y gestión existe una gran importancia en su estudio debido a que es una unidad geográfica natural con condiciones muy específicas y propias, como son: independencia relativa, límites naturales bien definidos y una dinámica funcional determinada por el intercambio de energía y materia (OEA, 1978, p.96).

### ***1.1.8.Análisis morfométrico***

Los parámetros morfométricos de una cuenca integran un conjunto de estimaciones realizadas, en la mayoría de los casos, al iniciar un estudio hidrológico con fines de aprovechamiento o control. (Cardona, 2017, p.11). La morfometría particular de cada cuenca hidrográfica es proporcional con la posibilidad de cosecha hídrica, ante eventos climáticos, y con la generación de una respuesta a los mismos, como ser la escorrentía superficial, expresada en términos de caudales, la incidencia en el transporte de sedimentos y nutrientes a lo largo de los ecosistemas que la integran (Gaspari et al., 2013, p.25).

Según (Gaspari et al., 2013, p.28), el análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo (Cardona, 2017, p.19).

### ***1.1.9. Dinámica fluvial***

La dinámica fluvial corresponde a los complejos procesos activos y de metamorfosis de los sistemas fluviales, como son las migraciones y cambios de trazado de cauces, los procesos de erosión de orillas o de deposición de sedimentos, entre otros, tanto en su componente espacial (longitudinalmente a lo largo del eje fluvial, así como transversal y vertical) como en su evolución temporal (Hernández, 2018, p.29).

### ***1.1.10. Morfología fluvial***

Subdisciplina de la Dinámica fluvial que estudia y analiza las formas fluviales resultantes de los procesos fluviales (principalmente erosión, transporte y sedimentación (Ollero, 2007, p.33).

### ***1.1.11. Espacio fluvial***

Es el territorio que le pertenece al río para su correcto funcionamiento, debe ser preservado tanto para mantener su régimen de corrientes como para “acomodar” sus avenidas periódicas y extraordinarias, con el fin último de mantener su buen estado ecológico (Hernández, 2018, p.32).

### ***1.1.12. Curso de agua***

Unidad espacial interconectada e interdependiente (el cauce del río, la llanura de inundación, el acuífero aluvial y los anexos hidráulicos o humedales) cuyo origen, estructura y evolución están íntimamente ligadas a la dinámica del río pasada y actual (Hernández, 2018, p.35).

### ***1.1.13. Bosque de ribera***

Los bosques de ribera son considerados sistemas abiertos con propiedades físicas y biológicas propias. Debido a la cercanía e interacción que tienen con los cuerpos de agua, la vegetación ribereña posee una forma particular lineal lo cual crea los tan conocidos ecosistemas de transición entre los sistemas terrestres y acuáticos. Se cree que el bosque ripario condiciona el estado biológico del agua en base a su composición y estado ecológico (Camacho-Rico et al., 2017, p.37; Gamarra et al., 2018, p.34), además, existe la teoría de que este tipo de ecosistema jugo un papel importante en el pasado, su gran heterogeneidad permitió que su vegetación funcionará como un refugio para un sin número de especies, al modificarse su distribución como resultado de los cambios climáticos en el mundo (Naiman et al., 2000, p.44; Ward et al., 2002, p.29).

#### ***1.1.14. Calidad ecológica***

La calidad ecológica se define como la expresión general de la estructura y la función de un ecosistema. Se expresa mediante cierto número de elementos o variables de calidad ecológica, que se corresponden con los distintos componentes del ecosistema, para los que se pueden establecer objetivos de uso y conservación (FAO, 2009, p.4). Para realizar un estudio completo de la calidad ecológica es importante evaluar aspectos fisicoquímicos del agua, biológicos y físicos del hábitat. A la par se evalúa la calidad ecológica del río donde se combinan los resultados de la evaluación de la calidad hidromorfológica con los de calidad biológica (Galeano Rendón et al., 2017, p.46; Encalada et al., 2011, p.62).

##### ***1.1.14.1. Calidad biológica***

Se considera que un ecosistema presenta una buena calidad biológica cuando presenta características naturales que le permiten el desarrollo de las comunidades de organismos que le son propias. Esta calidad está estrechamente relacionada con el uso final del agua, entre mayor biodiversidad presente un cuerpo de agua será mejor su calidad biológica (Ramsar, 2010, p.18).

##### ***1.1.14.2. Calidad hidromorfológica***

Es la base de cualquier sistema fluvial, ya que es un elemento que estructura las comunidades y procesos biológicos que se dan en el sistema (Encalada et al., 2011, p.66). La caracterización de la calidad hidro morfológica incluye la evaluación de la estructura física, así como el régimen de caudales asociados a los ecosistemas fluviales (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2013, p.22).

#### ***1.1.15. Calidad del suelo***

Se centra en sus propiedades analíticas o cuantitativas, definiéndose una relación cuantitativa independiente entre la calidad del suelo y sus funciones. La caracterización de la salud del suelo por los agricultores se centra en sus propiedades descriptivas o cualitativas, incorporando las opciones relativas a una determinada propiedad un juicio de valor directo (suelo saludable o no saludable); además, entretejidas en las propiedades del suelo en sí, hay propiedades descriptivas basadas en apreciaciones subjetivas acerca de los sistemas de plantas, agua, aire, animales y personas considerados por los agricultores parte integral de la caracterización de la salud del suelo (FAO, 2009, p.7).

### ***1.1.16. Calidad del agua***

Podemos definir a la calidad del agua cómo la composición y el estado de la biota acuática presente en un cuerpo de agua la cual puede presentar variaciones espaciales y temporales debido a factores externos e internos dentro del flujo hídrico. A su vez puede ser conocida también como una lista de: concentraciones, especificaciones y aspectos físicos de sustancias inorgánicas u orgánicas presentes (Sierra Ramírez, 2011, p.48).

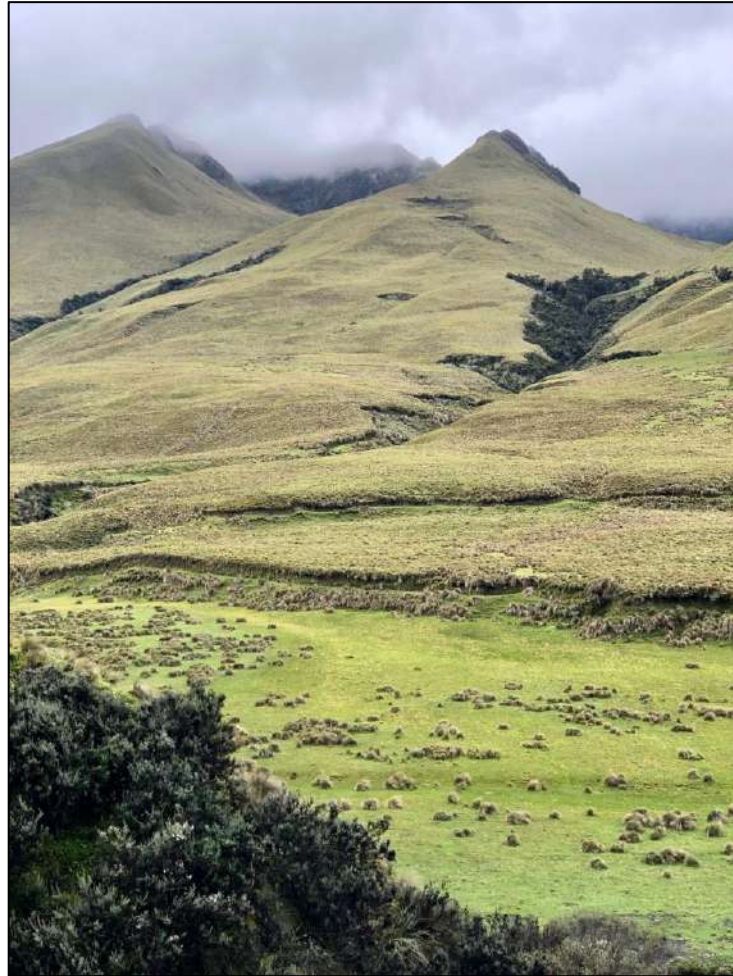
### ***1.1.17. Erosión edáfica***

La erosión edáfica es un fenómeno remoción de la capa superficial fértil del suelo. El agua y el viento son considerados los principales elementos erosivos, pero las actividades humanas, desde las recreativas hasta las extractivas, como actividades agrícolas insostenibles contribuyen también a este proceso de degradación del suelo (FAO, 2019, p.8).

## **1.2. Marco teórico**

### ***1.2.1. Servicios ecosistémicos de un bosque de ribera***

El bosque de ribera tiene como principal característica su “poder tampón” ya que es capaz de absorber y almacenar elementos (López et al., 2015, p.21), una función de filtro que evita la erosión de las riberas, amortigua el ingreso de contaminantes y regula la temperatura y entrada de luz, incidiendo de esta forma en la estructura y la dinámica de los diferentes niveles tróficos, lo que conlleva a un efecto directo sobre la ecología fluvial ya que es un componente integral de los ríos y con características diferentes a los bosques circundantes (Elosegi & Sabater, 2009, p.105); además de ser heterogéneos y complejos, tienen correlación entre los ecosistemas dulceacuícolas y terrestres adyacentes, por lo que las perturbaciones efectuadas en otras partes de la cuenca-vertiente pueden provocar alteraciones importantes en el equilibrio natural de los ecosistemas riparios (Rodríguez et al., 2012, p.41).



**Figura 1-1:** Bosque de ribera

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

#### *1.2.1.1. Importancia de la vegetación ribereña*

La vegetación que constituye este tipo de ecosistemas, cumple un rol fundamental en diversos campos que van desde: estabilización de los márgenes y orillas aumentando así la resistencia del suelo a la erosión, retención de escorrentías procedentes de la cuenca, estructuración de microhábitats para la conservación de la fauna, protección frente a las crecidas del río, control del flujo de agua, facilita la infiltración de agua en el suelo, mejora del paisaje y su valor recreativo, etc (Camacho-Rico et al., 2017, p.42; Sánchez et al., 2018, p.45).

La vegetación ribereña en estas zonas cubre los márgenes y a orillas del río, donde las características propias de este suelo se basan principalmente en el nivel freático que es influido por la dinámica fluvial (Elosegi & Sabater, 2009, p.127) por lo tanto la vegetación depende mucho de este factor que interviene en su estructura y funcionamiento, sin embargo, esto puede variar en función de los diferentes usos que se hagan en el ecosistema (Souza et al., 2013, p.39). Se conoce también como bosque ripario a cualquier formación vegetal que crezca a los márgenes del río o



las conocidas llanuras de inundación, sin embargo, en zonas donde la pendiente es muy pronunciada el efecto que posee el río sobre la vegetación desaparece al alejarse unos pocos metros del cauce (Elosegi & Sabater, 2009, p.127).

Es destacable mencionar que este tipo de vegetación es conocida también con el nombre de azonal debido a que corresponde a un ecotono existente entre el ecosistema terrestre y acuático, con una diferencia muy marcada entre la vegetación que crece en suelos zonales no relacionados hidrológicamente con los ríos, la flora existente en los cauces está adaptada para poder resistir inundaciones mientras que otras especies que no han crecido en los márgenes fluviales no pueden sobrevivir este tipo de condiciones. (Elosegi & Sabater, 2009, p.128).

Debido a la proximidad que existe entre el bosque ripario y el cauce del río, se conoce que estas son las zonas más intervenidas por actividades antropogénicas, entre ellas destacan: cambio de uso de suelo por agricultura y ganadería, crecimiento urbano, construcción de hidroeléctricas o represas, etc. La degradación de estos ecosistemas representa un peligro potencial de contaminación en los sistemas de aguas superficiales y subterráneas, a su vez la pérdida de biodiversidad presente en estos ecotonos de transición (Sánchez et al., 2018, p. 46).

#### *1.2.1.2. Elementos del bosque de ribera*

Los elementos del paisaje en la vegetación ribereña abarcan diversas zonas en los ecosistemas donde se encuentran que van desde: aguas superficiales, sistemas ribereños, acuíferos aluviales, y características geomórficas (Ward et al., 2002, p.77). El estudio de la dinámica que existe dentro de estos sistemas de transición es muy importante para poder analizar nivel de biodiversidad existente y la relación que esté tiene con los procesos internos de la zona.

Los elementos paisajísticos más importantes dentro los corredores fluviales son:

- Corredor del río: Son conocidos como rasgos lineales los cuales son estructurados a lo largo de franjas de aluviones que se extienden desde las cabeceras de un río hasta la desembocadura de un mar (Ward et al., 2002, p.78).
- Cuerpos de agua superficiales: Son considerados como masas de agua superficiales conectadas entre cuencas con trayectorias definidas, dónde se pueden encontrar distintos tipos como aguas: lóaticas, semióaticas y lénticas (García et al., 2016, p.30)
- Características geomórficas: Las características geomórficas de este tipo de ecosistemas reflejan las complejas interacciones que existen entre el clima la geología del río el relieve topográfico y la dinámica fluvial existente (Ward et al., 2002, p.78).
- Sistemas ribereños: La vegetación en estos conocidos corredores fluviales poseen una forma peculiar de mosaico la cual es una respuesta a: distintos gradientes climáticos porcentajes de

humedad en el suelo, perturbaciones ambientales y nutrientes existentes (Gregory et al., 1991, p.127).

Los elementos de este tipo de ecosistemas juegan un papel importante al momento de establecer una conectividad hidrológica lo cual hace referencia a un intercambio de: materia, energía y biota entre los diferentes elementos del paisaje fluvial, la conectividad opera a distintas escalas dependiendo de la distribución de la fauna y flora en la zona (Amoros y Bornette, 2002, p.148).

### *1.2.1.3. Funciones y servicios ecosistémicos del bosque de ribera*

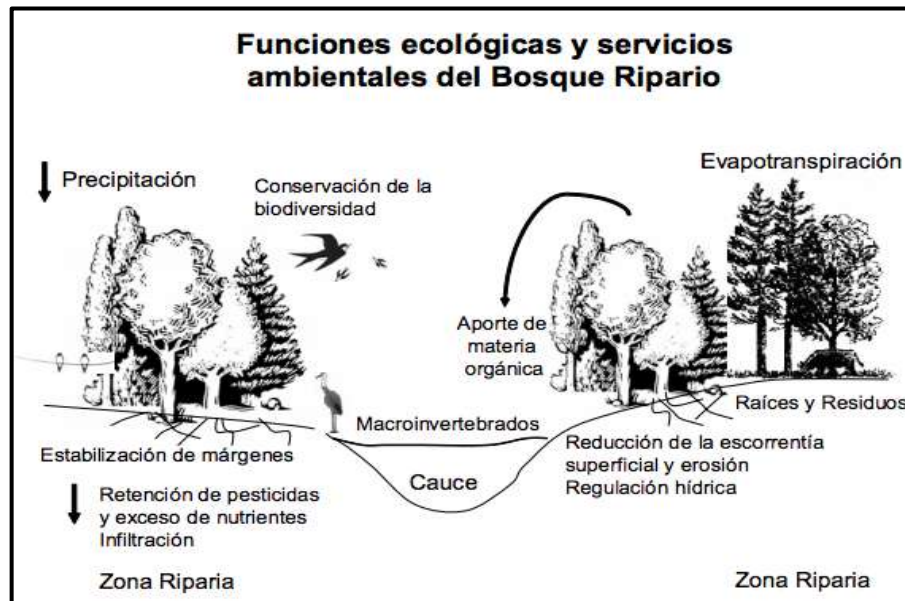
La importancia de estos ecosistemas se debe a la influencia que tienen los cuerpos de agua sobre las estas zonas ubicadas al margen del canal fluvial, por lo cual es usual que poseen una alta biodiversidad florística o faunística en comparación a otras áreas que no tienen un contacto directo con un sistema acuático (Arcos, 2005, p.29), es importante mencionar que se conoce que estas zonas son el refugio de especies vulnerables, además de actuar como corredores para el movimiento de diferentes especies en el paisaje fragmentado (Snyder y Cain, 2003, p.63).

Otra característica relevante de esta zona riparia es la dinámica que manejan las comunidades asociadas a estos ecosistemas acuáticos y terrestres lo cual complementa su valor ecológico al poder brindar un rango económico y social de estos servicios ambientales para su protección y conservación (Arcos, 2005, p.29). Entre las funciones más importantes ecológicas e hidrológicas que cumplen las zonas ribereñas tenemos:

- Hábitat ideal para albergar una gran variedad de fauna y flora.
- Fuente de alimento lo cual refiere un gran aporte de materia orgánica proveniente de la vegetación ribereña, siendo una de las principales fuentes de energía en cadenas tróficas durante la transición del medio acuático y terrestre.
- Filtro frente a la entrada de sedimentos y sustancias químicas lo que representa un impedimento a la incorporación masiva de contaminantes a las aguas del cauce y evitar los procesos de eutrofización favoreciendo la calidad del agua, además de frenar la proliferación de ciertos organismos perjudiciales.
- Asegura la estabilidad en las orillas del río, disminuyendo la erosión en ciertos taludes del terreno.
- Actúa como freno del agua frente a las crecidas del río evitando fenómenos de ensanchamiento del cauce y catástrofes naturales.
- Almacena agua y retiene sedimentos lo que genera que esta zona forme parte de la llanura de inundación del cauce.

- Funciona como zona de recarga de acuíferos debido a que disminuye la velocidad de la escorrentía y aguas de inundación favoreciendo la infiltración y recarga de estos.
- Regula el microclima en zonas donde no existe cubierta vegetal evitando la variación atípica de temperaturas (Álvarez et al., 2014, p.53).

Entre estas y otras importantes razones la vegetación ribereña cumple un papel fundamental en las distintas interacciones que tiene con su medio biótico y abiótico, en la Ilustración 1 podemos apreciar un resumen de los servicios ambientales que brindan estas zonas de transición entre ecosistemas acuáticos y terrestres.



**Figura 2-1:** Diagrama de las funciones y servicios del ecosistema ripario. Río Sesesmiles

Fuente: (Arcos, 2005).

### ***1.2.2. Propiedades físico-químicas del suelo***

#### ***1.2.2.1. Propiedades físicas***

Las propiedades físicas pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del mismo, estas reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como la capacidad del uso que el hombre les puede dar, este tipo de condiciones físicas determinan: rigidez, compactación, penetrabilidad de raíces, drenaje y almacenamiento de agua, retención de nutrientes, etc. Entre las principales propiedades físicas tenemos: textura, estructura, densidad

real, densidad aparente, color, porcentaje de humedad, etc. Estas son las características físicas del suelo más destacables que se han propuesto como indicadores de su calidad (Rucks et al., 2004, p.68).

- **Textura:** Esta propiedad es conocida por ser la proporción del suelo en medida de peso, se la clasifica según el porcentaje que presente de partículas, ya sean: arcillas, arenas o limos existentes en los horizontes del suelo (Gisbert Blanquer et al., 2009, p.15).
- **Porosidad:** Está característica es conocida como volumen del suelo que no es ocupado por partículas sólidas, estos espacios porosos suelen ser la cavidad donde se aloja el agua, además de ser el lugar donde se desarrollan distintas reacciones químicas y la actividad biológica (U.N.L.P., 2019, p.9).
- **Estructura:** Conocido como el arreglo de partículas del suelo, determinada por el espacio que existe entre ellas, que son predominantes en los macro porosos. La estructura del suelo y su estabilidad juegan un papel primordial en muchos procesos dinámicos del mismo y su interacción con plantas: aireación, infiltración, erosión, resistencia, etc (Rucks et al., 2004, p.68).
- **Densidad Real:** También conocida como densidad de sólidos o densidad de partículas está definida como la masa del sólido por la unidad de volumen, se puede determinar mediante un picnómetro y líquidos no polares (Ferreiro et al., 2007, p.33).
- **Densidad Aparente:** La densidad aparente de un suelo seco bien expresada por la relación que existe entre la masa del sólido y el volumen total del suelo, incluyendo los poros. Los valores obtenidos en la densidad aparente se pueden ver afectados por distintos factores como la textura contenido materia orgánica o tipo de manejo del suelo. En comparación con la densidad real que es más constante está densidad aparente es altamente variable (Ferreiro et al., 2007, p.33).
- **Color:** Esta propiedad hace referencia a la cantidad de calor absorbido o reflejado por el suelo esto depende en gran parte del color que se muestra, cómo se ha ido demostrando a lo largo del tiempo los cuerpos blancos son aquellos que reflejan más la radiación calorífica que recibe mientras que al contrario los cuerpos negros las absorben al máximo el mismo caso de estudio sucede en los suelos donde se ha determinado que los oscuros pueden absorber hasta un 80% de la radiación solar mientras que está absorción desciende hasta el 30% en suelos claros (Rucks et al., 2004, p.68).
- **Humedad:** Hace referencia a la capacidad de retención de agua de un suelo, relaciona la: acumulación de agua, transporte y erosión con la humedad aprovechable, textura y materia orgánica (Bautista et al., 2004, p.43).

### *1.2.2.2. Propiedades químicas del suelo*

Este tipo de propiedades son comúnmente relacionadas con la calidad y la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, las más destacables son pH, conductividad eléctrica, macronutrientes, capacidad de intercambio catiónico, etc (Calderón et al., 2018, p.39).

- **pH:** Esta propiedad del suelo también es conocida como reacción, informa el grado de acidez o basicidad del suelo y matemáticamente es definido como el logaritmo del inverso de la actividad de los protones en el agua del suelo (Porta et al., 2000, p.73).
- **Conductividad eléctrica (C.E):** Se relaciona con la capacidad que tiene el suelo para poder conducir corriente eléctrica, aprovechamiento de las sales presentes en el mismo para poder conducirlo. Un alto valor de conductividad eléctrica es un indicador de la alta concentración de sales.
- **Materia Orgánica (MO):** Expresión que agrupa a todos los constituyentes orgánicos del suelo, principalmente por: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y en una menor proporción por otros de elementos. La materia orgánica condiciona las funciones del suelo según el tipo y cantidad de M.O disponible, además de incidir sobre sus propiedades físicas y químicas.
- **Capacidad de intercambio catiónico (CIC):** Es una propiedad del suelo que hace referencia a la carga negativa relacionado a determinados componentes, simboliza la capacidad total de una masa de suelo para absorber de manera irreversible iones signo contrario (Porta et al., 2000, p.73).

### *1.2.2.3. Contaminantes en el suelo*

El comportamiento de los contaminantes en el suelo se relaciona con las propiedades fisicoquímicas, debido a la capacidad tampón que posee el mismo, durante estos fenómenos el suelo tiende a absorber compuestos inorgánicos u orgánicos no deseables o deseables cómo sí bien en este caso fueran en exceso. El origen de esta problemática surge de vertidos incontrolados, ya sea de residuos: industriales, urbanos, o reactivos. Los principales contaminantes tras ser absorbidos por las plantas ya no forman parte de los micronutrientes presentes en el suelo, debido a que la planta solo los requiere en cantidades mínimas (Porta et al., 2000, p.74; Calderón et al., 2018, p.40).

### *1.2.3. Suelo en zonas altoandinas*

El suelo es un recurso natural esencial para disminuir los efectos del cambio climático por el rol protagónico que desempeña en el ciclo del carbono en la tierra, debido a que el carbono orgánico

está almacenado en los suelos como los de manglares, humedales, bosques, pasturas, páramo herbáceo y pajonales alto andinos, sin embargo, la mayor concentración de carbono orgánico en el suelo está presente en la región de los Andes comparado con la costa y la amazonia ecuatoriana; por esta razón las actividades que alterar o revierten el proceso de almacenamiento del carbono como la producción agrícola insostenible o ganadería intensiva se convierten en un gran foco de emisiones de GEI, que además de los generados por la industria y zona urbana, afectan sustancialmente la sostenibilidad del planeta Tierra (Huamán et al., 2021, p.40).



**Figura 3-1:** Suelo en zonas altoandinas

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

#### *1.2.3.1. Cambio de uso de suelo en zonas altoandinas*

Los cambios de uso del suelo se producen por las interacciones espacio-temporales de condiciones biofísicas y humanas y se asocian, generalmente, al crecimiento de la población rural y a la expansión de la agricultura de subsistencia. Particularmente, la zona altoandina y en especial las zonas de páramo se han caracterizado por una historia de prácticas y usos ancestrales, que a pesar de su reconocida importancia para la diversidad biológica y como elemento principal de regulación hídrica, se evidencia su fragilidad por el impacto permanente ocasionado por actividades humanas como plantaciones forestales con especies exógenas, actividades agrícolas y de sobrepastoreo (Martínez, 2009, p.47).



**Figura 4-1:** Sembríos en zonas altoandinas

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

#### ***1.2.4.Ecosistemas en zonas altoandinas del ecuador***

En las zonas altoandinas del Ecuador se pueden encontrar diferentes tipos de ecosistemas distribuidos en los sectores norte, sur y centro de la Cordillera Oriental de los Andes y en el sector páramo. Es crucial el buen manejo y la conservación de estos ecosistemas, debido a que además de ser el hábitat de especies de flora y fauna nativas y/o endémicas, almacenan altas cantidades de carbono al retener la materia orgánica en el suelo, por las condiciones edafoclimáticas que limitan la descomposición de los compuestos orgánicos (Bonell, 2018, p.22). Entre los destacables que se encuentran en las zonas de Cebadas, Achupallas y Alausí están:

##### ***1.2.4.1. Herbazal inundable montano alto y montano alto superior de páramo***

Hace referencia al herbazal lacustre montano alto o bofedal altimontano paramuno, tiene una cobertura herbácea de humedal, con un bioclima pluvial, está presente en altitudes de 3.300 hasta 4.500 msnm, se encuentran en relieves de montaña tipo valles glaciares y es inundable. Son ecosistemas azonales en los que las condiciones edáficas o microclimáticas locales tienen más influencia sobre la vegetación que los factores climáticos o la altitud. Existe presencia de ciénagas, turberas o pantanos en los que el suelo se caracteriza por tener condiciones anaeróbicas que inhiben la descomposición de materia orgánica, y por lo tanto promueven la formación de suelo con porcentajes de carbono orgánico de hasta el 50% (MAE, 2012, p.9).



**Figura 5-1:** Herbazal inundable montano alto y montano alto superior de páramo  
**Fuente:** (MAE, 2012).

#### *1.2.4.2. Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo*

Hace referencia al Páramo herbáceo o pajonales altimontano, presenta una cobertura herbácea con bioclima pluvial, está presente en altitudes de entre 2850- 3900 m en la zona sur del país y presenta un relieve de montaña. Este ecosistema es uno de los más extensos del Ecuador, se caracteriza por tener una gran capacidad de regulación hídrica, está presente en él suelos Andisoles con un horizonte A muy marcado y rico en materia orgánica que puede alcanzar los 60 kg Carbono/m<sup>2</sup>, es de alta humedad y concentración de carbono orgánico en el suelo, además de contener una gran cantidad de agua por unidad de volumen (MAE, 2012, p.10).



**Figura 6-1:** Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo  
**Fuente:** (MAE, 2012).



#### *1.2.4.3. Arbustal siempreverde montano alto superior y subnival de páramo*

Corresponde al Páramo de almohadillas, presenta una cobertura arbustiva y herbácea, tiene un bioclima pluvial, se encuentra en altitudes entre 4100 - 4400/4500 msnm, tiene un relieve de montaña este ecosistema puede ser definido como un arbustal esclerófilo semipostrado con una altura entre 0.5 a 1.5 metros. Este ecosistema se caracteriza por tener una vegetación fragmentada, con suelo desnudo entre los parches de vegetación; por lo general, ocurre en morrenas y circo glaciares, escarpamentos rocosos, depósitos de rocas glaciares y pendientes pronunciadas de arena o quebradas estrechas (MAE, 2012, p.10).



**Figura 7-1:** Arbustal siempre verde montano alto superior y subnival de páramo

**Fuente:** (MAE, 2012).

#### *1.2.4.4. Herbazal ultrahúmedo subnival de páramo*

Es un páramo de almohadillas con cobertura arbustiva herbácea, tiene un bioclima pluvial con variación altitudinal de 4400/4500-4900 m, es de relieve montañoso con laderas abruptas cubiertas por depósitos coluvionares de rocas glaciares no consolidadas, junto con arena y grava. Este ecosistema es similar en estructura, fisonomía y cobertura vegetal restringida por efectos del clima extremo al herbazal húmedo subnival; sin embargo, la vegetación ocupa un área mayor. La diferencia está dada por los patrones de humedad local y una mayor precipitación mensual, producto a que se encuentra presente en las montañas con orientación hacia las zonas de formación de precipitación de la Amazonía (MAE, 2012, p.11).



**Figura 8-1:** Herbazal ultrahúmedo subnival de páramo

Fuente: (MAE, 2012).

### *1.2.5. Tipos y elementos de una cuenca hidrográfica*

Las cuencas hidrográficas son unidades funcionales, tienen límites bien definidos y salidas puntuales, están delimitadas también por un parteaguas donde se concentran los escurrimientos que desembocan en el curso principal del río, además se estructuran jerárquicamente, ya que pueden clasificarse según (Faustino y Jimenez, 2000, p.142).

#### *1.2.5.1. Por el sistema de drenaje y conducción final*

- **Arréicas:** cuando no entren a sus aguas a un río o un mar ya que por evaporación o infiltración no forman escurrimiento
- **Criptográficas:** cuando sus redes de drenaje superficial no tienen un sistema organizado y corren como ríos subterráneos.
- **Endorreicas:** cuando la desembocadura del río es hacia un embalse o un lago es decir no llega al mar.
- **Exorreicas:** cuando el punto de salida de la cuenca es hacia un sistema mayor como un río más grande o al mar.

#### *1.2.5.2. Por el grado de concentración de la red de drenaje*

- **Subcuencas:** es la zona donde se desarrolla el drenaje directamente hacia el canal principal de la cuenca, la unión de varias de ellas forma una cuenca.
- **Microcuencas,** es la zona donde se desarrolla el drenaje hacia el canal principal de una subcuenca, la unión de varias de ellas forma una subcuenca.

### *1.2.5.3. Elementos de una cuenca hidrográfica*

En las cuencas hidrográficas la fuerza natural que predomina es la gravedad, por lo tanto, todo lo que está cuenca arriba puede arrastrarse a la parte baja, estableciendo una conexión entre la cuenca alta, la media y la baja. Cabe recalcar que el funcionamiento de una cuenca hidrográfica no es el mismo en toda su extensión ya que tiene dos tipos de flujo (superficial y subterráneo) con dinámicas hidrológicas espacial y temporalmente distintas, y en función de esta dinámica hidrológica se pueden reconocer tres zonas funcionales o partes que integran una cuenca hidrográfica (SEMARNAT, 2013, p.48):

- **La zona de captación, de cabecera o cuenca alta.** Son áreas aledañas a la divisoria de aguas o parteaguas en la porción altimétrica más elevada de la cuenca; abarca sistemas de montaña y lomeríos. En esta zona se forman los primeros escurrimientos (arroyos) luego que los suelos han absorbido y retenido toda el agua según su capacidad.
- **La zona de almacenamiento, de transición o cuenca media.** Es una zona de transición entre la cuenca alta y la cuenca baja, donde los escurrimientos iniciales confluyen aportando diferentes caudales cuyas concentraciones de sedimentos, contaminantes y materia orgánica diferirán en función de las actividades que se realizan en cada subcuenca; es un área de transporte y erosión.
- **La zona de descarga, de emisión o cuenca baja.** Es el sitio donde el río principal desemboca en el mar o bien en un lago. Se caracteriza por ser una zona de importantes ecosistemas, como los humedales terrestres y costeros (ver de esta misma colección Los humedales de México. Oportunidades para la sociedad), además de muy productiva para el uso agrícola y donde se acumulan los impactos de toda la cuenca.

### *1.2.6. Sistema fluvial*

Un sistema fluvial, o sistema de arroyos, consta de todos los arroyos que drenan un área geográfica particular. El sistema fluvial se caracteriza por ser dinámico ya que tiene porciones que se mueven, pueden causar eventos y crear cambios. Una forma en que se ha abordado esto ha sido describiendo al sistema fluvial mediante etapas de desarrollo a lo largo del tiempo (Leopold, 1997, p.211). En otras palabras, representa una organización jerárquica encajada que integra no solo los diversos elementos del paisaje de la llanura aluvial, sino también las relaciones de intercambio de materias, energías e información en su funcionamiento y su desarrollo, ligados ambos a la circulación del agua tanto superficial como subterránea (Galochet, 2009, p.60).

### 1.2.6.1. Llanura aluvial

La llanura aluvial es una región plana próxima a un arroyo o río que puede estar cubierto por agua en tiempos de inundación. Las llanuras aluviales se valoran como tierras agrícolas porque los sedimentos que traen las inundaciones periódicas enriquecen el suelo con importantes minerales y nutrientes para el crecimiento de las plantas (Nag, 2017, p.29). En ella los procesos hidrológico, morfológico, vegetativo, de nutrientes y biogeoquímico, interactúan para controlar la dinámica de la llanura aluvial ecosistema, lo que define los sistemas riparios (Noe, 2013, p.13).



**Figura 9-1:** Llanura aluvial

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

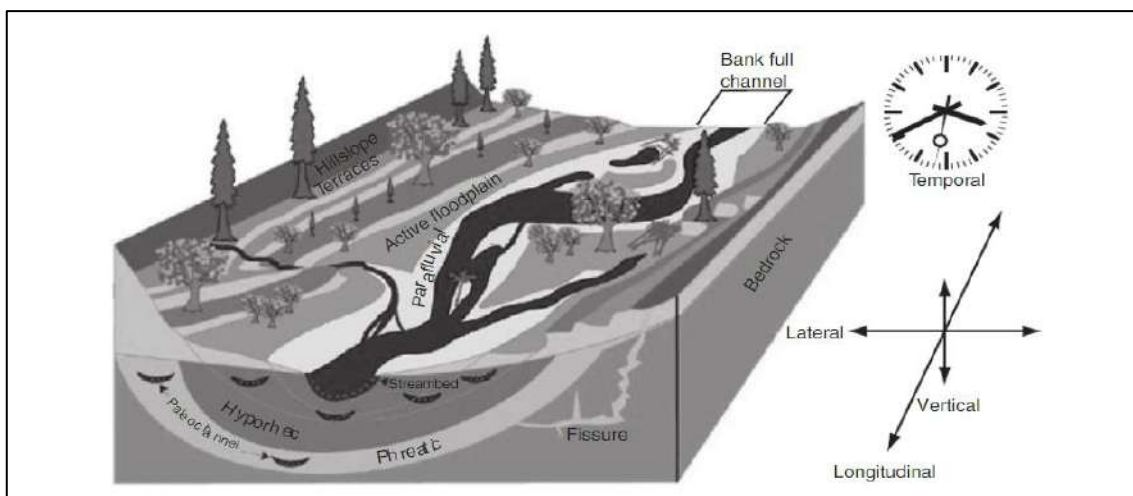
### 1.2.6.2. Río

Los ríos son entidades dinámicas que evolucionan por sí mismos debido a los factores hidrológicos, meteorológicos y geomorfológicos que intervienen, además por factores antrópicos ya que sus cambios se ven afectados por la intervención humana. En otras palabras, son sistemas complejos en cuatro dimensiones (longitudinal, transversal, vertical y temporal), constituidos por ecosistemas interactivos (Ollero, 2007, p.55) los cuales se definen según (Noe, 2013, 27):

- La dimensión longitudinal (en sentido ascendente y descendente) que corresponde al gradiente aguas arriba-aguas abajo que sigue el trayecto de las corrientes hídricas desde las cabeceras hasta los grandes colectores fluviales. Generalmente se reconocen tres zonas: las cabeceras, la zona de transferencia y la zona de deposición.
- La dimensión transversal (a través del canal, llanuras de inundación y pendientes) está relacionada con los intercambios entre el curso de aguas y las zonas aluviales ribereñas que engloba la diversidad de ecosistemas interactuantes dispuestos en mosaico: cursos

funcionales principales y secundarios, brazos muertos, paleo-cauces, zonas pantanosas, bosques de riberas, ecosistemas terrestres de las islas fluviales y de la planicie de inundación, entre otros.

- La dimensión vertical (aguas superficiales, aguas subterráneas y sus interacciones) que se refiere a la estratificación de los ecosistemas de superficie (terrestres y acuíferos) y de las aguas subterráneas del acuífero aluvial. Todos ellos, generados y fuertemente influidos por la dinámica fluvial, mantienen numerosos intercambios de energía, materia y organismos vivos.
- La dimensión temporal (a través del tiempo, de la respuesta temporal al cambio evolutivo) que incluye todos los cambios que se producen a diversas escalas, bien de origen natural, bien provocados por impactos directos o indirectos de actividades humanas.



**Figura 10-1:** Ejemplo esquemático de un río aluvial-corredor de llanura aluvial.

Fuente: (Noe, 2013).

### 1.2.7. Ambientes dulceacuícolas

Los ambientes dulceacuícolas son únicos y corresponden a aquellas zonas en las que la masa de agua principal es dulce, es decir, con una baja concentración de sales. Conforman centros de biodiversidad cambiantes en periodos de tiempo relativamente cortos, por lo que sus condiciones son inestables y vulnerables (Hanson et al., 2010, p.54).



**Figura 11-1:** Ambiente dulceacuícola altoandino- Yasepán

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

#### 1.2.7.1. Clasificación de ambientes dulceacuícolas

**Tabla 1-1:** Clasificación de ambientes dulceacuícolas

<b>AMBIENTES DULCEACUÍCOLAS</b>	
Según el movimiento del cuerpo de agua como menciona:	Según la cantidad de nutrientes en el cuerpo de agua:
<b>LÉNTICOS:</b> Aguas con poca o sin corriente como lagos, lagunas o pantanos.	<b>OLIGOTRÓFICOS:</b> Ambientes dulceacuícolas con pocos nutrientes y baja productividad primaria.
<b>LÓTICOS:</b> Aguas con corriente como ríos o quebradas en donde se pueden distinguir entre permanentes e intermitentes (se secan parcial- o completamente durante una parte del año).	<b>EUTRÓFICOS:</b> Presentan muchos nutrientes y una alta productividad primaria (mucho crecimiento de algas) que a menudo genera niveles bajos de oxígeno durante la noche

**Fuente:** (Hanson et al., 2010).

**Elaborado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

#### 1.2.8. Propiedades del agua

En cualquier estado que se encuentre el agua, se caracteriza por ciertas propiedades que la distinguen de los demás líquidos y a su vez otorgan un grado a la calidad del medio acuoso que vienen siendo determinado mediante análisis de laboratorios de los distintos parámetros físicos-químicos y biológicos. A continuación, se describirá brevemente las principales propiedades del agua (Sierra Ramírez, 2011, p.30).

### *1.2.8.1. Conductividad eléctrica*

La conductividad eléctrica (CE) es una propiedad química que mide la capacidad de una solución acuosa para transportar corriente eléctrica, se ve afectada por la presencia de sólidos inorgánicos disueltos como: aniones, cloruros, nitratos, sulfatos, fosfatos, etc., además también se puede ver afectada por cambios bruscos de temperatura. Por lo general es usada como una medida indirecta de salinidad y sólidos totales disueltos (STD). Las unidades de la conductividad eléctrica se reportan como microsems por centímetro ( $\mu\text{S} / \text{cm}$ ) en temperaturas de  $20^\circ \text{C}$  o  $25^\circ \text{C}$  (Boman et al., 2015, p.76; Li & Liu, 2019, p.33).

Los compuestos inorgánicos son buenos conductores en comparación con los compuestos orgánicos, por tal razón la conductividad es un buen indicador de la contaminación inorgánica y de la condición actual del cuerpo de agua (Li & Liu, 2019, p.34). En aguas de vertientes naturales la conductividad está limitada por las características del terreno y por la posibilidad de disolución de rocas, compuestos salinos, temperatura, pH y una serie de factores que afectan la solubilidad de un soluto en el agua (Marín, 2010, p.56).

### *1.2.8.2. pH*

El pH es una de las propiedades más frecuentes e importantes para examinar la calidad de agua, la medición de este indica si el medio acuoso posee propiedades ácidas o alcalinas, si la solución tiene la misma cantidad de moléculas ácidas y alcalinas, se considera que el pH es neutro. Este parámetro posee una escala logarítmica que va desde 0.0 a 14.0, siendo  $<7.0$  soluciones ácidas y  $> 7.0$  soluciones alcalinas o básicas (Li & Liu, 2019, p.35). El pH del agua afecta a los procesos químicos y biológicos que ocurren dentro de ella, en vertientes naturales los rangos van de 4 a 9, en su gran mayoría son ligeramente básicos debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos en el agua (Marín, 2010, p57).

Los procesos de escorrentías en los suelos movilizan contaminantes a los cuerpos hídricos, un ejemplo de este fenómeno es los fertilizantes los cuales generan un crecimiento de algas en el medio acuoso y una elevación del pH. Por otro lado un pH ácidos por debajo de 4.00 es perjudicial y nocivos para la vida acuática, afectando sus funciones fisiológicas y enzimáticas (Boman et al., 2015, p.77).

### *1.2.8.3. Turbidez*

Este parámetro físico indica la cantidad de partículas finas suspendidas en el agua, creando así un efecto óptico, cuando la luz incide sobre el agua las partículas de la solución pueden ser remitidas en distintas direcciones con una longitud de onda de luz incidente (Romero, 2009, p 87).

Las unidades de medición para la turbidez son los NTU, entre una mayor luz remitida en suspensión refleja un mayor grado de turbidez.

El material en suspensión suele ser: arcilla, limo, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, plancton u otros organismos de tamaño microscópico (Marín, 2010, p.57). Una alta concentración de estas partículas puede alterar el equilibrio en un ambiente acuático, generalmente este fenómeno se relaciona con una posible contaminación microbiológica (Li & Liu, 2019a, p.82). La turbidez también puede ser producida por diversas causas, las más comunes en ríos son: contaminación generada por efluentes de carácter doméstico o industrial, erosiones naturales de las cuencas que aportan sedimentos a los cauces de ríos y escorrentías provocadas por fuertes precipitaciones (Sierra Ramírez, 2011).

#### *1.2.8.4. Temperatura*

Este parámetro físico se maneja en función de la profundidad, suele ser usado para identificar la fuente de suministro de agua. La temperatura posee efectos directos e indirectos relacionados con la ecología de los ríos, en casos puntuales como un aumento de temperatura trae consigo consecuencias como la reducción del oxígeno disuelto produciendo una amenaza a la vida acuática, además, de influir sobre la tasa de fotosíntesis de las algas y plantas acuáticas (Li & Liu, 2019, p.36).

Posee un vínculo con otros parámetros fisicoquímicos como: absorción tóxica, salinidad, OD, viscosidad y la velocidad de reacción con compuestos químicos presentes en el medio acuoso (Sierra Ramírez, 2011, p.38). Según Marín, (2010) es considerado como uno de los aspectos más importantes para el diseño de la mayoría de procesos para el tratamiento de agua residuales.

#### *1.2.8.5. Sólidos Totales Disueltos (STD)*

Los sólidos totales disueltos son considerados como un parámetro físico de la calidad del agua, por lo general son partículas presentes en el medio acuoso con un tamaño promedio de 2 micrones, los cuales no pueden ser removidos por filtros comunes. Los STD son la suma de todos los: metales, sales y minerales presentes en el agua (Li & Liu, 2019a). La turbidez es un factor que se relaciona directamente con este parámetro.

La importancia del análisis de este parámetro radica en el control de procesos para tratamientos biológicos y físicos de aguas residuales, además de la evaluación del cumplimiento en los límites de las reglamentaciones sobre descargas de efluentes (Chacón, 2016). Una alta concentración de STD evita que la luz solar penetre el medio acuoso y que la vegetación de este tipo de ecosistemas no pueda realizar sus procesos fotosintéticos con normalidad (Boman et al., 2015).



#### *1.2.8.6. Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)*

La demanda bioquímica de oxígeno o también conocida como demanda biológica de oxígeno es la cantidad de oxígeno disuelto que necesitan los microorganismos aeróbicos para descomponer la materia orgánica presente en un cuerpo de agua a una temperatura y tiempo determinado. El valor del DBO se expresa por lo general en miligramos de oxígeno por litros de muestra durante 5 días a 20 ° C y suele ser usado como sustituto del grado de contaminación de materia orgánica en el agua (Sierra Ramírez, 2011) Las principales fuentes o causas para un elevado DBO son: hojas, restos leñosos, residuos animales, residuos vegetales, estiércol, etc. Además, este parámetro se puede ver afectado por una serie de variables como lo son: temperatura, pH, presencia de ciertos microorganismos, materia orgánica, etc. El DBO afecta directamente al oxígeno disuelto (OD), mientras más alto sea el valor en la concentración de la demanda bioquímica de oxígeno, más rápido se libera el oxígeno agotando de esa forma la disponibilidad de este en el agua (Boman et al., 2015).

Esta propiedad es una de las más importantes para conocer la capacidad de contaminación que tienen los cuerpos de agua y la fuerza contaminante que ejercen las aguas residuales o negras sobre una vertiente. Los ríos con niveles de contaminación moderados o medios poseen un DBO que oscila entre 2 a 8 mg/L, una alta concentración de este parámetro favorece al crecimiento de bacterias y hongos (Raffo & Ruiz, 2014).

#### *1.2.8.7. Oxígeno disuelto (OD)*

En las aguas superficiales es típico que se consuma y produzca oxígeno, el cual es obtenido de la atmosfera por las plantas como resultado del proceso fotosintético que realizan. Un cuerpo hídrico en constante movimiento genera más oxígeno que uno estancado, este parámetro es muy importante para la existencia de peces y otras formas de vida acuática, además de ser un excelente indicador del grado de contaminación o eutrofización de un río (Boman et al., 2015).

La solubilidad del oxígeno en aguas de ríos depende directamente de variables como la temperatura y salinidad, un ejemplo de esto se puede ver en ríos con bajas temperaturas que poseen mayor oxígeno disuelto que uno de temperatura media. El agua en equilibrio con el aire esta normalmente saturada con oxígeno (una saturación del 100%) y este se puede expresar como porcentaje de saturación o en términos de concentración en mg/L de O<sub>2</sub> (Bosch, 1999).

Diversos factores pueden generar variaciones en los porcentajes de saturación de OD, depende de las condiciones de equilibrio que existan en el medio, entre estos están:

- Morfología del río (zonas rápidas, lentos, someras).
- Cambios de temperatura

- Consumo elevado de O<sub>2</sub> por microorganismos.
- Procesos acelerados de eutrofización.

#### *1.2.8.8. Coliformes Totales*

Son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, suelo, animales, incluyendo los humanos. La presencia de coliformes es un indicador que el agua puede estar contaminada con aguas residuales u con otro tipo de desechos en proceso de descomposición, generalmente este tipo de bacterias se encuentran en mayor concentración en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo del río (Ramos-Ortega et al., 2010, p.92).

#### *1.2.8.9. Coliformes Fecales*

Son bacterias que se encuentran en el tracto digestivo humano o el de otras especies mamíferas, sin causar un daño perjudicial, la más conocida es la *Escherichia coli.*, son usadas para el análisis de calidad del agua, debido que su presencia indica la contaminación con heces (Ramos-Ortega et al., 2010, p.93). El grupo de bacterias de la flora intestinal al tener un contacto con el ambiente exterior representan un gran riesgo de patogenicidad, capaces de provocar cuadros gastroentéricos (Navas, 2017, p.63).

#### *1.2.9. Contaminantes del agua*

Los contaminantes presentes en el agua alteran las características que posee un cuerpo hídrico, en su gran mayoría son ocasionadas por actividades antropogénicas, este fenómeno evita el consumo no solo para el ser humano sino también para distintos seres vivos. La contaminación del agua se puede dar principalmente de fuentes puntuales o no puntuales (Alfayate et al., 2008, p.64).

- **Puntuales:** Por lo general son aguas residuales municipales o también conocidas como aguas negras, es la combinación de aguas residuales domésticas e industriales con su límite de descarga permisible para alcantarillado, es transportando mediante tuberías y se descargan siempre en un mismo sitio, de tal forma que se pueda ser tratada antes de su descarga a un efluente (Navas, 2017, p.64).
- **No puntuales o difusas:** Este tipo de fuentes surgen del escurrimiento superficial en zonas agrícolas o urbanas, estos contaminantes recorren un área por escorrentía superficial hasta el cuerpo de agua más cercano, siendo así una descarga que es incontrolable (Navas, 2017, p.64).

### *1.2.9.1. Principales contaminantes del agua*

Los principales contaminantes que generan efectos negativos en el agua son aquellos compuestos orgánicos, dado que sus características propias generan una disminución de la cantidad del oxígeno del agua, los nutrientes que provocan eutrofización, sólidos en suspensión que a la par generan turbidez o rellenan los fondos acuáticos con sedimentos, la presencia de bacterias patógenas, las sustancias tóxicas, los cambios de temperatura, la presencia de fármacos, etc (Navas, 2017, p.65).

En el caso puntual de los contaminantes más comunes presentes en ríos tenemos dos:

#### ❖ **Desechos que demandan oxígeno**

Para conocer el grado de demanda de oxígeno en el agua, es necesario tomar en cuenta: la cantidad y naturaleza del contaminante y el oxígeno necesario para que los microorganismos lo consuman (Romero, 2009, p.93). El análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se realiza en el laboratorio donde se determina la cantidad necesaria de O<sub>2</sub> para poder degradar toda la materia orgánica existente en la muestra, la cual simula lo que ocurre en el río (Navas, 2017, p.65).

#### ❖ **Efectos de los nutrientes**

En cantidades mínimas son requeridos para la existencia de la vida vegetal en los ecosistemas riparios, sin embargo, en concentraciones altas aportan al deterioro de la calidad del agua de los ríos debido a que contribuyen al crecimiento excesivo de: plantas acuáticas, semi acuáticas, algas, etc. Los nutrientes vegetales más destacados con el nitrógeno (N) y el fósforo (P), suelen proceder de: detergentes, fertilizantes, agroquímicos, excreta de animales, etc. (Navas, 2017, p.66).

A continuación, se describirán los más importantes:

- **Nitrógeno:** El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas y microorganismos protistas, recibe el nombre de nutriente o bioestimulador. Este elemento es fundamental para la síntesis de proteínas, por lo cual es necesario conocer con exactitud su concentración para determinar el grado de contaminación que existe. El nitrógeno total está compuesto por: nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos (Sierra Ramírez, 2011, p.33). Las principales rutas de ingreso de estos compuestos a cuerpos de agua son por medio de la descarga de aguas residuales industriales o municipales, tanques sépticos o descargas de corrales ganaderos, residuos animales (incluyendo aves y peces) y también por las descargas de la emisión de gases de vehículos (Bolaños-Alfaro et al., 2017). Las bacterias del agua convierten rápidamente el NO<sub>2</sub> en NO<sub>3</sub>, estos últimos en exceso aceleran los procesos de

eutrofización lo que representa un aumento exponencial de las plantas acuáticas. A su vez afectan la concentración de oxígeno disuelto y otros indicadores (Marín, 2010).

- **Fosfatos:** Este compuesto es indispensable para el crecimiento y desarrollo de: organismos biológicos, algas, etc. Se encuentra en bajas concentraciones debido a que las plantas lo absorben rápidamente, en el caso de aguas superficiales los valores estándares fluctúan entre 0,005 y 0,020 mg/L (Sierra Ramírez, 2011, p.33). El crecimiento desmedido de algas afecta directamente a la cantidad de oxígeno presente en el agua por lo cual genera un exceso en la presencia de materia orgánica viva, desencadenando procesos de eutrofización (Bolaños, Alfaro et al., 2017, p.84).
- **Sulfatos:** El ion sulfato es uno de los aniones más comunes en aguas naturales, en concentraciones bajas, a su vez este tipo de compuestos varía en su composición dependiendo del grado de concentración del sulfato de hierro presente en las orillas del río o en los lechos rocosos, en zonas de actividades mineras. Tiene afecciones en el ser humano con un efecto laxante que surge al ingerir una concentración alta de más de 100 mg/L, además, en concentraciones superiores 200 mg/L favorecen a la corrosión de los metales y cambia el sabor del agua (Bolaños, Alfaro et al., 2017, p.84).

#### ***1.2.10. Bioindicadores***

Son aquellas especies o grupos de seres vivos que por sus características (sensibilidad a las perturbaciones ambientales, distribución, abundancia, dispersión, éxito reproductivo, entre otras) proporcionan información cualitativa de la salud del ambiente a través de su presencia/ausencia o mediante cambios en su abundancia (Vallarino et al., 2014, p.87), de tal manera que la respuesta quede reflejada en el cambio de valor en una o más variables de cualquier nivel del organismo; estas variables o características, o sus cambios, pueden llamarse también variables bioindicadores (González, 2014, p.63); además permiten realizar una valoración ecológica y ambiental adecuada, así como un monitoreo ecosistémico, para la evaluación de programas de remediación o restauración así como para monitorear la sustentabilidad de los ecosistemas en el tiempo y el espacio ya sea de una forma retrospectiva, actual o prospectiva (Vallarino et al., 2014, p.88).

Los bioindicadores son organismos con una sensibilidad marcada con respecto a su ambiente, es decir con una tolerancia reducida a estresores ambientales, por lo que es necesario conocer sus límites y así clasificarlos según su sensibilidad a la contaminación en tolerantes, facultativos o intolerantes; ya que estos organismos respecto a uno o más factores ambientales cambian su forma, sufren procesos de bioacumulación, se adaptan a su nuevo medio o simplemente desaparecen (González, 2014, p.63).

### *1.2.10.1. Tipos de bioindicadores*

En general de acuerdo con el tipo de disturbio que pueden detectar se clasifican en tres grupos:

#### ❖ **Indicadores de biodiversidad**

Reflejan el número de especies de los taxones que viven en simpatría. Es decir, abarca algo que va más allá de las mediciones directas de la propia biodiversidad, como las poblaciones de especies y la extensión de los ecosistemas. También abarca las acciones para garantizar la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible, como la creación de áreas protegidas y la normativa en cuanto al manejo de especies (Bubb et al., 2011, p.32).

#### ❖ **Indicadores ecológicos**

Taxones sensibles a la presencia de estresores ambientales, que permiten mediante su presencia o ausencia y cambios en el tiempo, conocer el impacto de dichos estresores sobre los demás taxones que habitan en la misma localidad. Son usados para:

- Evaluar el estado del ambiente o vigilar sus tendencias en el tiempo,
- Obtener señales de alerta temprana de cambios en el ambiente.
- Determinar la causa de problemas ambientales (Dale & Beyeler, 2001, p.66).

#### ❖ **Indicadores ambientales**

Son organismos que responden de manera predecible a los cambios o alteraciones ambientales, que se utilizan para detectar perturbaciones ambientales por medio de una respuesta específica a estas alteraciones (Vallarino et al., 2014, p.90).

### *1.2.10.2. Criterios de selección de un buen bioindicador*

Las poblaciones de especies o taxones que se pueden utilizar como bioindicadores deben cumplir con ciertas características que permitan después de una evaluación dar a conocer resultados fidedignos de lo que ha sucedido o está sucediendo en el ecosistema donde se realiza el estudio (Morales, A. y Cárdenas, 2015, p72), puede ser seleccionado en tres criterios diferentes cómo: grado de sensibilidad, forma de respuesta y posibilidad de medida , dentro de estos encontramos tipos de bioindicadores que dependiendo de su clasificación poseen una característica o rasgo

especial, por lo que se toma en cuenta que estos organismos deben ser según (Vallarino et al., 2014, p.90):

- Suficientemente sensibles para advertir alteraciones del ambiente.
- Bien estudiados en cuanto a su ecología y ciclo biológico.
- Capaz de advertir no solamente del peligro que corre el taxón mismo sino del peligro que corre todo el ecosistema.
- Indicador directo de la causa en vez de simplemente la existencia del cambio.
- Cambiantes en cuanto ocurre la alteración, lo que permite evitar daños dramáticos en el ecosistema.
- Abundantes, ya que permite tomar muestras periódicamente sin comprometer la estabilidad de la población.
- Con baja movilidad para facilitar su captura y conocimiento del origen del disturbio.
- Suficientemente resistentes como para poder manipularlos y hacer análisis con ellos.
- Presentan una amplia distribución que permite hacer comparaciones entre distintas poblaciones.
- Fáciles de identificar por personas sin experiencia en el taxón.
- Los datos obtenidos a partir de ellos son fácilmente interpretables.
- No se requiere de un equipo caro o complejo para su monitoreo.

#### *1.2.10.3. Bioindicadores acuáticos*

Existen diferentes organismos acuáticos que se utilizan para evaluar la calidad del agua, pero no todos los organismos acuáticos podrán ser tomados como bioindicadores, las adaptaciones evolutivas a diferentes condiciones ambientales y límites de tolerancia a una determinada alteración dan las características a ciertos grupos que podrán ser considerados como organismos sensibles (Giacometti & Bersosa, 2006, p.124) pero los más utilizados son los macroinvertebrados acuáticos debido a que reúnen la mayor cantidad de características para ser buenos indicadores con respecto a otros componentes de la biota acuática, como su presencia en casi todos los sistemas acuáticos y su naturaleza sedentaria (Morales, A. y Cárdenas, 2015, p73).

#### *1.2.11. Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores*

Los macroinvertebrados son organismos que se utilizan para determinar la contaminación de ríos, como indicador de las condiciones ecológicas o de la calidad del agua, estos organismos miden más de 500 µm, tienen un ciclo de vida largo en comparación a otros (González y Lozano, 2004, p.95). Son parte biológica protagónica en la dinámica de los sistemas lóticos (Grace, 2002, p.61),

porque cumplen un papel fundamental para la transferencia de energía a los demás niveles tróficos en el reciclaje de materia orgánica (Cummins, 1971, p.74).



**Figura 12-1:** Macroinvertebrado acuático

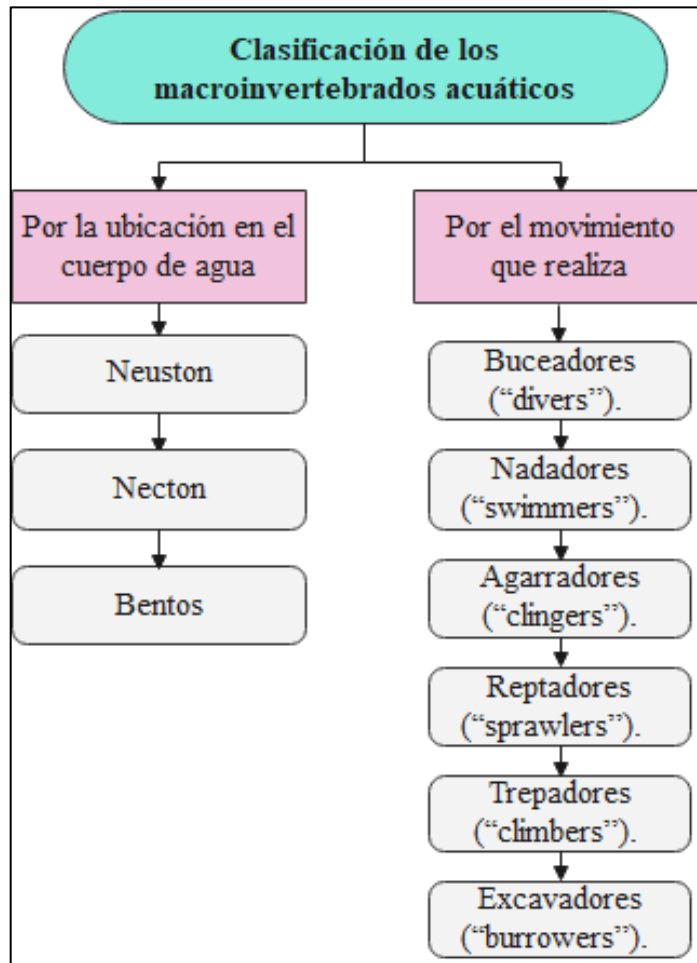
**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

#### *1.2.11.1. Importancia de los macroinvertebrados acuáticos*

Entre los indicadores biológicos más utilizados para la evaluación de los ecosistemas acuáticos del mundo se destacan los invertebrados bentónicos, ya que tienen ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática. Su presencia en casi todos los sistemas acuáticos continentales facilita los estudios comparativos; además, su naturaleza sedentaria posibilita análisis espaciales de los efectos de las perturbaciones en el ambiente, muestreos cuantitativos y estudios de las muestras con equipos simples de bajo costo (Reynoldson et al., 1997, p.70).

Los macroinvertebrados acuáticos son muy importantes en el ámbito de evaluación ecosistémica porque actualmente se consideran como los mejores bioindicadores de la calidad del agua, debido a su tamaño, a su amplia distribución, a su adaptación a diferentes variables fisicobióticas, rapidez de los resultados y una retrospectiva a los eventos de contaminación, lo que hace de ellos una herramienta idónea para la vigilancia rutinaria de la calidad del agua en los ríos (Walteros & Paiba, 2010, p.74), tanto así que en los últimos años el concepto de la calidad de las aguas ha ido cambiando de un enfoque únicamente fisicoquímico a otro que integre todos los componentes del ecosistema (Ortiz, 2005, p.49).

1.2.11.2. Clasificación de los macroinvertebrados acuáticos



**Figura 13-1:** Clasificación de los macroinvertebrados acuáticos

Fuente: (Hanson et al., 2010).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Debido a la gran cantidad de taxones existentes en el medio acuático, los macroinvertebrados acuícolas se pueden clasificar en dos grandes grupos, el primero los clasifica basándose en donde se encuentran en el cuerpo de agua como menciona (Hanson et al., 2010, p.75):

❖ **Neuston**

Se refiere a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando. Sus uñas, sus patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, así que, en vez de hundirse, doblan la superficie del agua venciendo la tensión superficial. Entre los representantes están las familias Gerridae y Mesoveliidae (Roldán, 2012, p.57).



## ❖ **Necton**

Está conformado por todos aquellos organismos que nadan libremente en el agua. Entre ellos se encuentran: Corixidae y Notonectidae del Orden Hemiptera; Dytiscidae, Gyrinidae e Hydrophilidae del orden Coleoptera y Batidae del Orden Ephemeroptera (Roldán, 2012, p.58).

## ❖ **Bentos**

Se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares. Son animales que habitan en los sustratos sumergidos de medios acuáticos y realizan funciones vitales en dependencia estricta con el sustrato (Morales, A. & Cárdenas, 2015, p.62). Los principales órdenes representantes son: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera y Diptera (Roldán, 2012, p.58).

Pueden clasificarse además según su forma de moverse:

- **Buceadores (“divers”)**

Aquellos obtienen su oxígeno en la superficie del agua, pero bucean y nadan para alimentarse; a menudo pasan tiempo agarrándose de objetos sumergidos, tienen un cuerpo hidrodinámico y patas traseras en forma de remo con pelos natatorios (Hanson et al., 2010, p.76):

- **Nadadores (“swimmers”)**

Macroinvertebrados que viven permanentemente sumergidos y nadan con movimientos como los de un pez, en breves momentos de natación, la mayor parte del tiempo permanecen agarrados de rocas, tallos de plantas acuáticas u otros objetos sumergidos. Entre ellos, los Baetidae, Isonychiidae y algunos Leptophlebiidae (Ephemeroptera) tienen un cuerpo hidrodinámico y un abdomen aplanado para impulsarse y nadar. Otros nadadores incluyen muchos ácaros Hydrachnidiae, que tienen pelos natatorios en las patas (Hanson et al., 2010, p.76):

- **Agarradores (“clingers”)**

Los macroinvertebrados denominados así, por vivir en tramos con fuertes corrientes, a menudo muestran adaptaciones para agarrarse o sujetarse al sustrato. Algunos macroinvertebrados tienen un cuerpo que funciona como una gran ventosa (larvas de Psephenidae,; Heptageniidae), uñas largas y fuertes (adultos de Elmidae y Dryopidae), ganchos en la punta del abdomen (Megaloptera y algunos Trichoptera) o una combinación de ganchos y sedas en la punta del abdomen (Simuliidae) (Hanson et al., 2010, p.77):

- **Reptadores (“sprawlers”)**

Muchos Ephemeroptera, Odonata (p. ej. Libellulidae), Plecoptera y Trichoptera que viven en hábitats o micro-hábitats con menos corriente, se arrastran en la superficie del sustrato, ya sea encima de las rocas (incluso la superficie inferior), sedimentos, hojarasca o madera (Hanson et al., 2010, p.76):

- **Trepadores (“climbers”)**

Varios macroinvertebrados viven en las partes sumergidas de las plantas acuáticas, aunque muchos de éstos no se alimentan de la planta. Algunos de ellos son depredadores, como las ninfas de diversas familias de libélulas (Odonata) (Hanson et al., 2010, p.76):

- **Excavadores (“burrowers”)**

Hace referencia a los macroinvertebrados que excavan y se entierran en los sedimentos blandos. Suelen tener setas en la parte dorsal del cuerpo, la cabeza aplanada y patas anteriores adaptadas para excavar. Por ejemplo, Ephemeridae y Polymitarcyidae (Ephemeroptera) construyen túneles en forma de u, mientras que Gomphidae (Odonata) simplemente se entierran. Otros excavadores incluyen algunos Chironomidae y otros Diptera, cangrejos y la mayoría de las almejas (Hanson et al., 2010, p.77):

### 1.2.11.3. *Adaptaciones de vida acuática*

La biota acuática incluyendo a los macroinvertebrados, para su supervivencia presentan diferentes adaptaciones al medio en donde habitan, puesto que condiciones como una disminución del oxígeno disuelto en el agua (Roldán, 2012, p.61) tomando en cuenta que la cantidad de oxígeno disuelto en el agua disminuye conforme aumenta la temperatura y disminuye la corriente, en agua fría pueden haber 15ppm (partes por millón) de oxígeno mientras que en el aire es 200 000ppm (Hanson et al., 2010, p.78): o eutrofización repentina a causa de la contaminación pueden ser letales para ellos, por lo que estos mecanismos aseguran de cierta forma su trascendencia (Roldán, 2012, p.61).

- ❖ **Respiración acuática de macroinvertebrados**

En los ambientes acuáticos existe una menor cantidad de oxígeno que en los ambientes terrestres debido a que la difusión de oxígeno en el agua es mucho más lenta que en el aire, además la cantidad de oxígeno del agua es inversamente proporcional a la temperatura y a la corriente (Hanson et al., 2010, p.78).

- **Respiración hidropnéustica**

Consiste en tomar directamente el oxígeno disuelto en el agua a través de la piel o de agallas filamentosas. Este es el tipo de respiración que realiza la mayoría de los macroinvertebrados acuáticos (Roldán, 2012, p.64). y se pueden clasificar en cuatro grupos:

- ✓ **Grupo 1:** Aquellos que llevan un suministro de aire en su cuerpo cuando está sumergido, poseen una branquia física que permite la difusión de oxígeno desde el agua hacia el aire atrapado en el cuerpo, pero esta reserva desaparece por lo que el organismo debe recargarla tomándola de la superficie (Hanson et al., 2010, p.79).
- ✓ **Grupo 2:** Organismos que llevan una película permanente de aire (un plastrón) encima de su cuerpo que se forma gracias a pelos cortos que repelen el agua, sirve como una branquia física que extrae oxígeno del agua y que no desaparece con el paso de tiempo, por lo tanto, los organismos pueden quedarse sumergidos indefinidamente si el agua contiene bastante oxígeno (Hanson et al., 2010, p.79).
- ✓ **Grupo 3:** Tienen extensiones de cutícula alrededor de los espiráculos (branquias espiraculares) y el aire atrapado sirve como una branquia física al igual que en el grupo anterior (Hanson et al., 2010, p.79).
- ✓ **Grupo 4:** En ellos el intercambio de gases ocurre a través de las partes de la cutícula permeable y tienen una red densa de traqueolos cerca de la superficie lo que permite una respiración cutánea; algunos insectos potencian su capacidad de respiración en sitios hostiles, por ejemplo, aguas con alta turbidez o poco oxígeno, haciendo uso de pigmentos respiratorios como larvas de Chironomidae (tribu Chironomini) (Hanson et al., 2010, p.79).
- **Respiración aeropnéustica:** Es el tipo de respiración que realizan algunos organismos acuáticos, que toman el oxígeno directamente del aire (Roldán, 2012, p.65). Esto ocurre por ejemplo en las larvas y pupas de zancudos (Culicidae) y varias otras moscas, y en las larvas y adultos de algunos escarabajos (Dytiscidae e Hydrophilidae) (Hanson et al., 2010, p.79).

- ❖ **Deriva**

Hace referencia a un movimiento río abajo de los macroinvertebrados bentónicos en el agua que éste suma importancia en los ecosistemas lóticos ya que es necesario para su equilibrio (Hanson et al., 2010, p.80). Los macroinvertebrados realizan este mecanismo de comportamiento por diferentes razones como son la dispersión es decir la búsqueda de nuevos sitios de alimentación, como resultado de eventos en el río como crecidas o cambios de la calidad del agua (Ramirez & Pringle, 2001, p.52) ya que los cambios en la descarga pueden tener un mayor impacto en la deriva de macroinvertebrados (Miller & Judson, 2014, p.42) o para escapar de los depredadores, por

ejemplo la deriva suele ser alta en sitios donde abundan peces depredadores en su mayoría nocturnos (Ramírez & Pringle, 2001, p.53).

### ❖ Osmorregulación

La osmorregulación o regulación osmótica es el mantenimiento de concentraciones específicas de sales o iones dentro del cuerpo, en el caso de los organismos dulceacuícolas viven en un medio hipotónico, es decir, ellos contienen más cantidad de sales que el medio en el que viven, por lo que deben reducir la entrada de agua a su cuerpo con tegumentos impermeables como recubrimiento con ceras o cutículas con carbonato de calcio. En el caso de numerosos organismos que la orina se forma en los túbulos de Malpighi (que conectan con el intestino) y muchos de los solutos esenciales son reabsorbidos en el recto, antes de salir del cuerpo (Hanson et al., 2010, p.85).

#### *1.2.12. Índice de la calidad del agua*

El Índice de la calidad del agua (ICA) permite realizar una evaluación sobre las alteraciones de la calidad en cuerpos de agua superficiales, donde se incorporan parámetros físicos, químicos y biológicos mediante una ecuación matemática que evalúa la condición del cuerpo de agua (Cahorro-Rodríguez & López-Barrera, 2017). Por medio de este índice se puede realizar un análisis general de la calidad del agua en distintos niveles y a su vez determinar la vulnerabilidad que tiene frente amenazas potenciales de contaminación. Para la determinación del ICA se analizan 9 parámetros los cuales son:

- Coliformes Fecales (CF)
- Oxígeno disuelto (OD)
- Potencia de hidrógeno (Ph)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)
- Nitratos (NO<sub>3</sub>)
- Fosfatos (PO<sub>4</sub>)
- Cambio de la Temperatura
- Turbidez
- Sólidos totales disueltos (STD)

Cada parámetro recibe un valor asignado en porcentaje que sumados dan un total de 1, según el valor obtenido de forma global de cada uno de los 9 parámetros se obtiene un ICA según la siguiente clasificación:

**Tabla 2-1:** Criterios de calidad del agua según el ICA

Calidad	Puntuación	Color
Excelente	91 a 100	Blue
Buena	71 a 90	Green
Regular	51 a 70	Yellow
Mala	26 a 50	Orange
Pésima	0 a 25	Red

Fuente: (SNET, 2015).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

### 1.2.13. Índice ABI

El Índice Biológico Andino (ABI) permite clasificar la calidad ecológica que tiene un sistema, es apoyado por el índice original BMWP (Biological Monitoring Working Party) el cual se caracteriza en un método fácil para su análisis tomando en cuenta la presencia de órdenes y familias de macroinvertebrados indicadores. El índice ABI se aplica en ríos altoandinos superiores a los 2000 msnm, debido a la altitud este índice incluye un número menor de familias de macroinvertebrados ya que las condiciones climáticas restringen la distribución y el nivel de tolerancia al disturbio ambiental (Meneses-Campo et al., 2019, p.68).

Dada la efectividad y facilidad para el cálculo de este índice, así como los distintos estudios realizados en países como Perú y Ecuador, lo han convertido en una herramienta muy utilizada para la evaluación de la calidad del agua (Jacobsen y Encalada, 1998, p.97).

**Tabla 3-1:** Rangos de calidad según el índice biótico andino (ABI)

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

Fuente: (Acosta et al., 2009).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

### 1.2.14. Índices de biodiversidad

Los índices de diversidad combinan tanto la riqueza de especies como la equitatividad en un solo valor y hacen referencia a algoritmos matemáticos (Moreno, 2001, p.37) que sirven para describir la cantidad de diversidad de especies en un área determinada (American museum of natural

history, n.d.). Los índices son una de las formas numéricas biológicas que generan información y criterios para la evaluación de la contaminación, basados en la integridad ecológica, los cuales pueden ser unimétricos, multimétricos, multivariados y de rasgos biológicos (Roldán, 2016, p.29).

Existen diversos índices, entre los más usuales se encuentran: el índice de Simpson que expresa la probabilidad de extraer de la comunidad dos individuos al azar que sean de la misma especie; índice de Shannon-Wiener, es el más utilizado porque considera tanto la riqueza en especies como su abundancia, al emplear una escala logarítmica (Ferriol y Merle, 2006, p.71).

#### 1.2.14.1. *Índice de Shannon-Wiener*

El índice demuestra cuan heterogénea es una comunidad acatándose en dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Se define como la medida del grado de incertidumbre con respecto a la selección aleatoria de cualquier individuo en la comunidad, es decir, hace alusión a la diversidad máxima ( $H_{\max} = \ln S$ ) se alcanza cuando todas las especies están igualmente presentes (Pla, 2006, p.48).

$$H = - \sum_{i=1}^S \pi_i \ln \pi_i \quad \text{(Ec.1-1)}$$

#### 1.2.14.2. *Índice de Simpson*

El índice de Simpson ( $\lambda$ ), es un índice de dominancia, el cual demuestra la probabilidad de que dos individuos seleccionados por azar correspondan a la misma especie (Salmerón et al., 2017, p.40).

$$\lambda = \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad \text{(Ec.2-1)}$$

#### 1.2.14.3. *Índices ecológicos*

Los índices ecológicos son métricas que permiten identificar desde una perspectiva multitaxonómica las especies que caracterizan distintas unidades de un paisaje, es decir, unidades ecológicas específicas, siendo de gran importancia en la biología de la conservación/restauración (González et al., 2011, p.53). Estos índices por medio de la presencia o ausencia de bioindicadores

y sus fluctuaciones en el tiempo, dan conocimiento del impacto de ciertos estresores sobre los demás taxones que habitan en la misma localidad, así como los aspectos sanitarios, contemplan también la pérdida de biodiversidad (extinciones, pero también homogenización biótica) y de productividad energética; dando a conocer los impactos ambientales, no sólo físico-químicos sino también biológicos, que provocan cambios en las propiedades de las comunidades bióticas (Vallarino et al., 2014, p.96).

#### 1.2.14.4. Índice QBR

Uno de los métodos más usados para estas evaluaciones es el índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR acrónimo en catalán: Qualitat del Bosc de Riber) propuesto por Munné (2003, p.28), puede ser adaptado fácilmente a condiciones locales (Posada y Arroyave, 2015, p.145).

**Tabla 4-1:** Rangos de calidad según el índice QBR

RANGOS DE CALIDAD SEGÚN EL ÍNDICE (QBR)	
Bosque de rivera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥95
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75-90
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	55-70
Alteración fuerte, mala calidad	30-50
Degradación extrema, calidad pésima	≤25

**Fuente:** (Acosta et al., 2009).

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

#### 1.2.14.5. Índice QBR-And

Este índice hace referencia a una adaptación del índice de calidad de vegetación de Ribera QBR propuesto por Munné (2003, p.29). El índice QBR-And está adaptado a zonas andinas ya que en estos lugares existen diferentes tipos de formaciones vegetales, por lo que para su evaluación incluye cuatro bloques (Acosta et al., 2009, p.91):

**Tabla 5-1:** Índice QBR-And

BLOQUE	DESCRIPCIÓN
<b>Grado de cobertura de la Ribera:</b>	Hace referencia al porcentaje de cobertura de toda la vegetación, exceptuando las plantas de crecimiento anual. Se consideran ambos lados del río de forma conjunta.
<b>Estructura de la cobertura:</b>	Corresponde a la interpretación de la complejidad de la vegetación que puede ser por una mayor biodiversidad faunística y florística de la zona analizada. Se toman en cuenta elementos de linealidad en los pies de los árboles, interconexión entre árboles y arbustos de ribera, además distribución uniforme o discontinua de coberturas.
<b>Calidad de la cobertura:</b>	Puntualiza el tipo geomorfológico del canal del tramo de estudio.
<b>Grado de naturalidad del canal fluvial:</b>	Determina la escala de modificación que sufre el río ya sea por una reducción del cauce aumento de pendientes de los márgenes o la pérdida de sinuosidad en el río debido a diferentes factores.

**Fuente:** (Agència Catalana de l'Aigua, 2006).

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

En el índice QBR-And se considera las principales formaciones vegetales andinas y los tipos de ribera que se pueden encontrar definiéndose 3 tipos:

- **Tipo 1:** Ribera de tipo rocoso que no permite el desarrollo de una comunidad vegetal.
- **Tipo 2:** Ribera típica de páramos y punas, conformada por pajonal de gramíneas en algunos casos con matorrales bajos, almohadillas y turberas de altura (bofedales).
- **Tipo 3:** Ribera conformada por una comunidad arbórea y/o arbustiva muy diversa. este tipo de ribera es más frecuente entre los 2000 y 4000 m snm y en algunos de los bosques relictos sobre los 4000 m snm en los páramos y punas (Acosta et al., 2009, p.92).

**Tabla 6-1:** Rangos de calidad según el índice QBR-And

RANGOS DE CALIDAD SEGÚN EL ÍNDICE (QBR-And)	
Vegetación de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥96
Vegetación ligeramente perturbada, calidad buena	76-95
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	51-75
Alteración fuerte, mala calidad	26-50
Degradación extrema, calidad pésima	≤25

**Fuente:** (Acosta et al., 2009).

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).



#### 1.2.14.6. Índice ECOSTRIAND

Este índice requiere de la valoración de: el índice del estado de vegetación de ribera (QBR-And) y el índice biótico andino de macroinvertebrados (ABI); juntos estiman el índice ECOSTRIAND (ECOLOGICAL STATUS RIVER ANDEAN) el cual tiene como objetivo valorar de manera global la calidad de un ecosistema fluvial, donde se incluye la ribera además de la calidad fluvial y de la comunidad de macroinvertebrados existente. Forma parte de la familia de índices de evaluación rápida de la calidad de agua, porque para su interpretación necesita de una infraestructura mínima, así como un corto tiempo de muestreo (Acosta et al., 2009, 93).

**Tabla 7-1:** Rangos de calidad según el índice ECOSTRIAND

RANGOS DE CALIDAD SEGÚN EL INDICE ECOSTRIAND			
ABI	QBR-And		
	>75	45-75	<45
> 96	MUY BUENO	BUENO	REGULAR
59 -96	BUENO	REGULAR	MALO
35-58	REGULAR	MALO	PÉSIMO
< 35	MALO	PÉSIMO	PÉSIMO

Fuente: (Acosta et al., 2009).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

#### 1.2.14.7. Índice IHF

El índice de hábitat fluvial (IHF) valora la capacidad de un hábitat físico para contener a un grupo faunístico establecido, de acuerdo con su heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat (Pardo et al., 2002, p.153) le corresponde una mayor diversidad de comunidades biológicas que lo ocupen (Smith y Smith, 2000, p.43). El IHF, evalúa los parámetros de inclusión de rápidos o pozas, la frecuencia de estos, composición del sustrato, regímenes de velocidad y profundidad, porcentaje de sombra del cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática (Silva & Arancibia, 2015, p.172), entregando rangos que van desde óptima a mala calidad (Haun & Fortes, 2015a, p.70).

La heterogeneidad que posee un hábitat fluvial es considerada como uno de los principales ámbitos que influyen en la riqueza de especies invertebradas acuáticas, debido a esto se han desarrollado técnicas y métodos de muestreo en ríos para evaluar su calidad biológica en función de los macroinvertebrados.

**Tabla 8-1:** Rangos de calidad según el índice de hábitat fluvial (IHF)

RANGOS DE CALIDAD SEGÚN EL ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (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: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Para la aplicación del índice de hábitat fluvial es necesario tomar en cuenta siete bloques los cuales hacen referencia según I (Agència Catalana de l'Aigua, 2006) a:

**Tabla 9-1:** Índice de hábitat fluvia

BLOQUE	DESCRIPCIÓN
Inclusión en rápidos y sedimentación en pozas:	la inclusión se refiere al grado en el que las partículas del sustrato están fijadas o hundidas en el lecho del río. en cuanto a la deposición de material fino en las zonas lentas del río se hace alusión a la sedimentación.
Frecuencia de rápidos:	es el promedio de la presencia de rápidos relacionándolos a las de zonas más lentas, de este modo evaluando la heterogeneidad del río.
Composición del sustrato:	La composición media del sustrato aproximada en donde se destacan bloques y piedras cantos y gravas arena limo y arcilla.
Regímenes de velocidad/ profundidad:	La presencia de la variedad de regímenes de velocidad y profundidad en el río determina mayor diversidad de hábitats disponibles.
Porcentaje de sombra en el cauce:	Estimación visual de la sombra en el espejo de agua por la vegetación adyacente de la cantidad de luz que llega al río y su consecuente influencia en los productores primarios
Elementos de heterogeneidad:	Presencia de elementos que proporciona un hábitat físico como hojas ramas troncos y raíces dentro del río.
Cobertura de vegetación acuática:	Presencia de cobertura vegetal acuática en el cauce del río

Fuente: (Agència Catalana de l'Aigua, 2006).

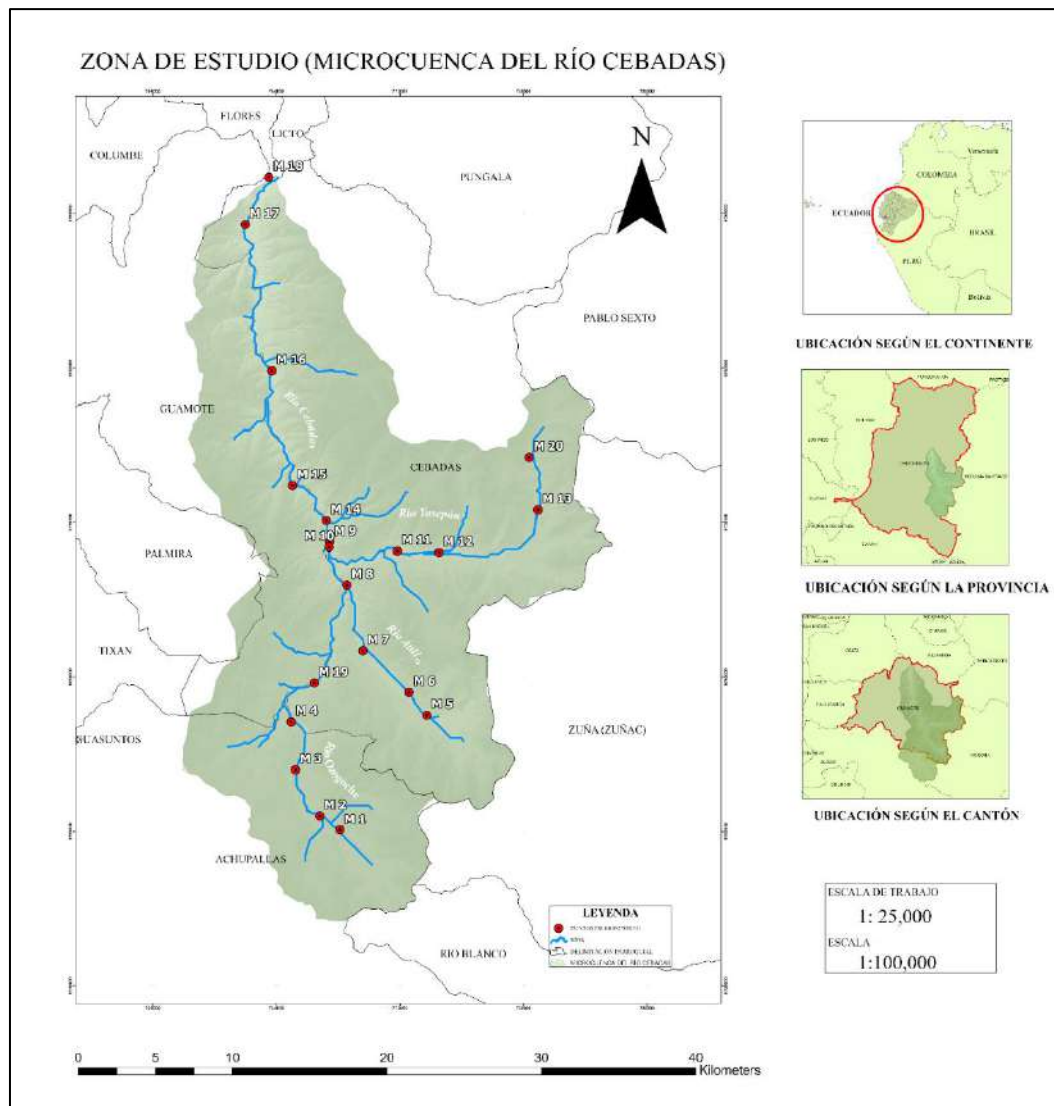
Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO METODOLÓGICO**

#### **2.1. Localización del área de estudio**

La microcuenca del río Cebadas se encuentra localizada al sur de la provincia de Chimborazo, en la parroquia Cebadas perteneciente al cantón Guamote. Esta red tiene sus orígenes en las vertientes y lagunas de Atillo, páramos y drenajes menores del sector oriental de la parroquia Cebadas; en el sector Azomaná (junto a la vía a Macas) se unen los ríos Atillo y Ozogoche para dar forma al río Cebadas, el mismo que se alimenta aguas abajo por el río Yasipán. En su trayecto se suman otros ríos como: Macalete, Tingo, Pancún e Ichubamba; al llegar al sector de Ceceles, los ríos Cebadas y Guamote se unen y dan origen kilómetros más norte al Río Chambo (GAD de Chimborazo, 2013).



**Figura 1-2:** Ubicación de los puntos de monitoreo

**Fuente:** (GAD Cebadas, 2015).

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

La parroquia posee una topografía irregular debido a la influencia de las cordilleras Central y Occidental de los Andes, la mayor parte de los territorios presentan pendientes pronunciadas, que en algunos casos sobrepasan los 50 grados de inclinación, sumado a la acción fluvial constituyen las principales causas de la erosión de los suelos y la formación del valle periglacial. Las rocas que conforman la corteza terrestre del territorio de Cebadas se formaron en la era Terciaria, en los períodos Jurásico y parte en el Cretácico; se encuentran constituidas por rocas metamórficas y en menor proporción por rocas ígneas y sedimentarias. Se hallan localizadas en la Cordillera Real (Oriental) de los Andes y en los Valles Interandinos (GAD Cebadas, 2015).

Cebadas posee tres zonas latitudinales distintas, las cuales se describen a continuación: Zona Baja la cual se encuentra en un rango altitudinal desde los 2. 600 hasta los 2.950 msnm, localizada entre las cuencas hidrográficas del río Guamote y Cebadas, cuanta con pendientes de 5 a 15

grados, con zonas planas y onduladas, Zona Media con un rango altitudinal desde los 3.000 hasta los 3.200 m.s.n.m., se localiza hacia los flancos y estribaciones de las cadenas montañosas pertenecientes a los Andes centrales cuenta con bajas precipitaciones motivo por el cual la agricultura desarrollada corresponde a secan, las pendientes de la zona van desde los 15 hasta los 60 grados, lo que ha provocado el mal manejo de suelos y recurso hídrico generando una erosión desmedida y por último la Zona Alta localizada en un rango altitudinal desde 3.250 hasta los 4.640 m.s.n.m., tiene lugar en la cima de las altas montañas, los grados de pendiente están entre los 15 y 30, en esta zona los suelos poseen elevados contenidos de materia orgánica, textura franca con una buena retención de humedad y altas precipitaciones (GAD Cebadas, 2015).

### ***2.1.1. Componente abiótico***

#### *2.1.1.1. Clima*

A lo largo de la microcuenca del río Cebadas se podido a evidenciar la variabilidad climática que repercute en la presencia de lluvias, descenso de la humedad y el incremento de noches frías (temperatura baja hasta los 4°C) (GAD de Chimborazo, 2013).

- **Temperatura:** la temperatura varía entre 4°C a 20°C con una media anual 12°C; las heladas ocurren con frecuencia en el mes de diciembre y vientos fuertes en julio, agosto y septiembre (GAD de Chimborazo, 2013).
- **Precipitaciones:** la precipitación media anual es de 681,3 mm, con una variación de la estacionalidad climática con episodios de intensidad que provocan deslaves, pérdida de cultivos y períodos de sequía prolongada en el transcurso del año (GAD de Chimborazo, 2013).
- **Humedad relativa:** la humedad en el Territorio Hídrico de Cebadas oscila entre 70 a 85%, debido a la presencia de gran cantidad de páramos (43.256 ha) con su cobertura vegetal nativa (GAD de Chimborazo, 2013).

#### *2.1.1.2. Suelo*

Los suelos de la microcuenca del río Cebadas por lo general son de textura mediana, arenosos o francos arenosos, con bajo contenidos de materia orgánica y deficiente retención de humedad (GAD de Chimborazo, 2013). La textura de los suelos que encontramos en la microcuenca está en relación a la pendiente: suelos arcillosos en pendientes menores a 12%, arenosos en pendientes de 5 – 70%, arenas finas 5 – 70%, franco en pendientes 12 – 60%, francos arenosos < 4%, limosos 5 – 25%. El contenido de materia orgánica corresponde a suelos arcillosos, es decir, en pendientes mayores al 30%, arenosos menores del 1%, arenas finas del 1 a los 3%, y limosos del 10 al 20%

(Zarate, 2008). El suelo de la parroquia Cebadas es de material parental, en su mayor parte de origen volcánico, el resto del suelo está constituido por rocas metamórficas y en menor proporción por rocas ígneas sedimentario, el cual ha sufrido pequeños aportes superficiales de cenizas volcánicas (GAD Cebadas, 2015).

### 2.1.1.3. Agua

El 85,90% del suelo del THC corresponde a páramos (43.256 ha) por lo cual existe un gran abastecimiento de agua para la población interna y con beneficio para usuarios externos como es el caso del Canal de Riego Chambo-Guano. La oferta hídrica de los ríos de la Subcuenca del río Cebadas se divide en:

**Tabla 1-2:** Oferta hídrica de los ríos de la Subcuenca del río Cebadas

<b>NOMBRE DEL RIO</b>	<b>CAUDAL (m3/seg)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
<b>Ozogoche</b>	2,50	12,8
<b>Atillo</b>	3,00	15,4
<b>Yasipan</b>	10,3	25,6
<b>Tingo</b>	2,00	10,3
<b>Chilcayacu</b>	1,50	7,7
<b>Pancun</b>	2,00	10,3
<b>Guarguallá</b>	3,50	17,9
<b>TOTAL CEBADAS</b>	19,50	100,00

Fuente: (GAD Cebadas, 2015).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

La mayor parte de territorio que conforma la microcuenca del río Cebadas corresponde a páramos o zonas de preservación, por lo cual existe un gran abastecimiento de agua para la población. La comunidad rural de Cebadas es la única que dispone de agua potable, equivalente al 3,23% de las comunidades, mientras que el 90,31% acceden al sistema de agua entubada. El 6,46% de comunidades restantes acceden al agua en forma directa de las vertientes (GAD de Chimborazo, 2013). El agua de riego en su mayoría es utilizada para pastos, abrevadero de animales y en pequeña cantidad para la producción agrícola, las comunidades Pancún Ichubamba, Ichubamba Bajo, Retén y Bazán Grande cuentan con sistemas de riego por aspersión, mientras que 24 comunidades utilizan el riego por inundación, sin considerar la topografía del terreno ni el tipo de suelo ocasionando erosión hídrica (GAD de Chimborazo, 2013).

### **2.1.2. Componente biótico**

Debido a su ubicación geográfica existe una gran diversidad de flora presente en la microcuenca. Se evidencia el reemplazo de especies nativas por plantaciones forestales exóticas (pino y eucalipto) debido al interés de la explotación de la madera (GAD de Chimborazo, 2013).

Por otro lado, la fauna nativa al igual que la flora en el territorio está en un proceso de extinción, la razón principal es el avance de la frontera agrícola y en algunos sectores persiste la cacería de venados, zorro y conejos (GAD de Chimborazo, 2013). Las especies de fauna que se han identificado en las zonas de páramo en la parroquia Cebadas: 15 especies de mamíferos, 26 especies de aves, 4 especies de reptiles y anfibios y 1 especie de pez (GAD Cebadas, 2015).

### **2.1.3. Componente socio económico**

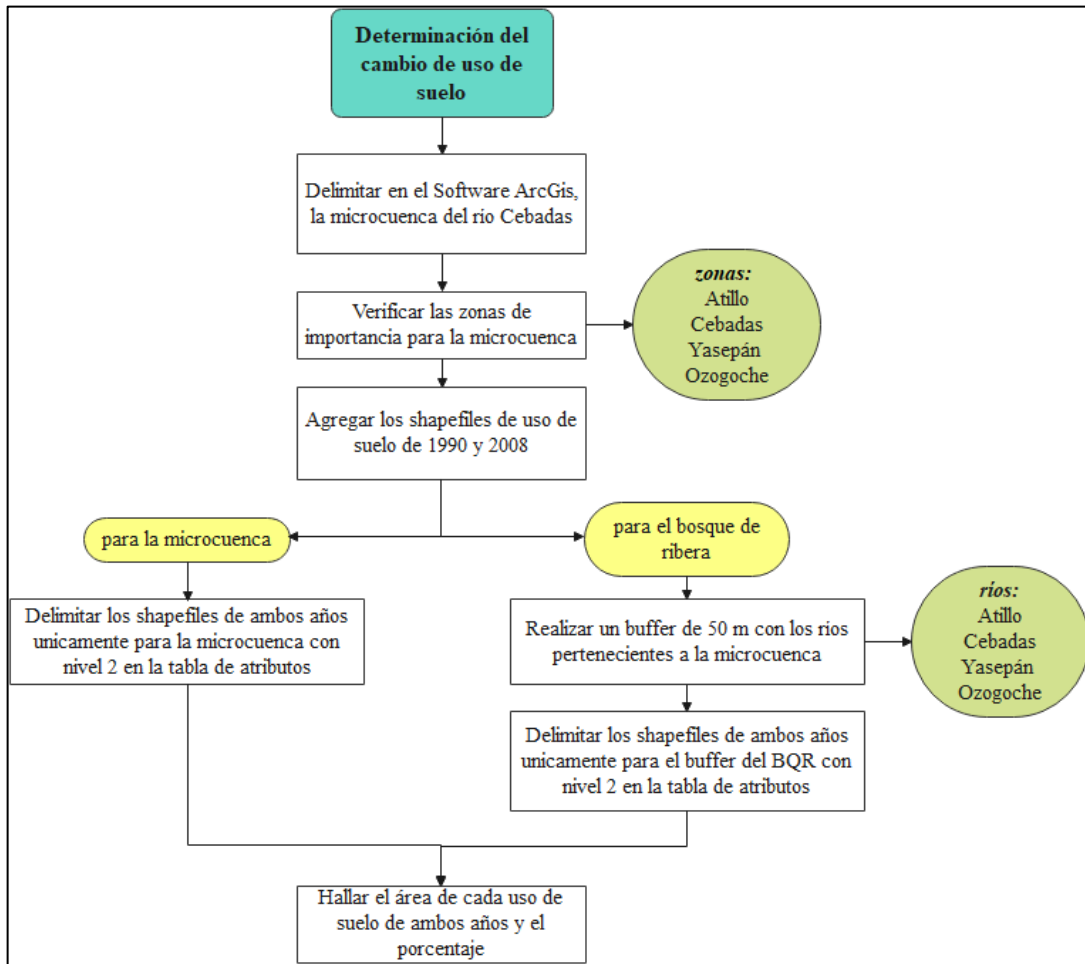
En el último Censo de Población y Vivienda levantada en el año 2010, la parroquia Cebadas posee una población total de 8.218 personas que representa el 18,20% de la población del cantón Guamote (45.153 habitantes) y el 1,79% (458.581 habitantes) en relación a la población total de la provincia de Chimborazo. De esta población, 4.199 personas son mujeres que significa el 51,10% y 4.019 son hombres (48,90%) (GAD Cebadas, 2015).

- **Salud:** Los habitantes de la parroquia de Cebadas acuden al Subcentro de salud que se encuentra en el centro de Cebadas, la cual brinda atención primaria de salud. Además, cuenta con parteras, quienes atienden a madres embarazadas de la parroquia.
- **Educación:** la tasa de asistencia a educación básica de la parroquia Cebadas se ubica en el 92,0; cantidad superior a la registrada en el año 2001, que fue únicamente del 74,4%.
- **Economía:** En la parroquia Cebadas, en función del Censo de población y vivienda 2010, el sector primario abarca 2.632 personas, que representa el 77,6% del PEA total, fundamentalmente en actividades de agricultura y ganadería y el sector secundario o industrial abarca una PEA de 187 personas (5,5% del PEA total) (GAD Cebadas, 2015).

## **2.2. Determinación del cambio de uso de suelo**

Mediante el Software de Sistemas de Información Geográfica ArcGis Pro, de forma preliminar se delimitó la microcuenca del Río Cebadas, en donde se identificaron las 4 zonas de importancia para el estudio: Atillo, Ozogoche, Yasepán y Cebadas ya que pertenecen al espacio fluvial del río Cebadas. Seguidamente se agregaron los shapefiles de los usos de suelo de los años 1990 y 2008 (por la disponibilidad de la información) obtenidos del Informe Final de la Evaluación de la Precisión del Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental 1990, 2000 y 2008 del

Ministerio de Ambiente (2008) , en donde se utilizó el nivel 2 de clasificación para reportar las categorías ya que es más específico, para llevar a cabo un análisis multitemporal del porcentaje cambio de uso de suelo en el bosque de ribera y en la microcuenca del río Cebadas.



**Figura 2-2:** Determinación del cambio de uso de suelo

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

### 2.3. Selección de los puntos de monitoreo

Para el muestreo se consideró el 2% de la superficie de la microcuenca del río Cebadas (área perteneciente al BQR) que integra tres afluentes principales los cuales son: río Atillo, río Ozogoche y río Yasepán, además del río Cebadas. La población de estudio fue de 1467 ha correspondientes a parcelas de bosque de ribera (50 m x 100 m x cada orilla) de la microcuenca.



### **2.3.1. Selección de la muestra**

La selección de la muestra consideró un proceso probabilístico, con selección sistemática de parcelas de estudio (conglomerados), donde la población de estudio será dividida en estratos y se seleccionará una muestra por cada tipo, para después tomar una muestra aleatoria simple de cada uno de los estratos, calculados a partir de la  $n$  muestral propuesta por Walpole (2012, p.127). La ecuación fue establecida bajo criterios de: coeficiente de varianza de 11.5%, 95% de confianza y 5% de error.

$$N = (Z^{\alpha/2})^2 * \sigma^2 * N \quad (1) \quad \text{(Ec.1-2)}$$

$$n = (N - 1) * e^2 + (Z^{\alpha/2})^2 * \sigma^2 \quad \text{(Ec.2-2)}$$

**Donde:**

$Z^{\alpha/2} = 1.96$  correspondiente al 95% de confiabilidad

**Error** = 0.05

**n** = población

### **2.3.2. Criterios de selección**

Para seleccionar la ubicación de los puntos:

- Se Anularon zonas con pendientes mayores a 35° por la dificultad de acceso para monitoreo
- Se ubicaron tomando en cuenta zonas con cambio de uso de suelo y sin cambio según el análisis multitemporal previo.
- Se complementó la selección de los puntos con reconocimientos in situ de la zona de los afluentes ya mencionados del río Cebadas ya que los usos de suelo comparados fueron de años lejanos al actual y podrían representar nuevos cambios significativos.
- Se tomó en cuenta lugares con asentamientos y sin asentamientos humanos.
- Se tomó en cuenta actividades agrícolas y ganaderas en la zona de estudio.

Cada punto de monitoreo se Geo-Referenció con GPS, y posteriormente se analizó estos datos con el Software de SIG (Sistema de Información Geográfica).

## **2.4. Determinación de la calidad del suelo del QBR**

El monitoreo de los suelos del bosque de ribera se realizó mediante una pala hoyadora, recolectando muestras a dos profundidades: de 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm, en cada conglomerado

se tomaron de forma perpendicular a la orilla del río dentro de los 100 metros que corresponden al margen de bosque de ribera. Se recolectaron un total de 40 muestras compuestas de suelo de aproximadamente 500g ([ANEXO F](#)), en las cuales se analizaron sus propiedades físicas y químicas indicadas en la Tabla 2.

**Tabla 2-2:** Métodos de análisis de características físicas y químicas del suelo del boque de ribera

Parámetro/característica	Método	Referencia
pH	<i>Potenciométrico</i>	(USDA, 1999)
Conductividad eléctrica (CE)	<i>Conductividad eléctrica</i>	(USDA, 1999)
Textura	<i>Hidrómetro bouyocus</i>	(Flores & Alcalá, 2010)
Color	<i>Libro de Munshell</i>	(Jaramillo, 2002)
Densidad real (DR)	<i>Picnómetro</i>	(Gómez, 2013)
Densidad aparente (DA)	<i>Cilindro de volumen conocido</i>	(Flores & Alcalá, 2010)
Porosidad	<i>Método gravimétrico</i>	(FAO, 2009)
Materia orgánica (M.O)	<i>Método de ignición (LOI)</i>	(Hoogsteen et al., 2015)
Carbono orgánico (C.O)	<i>Método de ignición (LOI)</i>	(Hoogsteen et al., 2015)
Humedad del suelo	<i>Método gravimétrico</i>	(Flores & Alcalá, 2010)

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

## 2.5. Determinación de caudales

Para la determinación de caudales se utilizó la metodología establecida, que emplea el Método de sección por velocidad ([ANEXO E](#)). Esta metodología consiste en medir la velocidad en diversos puntos de la sección transversal del río. A la par 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:

$$Q = A \times V \quad \text{(Ec.3-2)}$$

**Donde:**

**Q**= Caudal del agua, en m<sup>3</sup>/s

**A**= Área de la sección transversal, en m<sup>2</sup>

**V**= Velocidad media del agua en, m/s

Antes de estimar el área de la sección y la velocidad se debe tener en cuenta lo siguiente:

### 2.5.1. Determinación de la sección

Para calcular el área de sección se debe tener en cuenta las condiciones del cauce, donde se utilizará un tubo graduado con escalas de medidas en metros para determinar las profundidades de la sección transversal. Una vez realizadas las medidas se debe colocar estacas en cada una de las orillas para determinar el ancho del río o el espaciamiento que existe entre cada una de las áreas determinadas. Finalmente se genera el área por cada tramo, la cual se calcula con la siguiente fórmula:

$$A1 = \frac{a+b}{2} \times L + A2 = \frac{a+b}{2} \times L \dots \quad (\text{Ec.4-2})$$

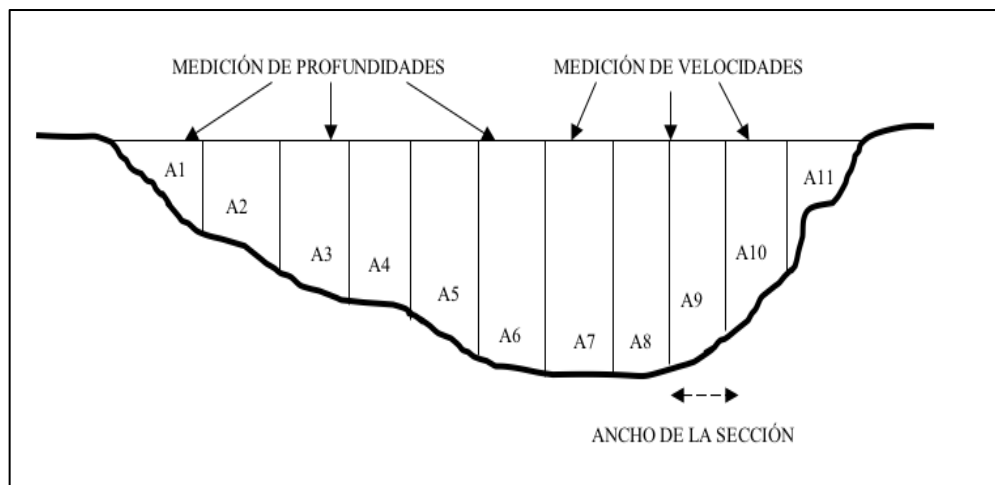
**Donde:**

**A1=** Área de la sección, en m<sup>2</sup>

**a=** profundidad inicial del tramo, en m

**b=** profundidad final del tramo, en m

**L=** Ancho de la sección, en m



**Figura 3-2:1** Secciones parciales de un cauce

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Para calcular el área total del cauce del río aplicamos la siguiente fórmula:

$$\text{Área total} = \Sigma A1 + A2 \dots \quad (\text{Ec.5-2})$$

### 2.5.2. Determinación de la velocidad por medio del molinete

Esta medición se efectuó por medio de un molinete que determina las velocidades a través del equipo *Correntometro digital global water FP11*, este equipo sirve para medir caudales en canales abiertos, posee una hélice que gira al chocar con el agua de la corriente. El movimiento de la rotación de la hélice es más rápido cuanto mayor sea la velocidad de la corriente de agua.

Los métodos para obtener velocidades medias en cada área parcial fue el *Método de varios puntos que* consiste en hacer una medición superficial y una cercana al fondo del río, donde se puede intercalar mediciones adicionales entre distintos intervalos de profundidad. El promedio de todas estas mediciones será nuestra velocidad media.

Una vez calculados los caudales en cada sección del río se procede a realizar una suma de todos los caudales para obtener un caudal total.

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots \quad (\text{Ec.6-2})$$

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

$$Q_{final} = Q_{total} \times \eta \quad (\text{Ec.7-2})$$

**Donde:**

**Q total**= La suma de todos los caudales en las distintas secciones del río, en m<sup>3</sup>/s

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

### 2.6. Determinación del índice QBR-And (calidad del bosque de ribera)

Se obtuvo la evaluación de la vegetación de ribereña en cada zona de muestreo, mediante la observación en campo de tres transectos perpendiculares a la orilla de 100 m lineales, utilizando fichas de observación ([ANEXO A](#)) ([ANEXO B](#)) para variables cualitativas consideradas en el método propuesto por Acosta (2009, p.91). Se registró la información en cuatro categorías que

recogen distintos componentes y atributos de las riberas: cubierta vegetal, estructura de la vegetación, naturalidad y complejidad del bosque ribereño y grado de alteración del canal fluvial; estableciendo una calidad buena y en estado natural con un valor de mayor a 96; de 90 – 76 una calidad buena de bosque con ligeras perturbaciones; de 75 – 51 con una calidad aceptable pero con inicio de una alteración importante; con valores de 26 – 50 con una mala calidad y con alteración fuerte; y < 25 con una calidad pésima y degradación extrema; como se describe en la Tabla 3 (Flores et al., 2020, p.78).

En el índice QBR-And cada apartado se puede obtener una puntuación máxima de 25 y el total del QBR-And para una ribera tipo 3 perfectamente conservada sería de 100. Sin embargo, para las riberas tipo 1 y 2 al no obtener directamente la puntuación máxima, por falta de evaluación de uno (tipo 2) o tres de sus apartados (tipo 1), los valores de cada apartado tendrán que ser ponderados de modo que indirectamente alcancen el valor máximo y así poder ser comparados con las riberas de tipo 3 (Acosta et al., 2009, p.91).

**Tabla 3-2:** Rangos de calidad según el índice QBR-And

<b>RANGOS DE CALIDAD SEGÚN EL ÍNDICE (QBR-And)</b>	
Vegetación de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥96
Vegetación ligeramente perturbada, calidad buena	76-95
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	51-75
Alteración fuerte, mala calidad	26-50
Degradación extrema, calidad pésima	≤25

Fuente: (Acosta et al., 2009).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

## 2.7. Determinación del índice ABI

### 2.7.1. Muestreo de macroinvertebrados

El muestreo de macroinvertebrados acuáticos se realizó en el periodo de estiaje. Según los lineamientos para el biomonitorio de macroinvertebrados acuáticos de Darrigan et al. (2007) en cada uno de los puntos de monitoreo, tomando 3 muestras aleatorias a lo largo de un transecto de 50m, con una red tipo D de 50cm de abertura con orificios de malla de (250-300um), el muestreo se llevó a cabo en cada uno de los microhábitats del transecto seleccionado en cada punto, haciendo énfasis en la zona bentónica conformada por el tipo de sustrato (rocas, arena, lodo, bloques), sedimento y moviendo la hojarasca y troncos ([ANEXO H](#)).

### ***2.7.2. Colecta de macroinvertebradas in situ***

#### **❖ Del sedimento**

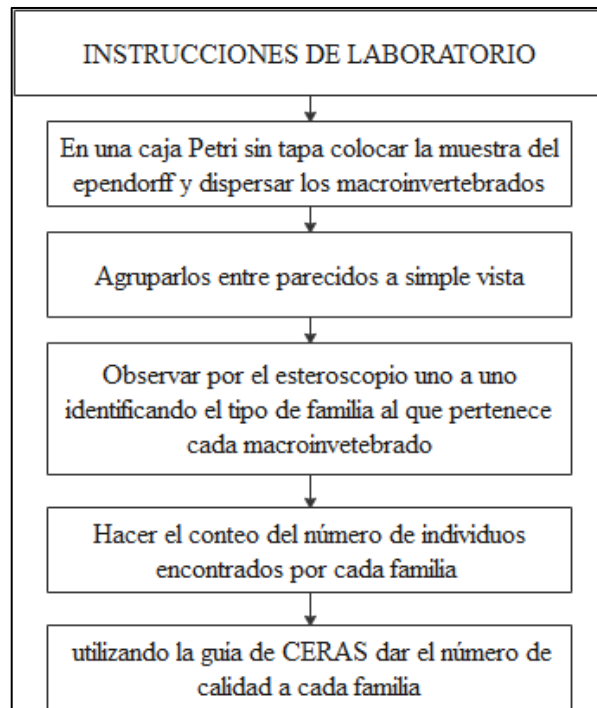
1. Se removió el sedimento y la hojarasca del río con el pie, aguas abajo a 1m aproximadamente, otra persona con la red tipo D en dirección a la corriente atrapó el sedimento y los macroinvertebrados desprendidos de la hojarasca y sedimento, por lo general trepadores, nadadores, buceadores y excavadores.
2. Se movió vigorosamente la red para filtrar el agua (se debe dejar una pequeña cantidad de esta).
3. Se colocó el sedimento retenido en una bandeja blanca (repetir este paso si hay poco sedimento), este proceso se repitió por triplicado.
4. En una charola blanca se fue revisando poco a poco el sedimento, extrayendo los macroinvertebrados presentes, se los guardó en tubos eppendorf con contenido de alcohol al 70% con la ayuda de pinzas metálicas y pinceles finos.

En el caso de ser complicada la recolección in situ, se puede guardar el contenido de la bandeja blanca en fundas ziploc debidamente etiquetadas, agregando un aproximado de 100mL de alcohol al 70% en cada funda para la conservación de la muestra.

#### **❖ De rocas**

1. Para la recolección de macroinvertebrados de rocas grandes se fue levantándolas o moviendo levemente una por una para obtener en su mayoría macroinvertebrados de tipo reptadores o agarradores y con la pinza metálica se los recolectó.
2. En el caso de pequeñas y medianas piedras o rocas y troncos, se los colocó en bandejas para proceder a lavarlos y recolectar los macroinvertebrados; a continuación, a cada individuo se lo colocó en tubos eppendorf con alcohol al 70% debidamente etiquetados.

### 2.7.3. Instrucciones en laboratorio.



**Figura 4-2:** Instrucciones en laboratorio

Realizado por: (Duchicela K y Ribera I, 2022).

Ver ([ANEXO H](#)).

### 2.7.4. Materiales y equipos

**Tabla 4-2:** Materiales y equipos

PARA CAMPO	PARA EL LABORATORIO
Red tipo D	Tubos Eppendorf
Bandejas blancas	Guía de identificación
Fundas ziplock	Pinza
GPS	Alcohol (70%)
Tubos Eppendorf	Estereoscopio
Red de mano o colador	Agujas
Lupa	Caja Petri
Pinza	Estereoscopio
Mascarilla	Gotero
Guantes	Alcohol (95%)
Botas de caucho	Guías de identificación de macroinvertebrados

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

### 2.7.5. Evaluación del índice ABI

Se realizó el conteo por punto de cada macroinvertebrado acuático haciendo uso de un estereoscopio, según el protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S) tomando en cuenta hasta el nivel taxonómico de familia y en ocasiones el orden se llenó la matriz de laboratorio ([ANEXOD](#)), los cuales dependiendo la clasificación tienen un puntaje asignado de calidad ABI, como se puede ver en la siguiente tabla ordenado por puntaje de clasificación:

**Tabla 5-2:** Puntajes establecidos de familias de macroinvertebrados acuáticos por índice ABI

Familia	Puntajes
Hydridae, Grypoperygidae, Leptophlebiidae, Perlidae, Anomalopsyshidae, Calamoceratidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae, Odontoceridae, Blephariceridae	10
N/A	9
Hydrobiosidae, Leptoceridae.	8
Leptohyphidae, Neumoridae, Curculionidae, Ecnomidae, Limnephilidae, Blephariceridae.	7
Hyalellidae, Corydalidae, Hydroptilidae,	6
Planariidae, Elmidae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Hydropsychidae, Simuliidae.	5
Baetidae, Pyralidae, Ceratopogonidae, Dolichopodidae, Empididae, Tabanidae, Tipulidae, Limoniidae.	4
Haplotaxidae, Lymnaeidae, Planorbiidae, Sphaeriidae, Staphylinidae, Psychodidae	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae	2
Glossiphoniidae,	1

**Fuente:** (Encalada et al., 2011).

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Para el rango de ABI se sumó los puntajes de ABI por cada familia encontrada en el punto, posterior a ello se encasilló el valor del punto en alguno de los rangos de ABI de la siguiente tabla:

**Tabla 6-2:** Rangos de calidad según el índice biótico andino (ABI)

RANGOS DE CALIDAD SEGÚN EL INDICE BIOTICO ANDINO (ABI)	
Muy Bueno	> 96
Bueno	59 -96
Regular	35-58
Malo	14-34
Pésimo	<14

**Fuente:** (Acosta et al., 2009)

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).



## 2.8. Determinación del índice Shannon Wiener

Para el índice de Shannon Wiener (diversidad alpha) (la abundancia), se toma en cuenta la hoja de datos con la taxonomía de todos los tipos de familias de macroinvertebrados acuáticos identificadas durante la investigación y la cantidad presente en cada punto monitoreado. Presenta un rango de valores típicamente entre 1,5 indica baja diversidad al 3,5 diversidad alta (Anderson y Davis, 2013, p.69).

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

$$H = \sum p_i \ln p_i \quad (\text{Ec.8-2})$$

**Dónde:**

**H:** Índice de Shannon-Wiener

**p<sub>i</sub>:** Abundancia proporcional de las i-ésimas especies, es igual a (n/N)

**n<sub>i</sub>:** Número de especies de un área particular

**N:** Número de individuos de todas las especies

## 2.9. Determinación del índice de simpson

El índice de dominancia de Simpson determina la abundancia de las especies más frecuentes, en conclusión, describe a la mayor cantidad de especies representadas en la muestra total de individuos (Pino et al., 2003, p.53).

La fórmula que utilizamos correspondió a  $1 - D$ ,

$$\text{Siendo } D = \sum p_i^2 \quad (\text{Ec.9-2})$$

**Donde:**

**p<sub>i</sub>** = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie y dividido entre el número total de individuos de la muestra (Moreno, 2001, p.48).

## 2.10. Determinación del IHF

Para evaluar cualitativamente el hábitat en función de la heterogeneidad y diversidad de estructuras físicas del hábitat (Smith y Smith, 2000, p.136) se determinó este índice. Lo que se realizó fue llenar la ficha de campo ([ANEXO J](#)) tras varias observaciones y visitas de campo, en cada punto se tomó tres transectos perpendiculares a la orilla de 100 m lineales, en donde se

resaltan los parámetros: inclusión de rápidos/pozas, frecuencia de rápidos, composición del sustrato, regímenes de velocidad/profundidad, porcentaje de sombra del cauce, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática; de los cuales se obtiene una puntuación final que se debe sumar por cada bloque mencionado y luego el total, entregando rangos que van desde óptima a mala calidad, como se puede ver en la siguiente Tabla.

**Tabla 7-2:** Rangos de calidad según el índice de hábitat fluvial (IHF)

RANGOS DE CALIDAD SEGÚN EL ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (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:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

## 2.11. Determinación del índice ECOSTRIAND

Para la determinación de este índice se relacionó los valores obtenidos de: el índice de calidad de bosque de Ribera andino QBR-And realizado en Guayllabamba, Ecuador y el índice ABI, para obtener rangos de calidad entre muy bueno, bueno, regular, malo y pésimo.

**Tabla 8-2:** Rangos de calidad según el índice ECOSTRIAND

RANGOS DE CALIDAD SEGÚN EL ÍNDICE ECOSTRIAND			
ABI	QBR-And		
	>75	45-75	<45
> 96	MUY BUENO	BUENO	REGULAR
59 -96	BUENO	REGULAR	MALO
35-58	REGULAR	MALO	PÉSIMO
< 35	MALO	PÉSIMO	PÉSIMO

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

## 2.12. Caracterización físico-química y microbiológica del agua

El muestreo de agua se realizó en los puntos de monitoreo ya establecidos, en la época seca o de estiaje correspondiente al mes de noviembre ([ANEXO G](#)), tomando un número total de 20 muestras a lo largo de la microcuenca del río Cebadas. De acuerdo al protocolo de muestreo y conservación de muestras Standard Methods 1060 para parámetros físico-químicos y Standard

Methods 901 para análisis microbiológico se realizaron los análisis que se muestran en la Tabla 9

#### ***-Muestreo Físicoquímico***

Para la toma de muestras de análisis físicoquímicos se considerado previamente los parámetros requeridos para la investigación. Se tomó 1L de agua en botellas de vidrio ámbar, previamente lavadas Para evitar la contaminación de las botellas de ámbar en el río se sumergió al fondo del mismo y se abrió su tapa una vez que esta esté totalmente introducida en el agua, finalmente se cerró evitando que queden burbujas dentro de la botella.

Una vez recolectadas las muestras, se trasladaron en una caja fría 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, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, STD, DBO5, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Sulfatos, Sólidos Totales Disueltos, pH y conductividad. Ver ([ANEXO I](#))

#### ***-Muestreo Microbiológico***

La recolección de muestras de agua para análisis microbiológico se realizó con frascos estériles de plásticos de 100 mL, la muestra fue tomada en la mitad del cauce del río para una mayor representatividad y evitando totalmente tomar de la zona superficial donde se encuentran contaminantes externos. Finalmente se transportaron las muestras en una caja fría para luego llevarlas directamente 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. ([ANEXO I](#))

**Tabla 9-2:** Métodos de análisis de características físico-químicas y microbiológicas del agua

PARÁMETRO	MÉTODO
pH	Standard Methods: 4500-H+B: pH
Conductividad	Standard Methods: 2510- C
Oxígeno Disuelto	Standard Methods No 4500-O B
Temperatura	Standard Methods Ed.22 4500
Nitritos (NO <sub>2</sub> -)	Standard Methods No 4500-NO <sub>3</sub>
Nitratos (NO <sub>3</sub> -)	Standard Methods No 4500-NO <sub>2</sub> -B
Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> )	Standard Methods No 4500-NH <sub>3</sub> -A
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	Standard Methods No 4500-P B5/ 4500-PC
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	APHA Method 4500-SO <sub>4</sub> 2
DBO <sub>5</sub>	Standard Methods No. 5210 B
Turbidez	Método 2130A. Nefelométrico
Coliformes totales y fecales	Standard Methods No. 9222 D y 9222 I
Solidos totales disueltos	Standard Methods 2540B.

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

### 2.14.1. Determinación del índice ICA.

El “ICA” adopta en condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo según el grado de contaminación que exista en el curso de agua de la zona estudiada. Según la clasificación realizada por SNET, (2015) Tabla 13 la calidad de agua de un río puede ser:

**Tabla 10-2:** Criterios de calidad del agua según el ICA

Calidad	Puntuación	Color
Excelente	91 a 100	Blue
Buena	71 a 90	Green
Regular	51 a 70	Yellow
Mala	26 a 50	Orange
Pésima	0 a 25	Red

Fuente: (SNET, 2015).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Para determinar el valor de la calidad de agua en un río, es necesario que se tengan las mediciones de los 9 parámetros que están implicados dentro del cálculo del Índice los cuales son: Coliformes Fecales, pH, (DBO5), Nitratos, Fosfatos, Cambio de la Temperatura, Turbidez, Sólidos disueltos Totales, Oxígeno disuelto.

La determinación numérica del “ICA”, se calcula con técnicas multiplicativas y ponderadas mediante la asignación de pesos específicos ya establecidos por la metodología de BROWN Se realiza una suma lineal ponderada de los subíndices (ICA) o en función a la ponderada multiplicativa. Matemáticamente se expresa como:

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * Wi) \quad (\text{Ec.10-2})$$

$$ICA = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{wi}) \quad (\text{Ec.11-2})$$

**Donde:**

**Wi**= Pesos relativos asignados a cada parámetro (Sub), 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.

Los pesos de los diversos parámetros son:

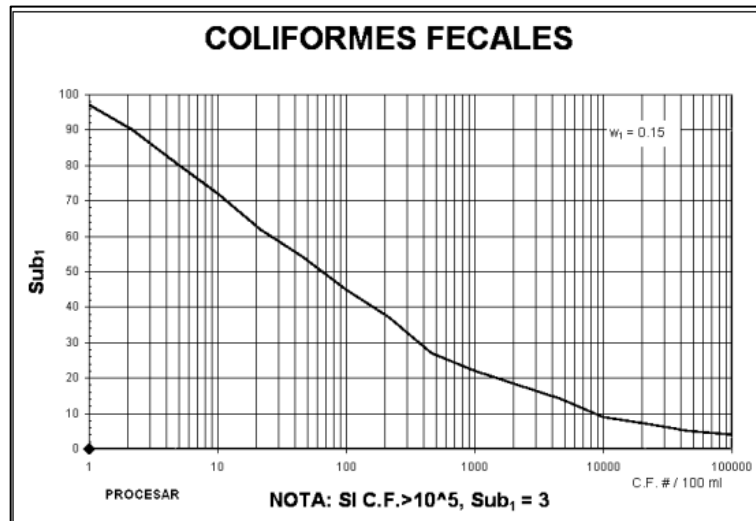
**Tabla 11-2:** Pesos relativos para cada parámetro del “ICA”

i	Sub i	Wi
1	Coliformes Fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO5	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Solidos Totales Disueltos	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los pasos a seguir para calcular los (Sub<sub>i</sub>) del Índice de Calidad General son:

- Si los coliformes fecales son mayores de 100,000 UFC/100mL el puntaje es igual a 3. Si el valor es menor de 100,00 UFC/100mL, se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico 1-2 e interpolar con el valor en el eje de la (Y).

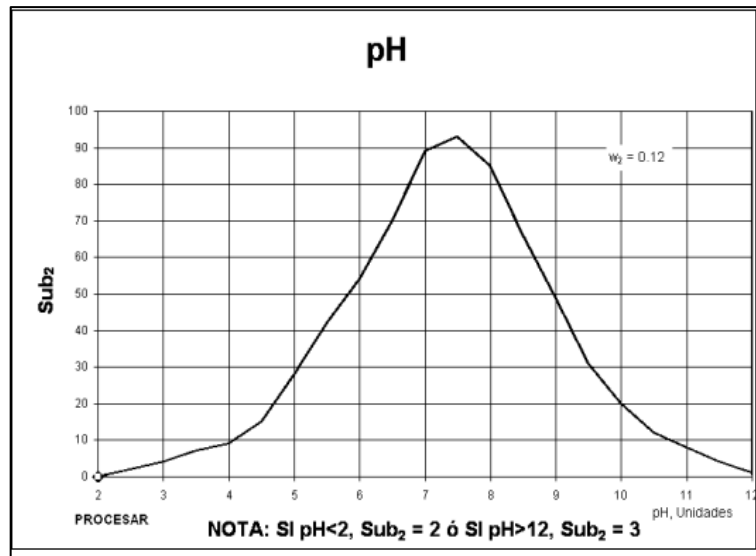


**Gráfico 1-2:** 2Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales

Fuente: (SNET, 2015).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

- Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el puntaje es igual a 2, sí el valor de pH es mayor o igual a 10 unidades el puntaje es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico 2-2 e interpolar con el valor en el eje de la (Y).

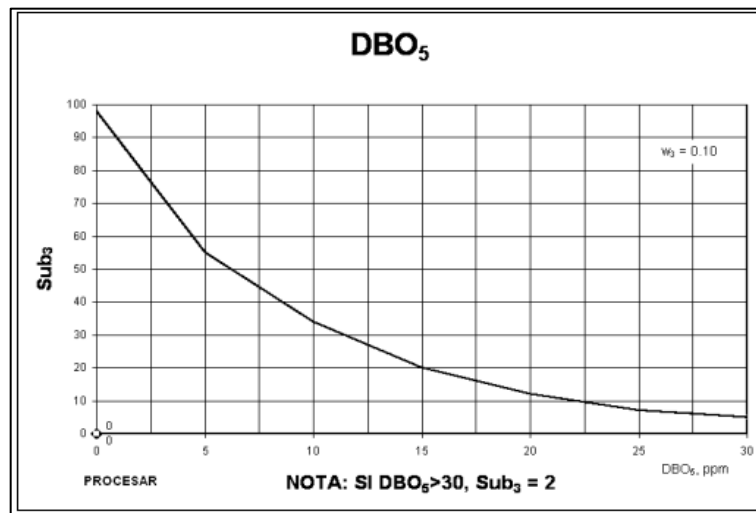


**Gráfico 2-2:** Valoración de la calidad de agua en función del pH

Fuente: (SNET, 2015).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

- Si la DBO5 es mayor de 30 mg/L el puntaje es igual a 2. Si la DBO5 es menor de 30 mg/L se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico 3-2 e interpolar con el valor en el eje de la (Y).

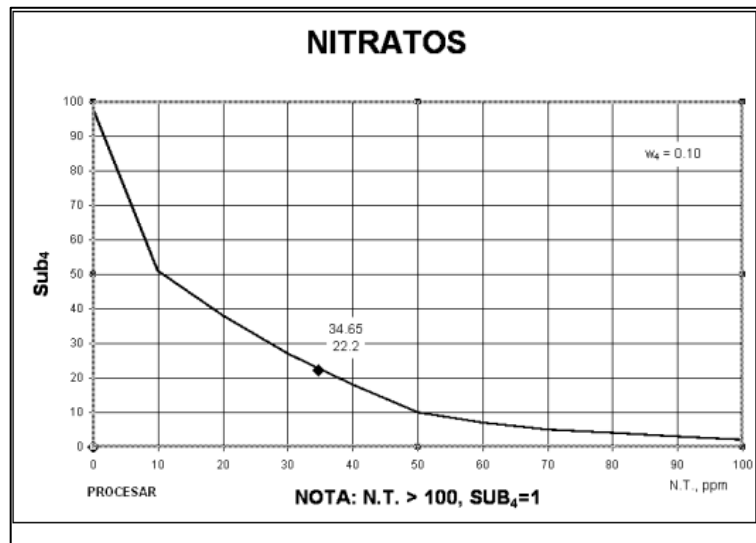


**Gráfico 3-2:** Valoración de la calidad de agua en función de la DBO5

Fuente: (SNET, 2015).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

- Si el valor de Nitratos es mayor a 100 mg/L el puntaje es igual a 2. Si el valor de Nitratos es menor de 100 mg/L se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico 4-2 e interpolar con el valor en el eje de la (Y).

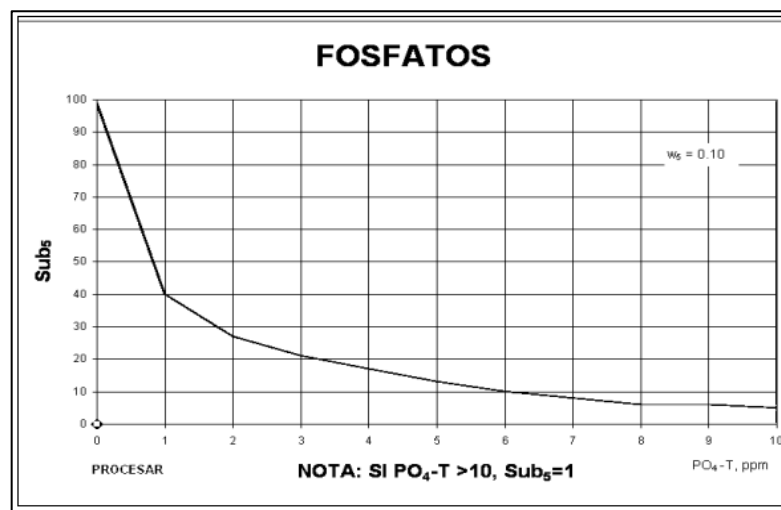


**Gráfico 4-2:** Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno

**Fuente:** (SNET, 2015).

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

- Si el valor de Fosfatos es mayor a 10 mg/L el puntaje es igual a 5. Si valor de Fosfatos es menor a 10 mg/L se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico 5-2 e interpolar con el valor en el eje de la (Y).



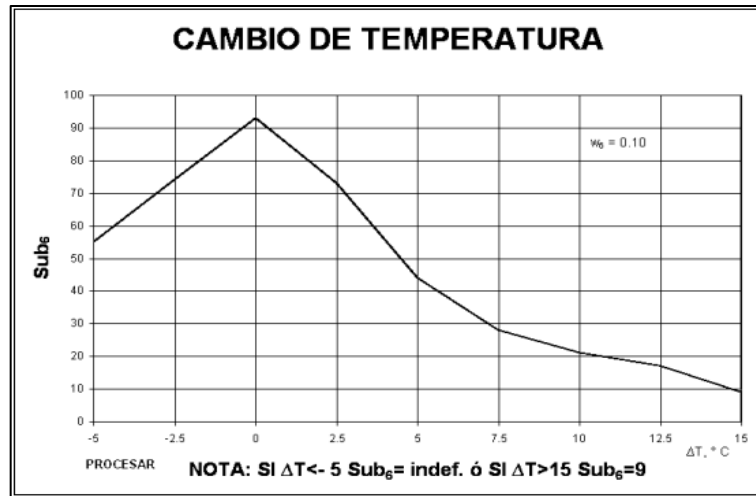
**Gráfico 5-2:** Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo

**Fuente:** (SNET, 2015).

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

- Para el parámetro de Temperatura primero se debe calcular la diferencia entre la T° Ambiente y la T° Muestra y con el valor obtenido determinar. Si nuestro valor de la diferencia es mayor

de 15°C el puntaje es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de 15°C, se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico 6-2 e interpolar con el valor en el eje de la (Y).

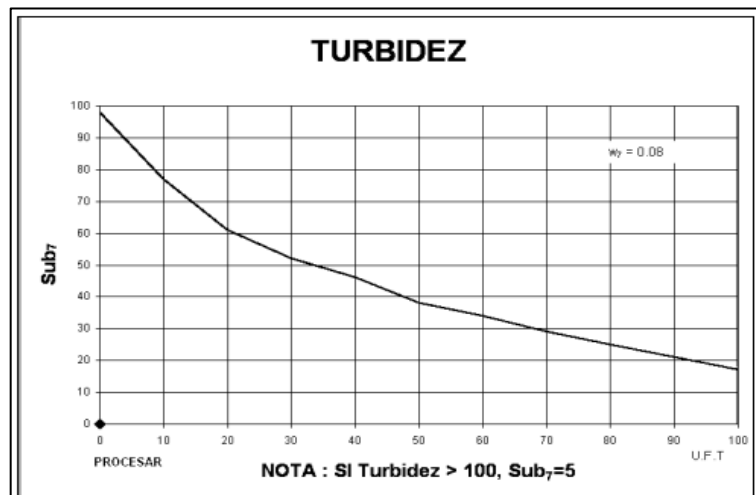


**Gráfico 6-2:** Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura

Fuente: (SNET, 2015).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

- Si la Turbidez es mayor de 100 NTU el puntaje es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 NTU, se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico 7-2 e interpolar con el valor en el eje de la (Y).



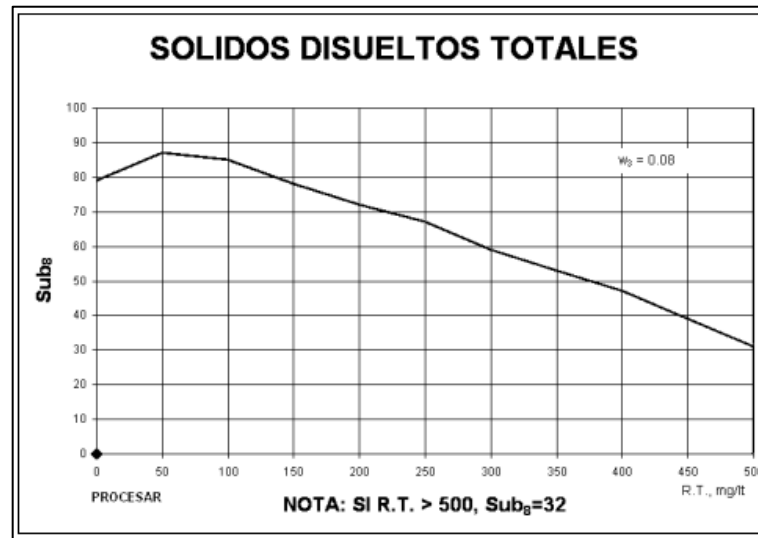
**Gráfico 7-2:** Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez

Fuente: (SNET, 2015).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



- Si los Sólidos Disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el puntaje es igual a 3, si es menor de 500 mg/L, se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico 8-2 e interpolar con el valor en el eje de la (Y).

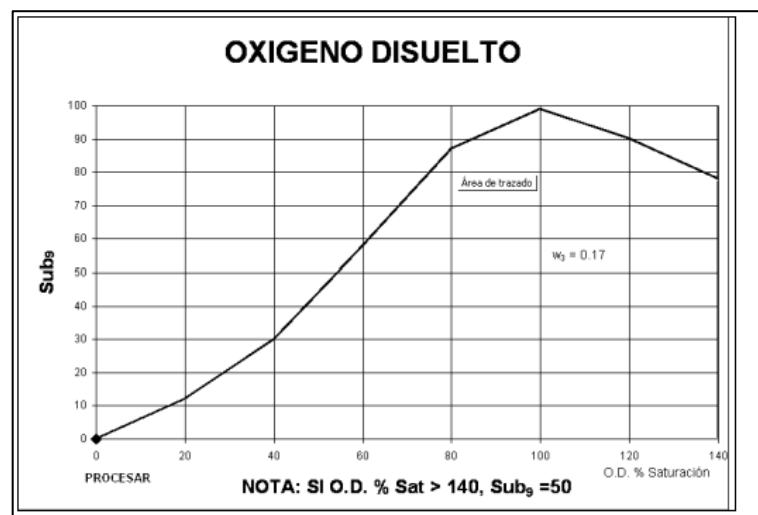


**Gráfico 8-2:6** Valoración de la calidad de agua en función del Residuo Total

Fuente: (SNET, 2015).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

- Si el % de Saturación de OD es mayor de 140% el puntaje es igual a 47. Si el valor obtenido es menor del 140% de Saturación de OD se debe buscar el valor en el eje de la (X) del gráfico 9-2 e interpolar con el valor en el eje de la (Y).



**Gráfico 9-2:7** Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno

Fuente: (SNET, 2015).

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los datos obtenidos se insertan en la página web de la NSF (National Sanitation Foundation) para el cálculo del “ICA”, donde finalmente se obtiene un valor determinado, el cual es multiplicando por la ponderación de cada parámetro con su índice respectivo e interpretado de acuerdo a la tabla que presenta los distintos criterios de calidad del agua.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Microcuenca del Río Cebadas

La microcuenca del río Cebadas está en la región Central de la Sierra del Ecuador, al suroeste de la provincia de Chimborazo, en el cantón Guamote, se encuentra dentro de la subcuenca del río Chambo perteneciente a la cuenca hidrográfica del río Pastaza; consta de una superficie 10.780,23 ha y tiene una distancia aproximada de 47 Km desde su nacimiento a 3246 m.s.n.m. hasta su desembocadura formando el río Chambo a 2865 m.s.n.m. La microcuenca del río Cebadas se ubica en la zona 17 de América del Sur, demarcada por las coordenadas UTM\_WGS84.

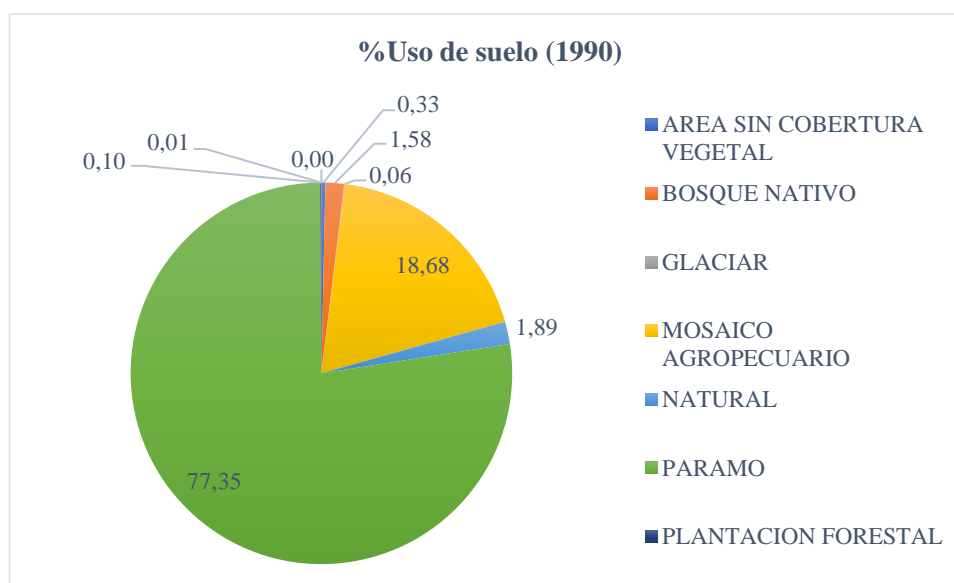
##### 3.1.1. *Cambio de uso de suelos en la microcuenca del río cebadas*

###### 3.1.1.1. *Uso de suelos en la microcuenca del río Cebadas (1990)*

La cobertura y uso de suelo en la microcuenca del río Cebadas en este año presenta las cifras siguientes:

- **Natural:** hace referencia a los cuerpos de agua y representa al sistema lacustre de la microcuenca, en este año tiene una extensión de 1332.14 ha lo que corresponde al 1.89% del área total.
- **Bosque nativo:** hace referencia al porcentaje de bosque originario de la zona representando el 1.89% con un total de 1332.14 ha.
- **Glaciar:** hace referencia a las Nieves perpetuas que se encuentran en lo alto de las montañas de la zona de estudio con un total de 41.69 ha, siendo el 0.06%.
- **Mosaico agropecuario:** representa las zonas de Agricultura con un total D 13146.07 ha, siendo el 18.68% de la microcuenca.
- **Páramo:** representa todos los tipos de ecosistemas de paramo que cubren la microcuenca con 54449.78 ha, siendo la extensión más grande, de 77.35%.
- **Plantación forestal:** representa las plantaciones de árboles como pinos y eucaliptos de la zona, tiene una extensión de 72.18 ha, siendo una pequeña parte correspondiente al 0.10% del total de la microcuenca.
- **Vegetación arbustiva:** hace referencia a cobertura vegetal nativa de arbusto, la cual tiene una extensión de 5.4, representando e 0.01% del total.

- **Pastizal:** corresponde a especies endémicas de pastizal, registrándose 0.07 ha en toda la extensión de la microcuenca representando un porcentaje demasiado bajo.



**Gráfico 1-3:** Microcuenca % uso de suelo (1990)

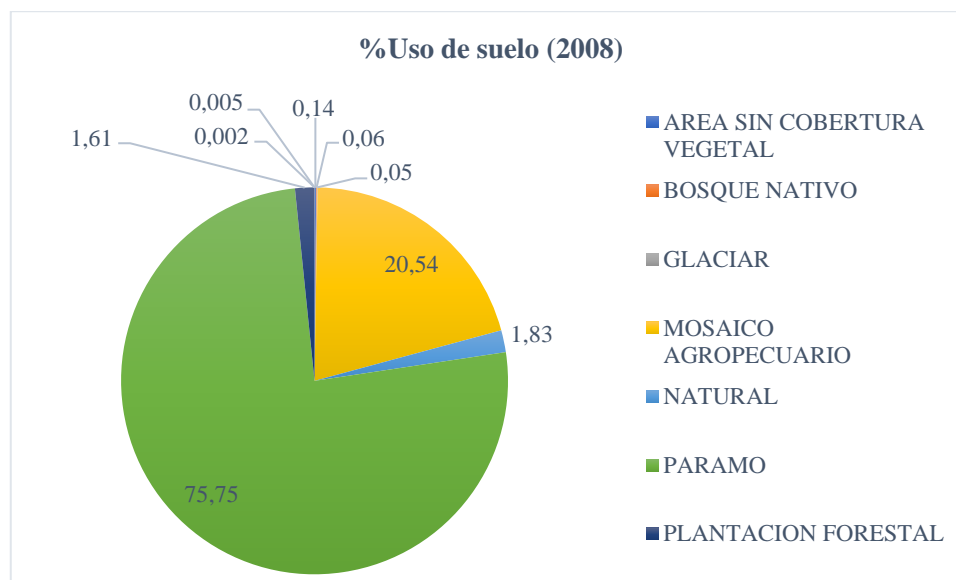
Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

### 3.1.1.2. Uso de suelos en la microcuenca del río Cebadas (2008)

La cobertura y uso de suelo en la microcuenca del río Cebadas en este año presenta las cifras siguientes:

- **Natural:** hace referencia a los cuerpos de agua y representa al sistema lacustre de la microcuenca, en este año tiene una extensión de 1291.42 ha lo que corresponde al 1.83% del área total.
- **Bosque nativo:** hace referencia al porcentaje de bosque originario de la zona representando el 0.06% con un total de 43.96 ha.
- **Glaciar:** hace referencia a las Nieves perpetuas que se encuentran en lo alto de las montañas de la zona de estudio con un total de 35.27 ha, siendo el 0.05%.
- **Mosaico agropecuario:** representa las zonas de Agricultura con un total de 14460.04 ha, siendo el 20.54% de la microcuenca.
- **Paramo:** representa todos los tipos de ecosistemas de paramo que cubren la microcuenca con 53324.00 ha, siendo la extensión más grande, de 75.75%.
- **Plantación forestal:** representa las plantaciones de árboles como pinos y eucaliptos de la zona, tiene una extensión de 1133.75 ha, siendo correspondiente al 1.61% del total de la microcuenca.

- **Vegetación arbustiva:** hace referencia a cobertura vegetal nativa de arbusto, la cual tiene una extensión de 1.44, representando de 0.002% del total.
- **Área poblada:** Corresponde a las zonas donde existen casas o zona urbana con 3.51ha representando el 0.005% de toda la microcuenca.



**Gráfico 2-3:** Microcuenca % uso de suelo (2008)

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

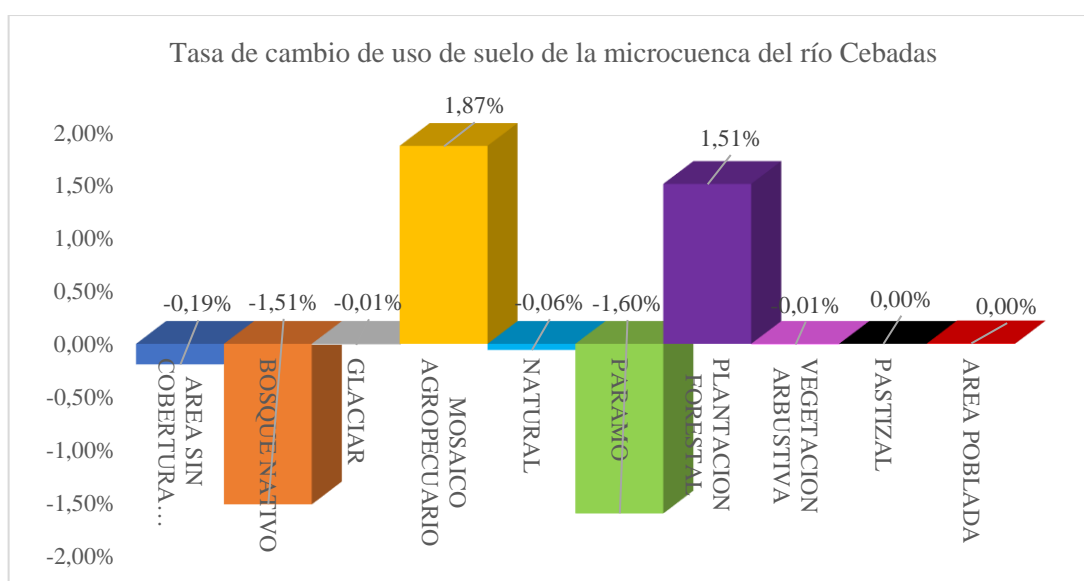
### 3.1.1.3. Cuantificación de la tasa de cambio de uso de suelos en la microcuenca del río Cebadas (1990-2008)

En la microcuenca del río Cebadas se presentan cambios en todos sus usos de suelo. En el caso del pastizal registrado, su existencia y variación es mínima y éste desaparece; en cuanto al área sin cobertura vegetal, bosque nativo, glaciar, natural (que corresponde a los espejos de agua) y páramo, disminuyen su superficie entre estos años, en el caso del glaciar con 0.01% representa el de menor disminución de superficie y por otro lado el páramo tiene una reducción de su superficie del 1.6% siendo la más alta y preocupante por la liberación de CO<sub>2</sub> que se provoca al destrozarse este ecosistema y la inestabilidad de las reservas de agua que esto significa; sumado al aumento del mosaico agropecuario en un 1.87% y de plantación forestal de 1.51%, además de la aparición de zonas pobladas, lo que altera totalmente los ecosistemas nativos de las zonas altoandinas de la microcuenca.

**Tabla 1-3:** Tasa de cambio de usos de suelo de la microcuenca del río cebadas entre 1990 y 2008

CAMBIO DE USOS DE SUELO DE LA MICROCUECA DEL RÍO CEBADAS ENTRE 1990 Y 2008				
DESCRIPCIÓN	% DE 1990	% DE 2008	TASA DE CAMBIO	OBSERVACIÓN
AREA SIN COBERTURA VEGETAL	0.33	0.139	-0.19	DISMINUYE
BOSQUE NATIVO	1.58	0.062	-1.51	DISMINUYE
GLACIAR	0.06	0.050	-0.01	DISMINUYE
MOSAICO AGROPECUARIO	18.68	20.542	1.87	AUMENTA
NATURAL	1.89	1.835	-0.06	DISMINUYE
PARAMO	77.35	75.753	-1.60	DISMINUYE
PLANTACION FORESTAL	0.10	1.611	1.51	AUMENTA
VEGETACION ARBUSTIVA	0.01	0.002	-0.01	DISMINUYE
PASTIZAL	0.0001	0	0.00	DESAPARECE
AREA POBLADA	0	0.005	0.00	APARECE

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 3-3:** Tasa de cambio de uso de suelo de la microcuenca del río Cebadas

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

#### *3.1.1.4. Cuantificación de la transición de uso de suelo entre 1990 y 2008 en la microcuenca del río Cebadas*

La matriz de transición correspondiente a los años de 1990 – 2000, indica que, de las 10.780,23 has del área de estudio, 10.706,38 has mantuvieron su cobertura inicial (99.3%), mientras que el 0,6% restante representa áreas que presentaron un cambio de cobertura, detalladas en la Tabla 7. Las otras coberturas que presentaron cambios son: 72,06 has de vegetación arbustiva se transformaron en otras tierras, y 1,80 has de otras tierras transaccionaron a vegetación arbustiva. En la matriz de transición para la microcuenca del río cebadas entre los años 1992 a 2008 indica que de las 70391.55 ha del total de la extensión, el 88.72% de la extensión mantuvo conservación, por lo tanto no tuvo cambio de uso de suelo, en donde destaca que de este porcentaje el 71.30% se conservó en páramo hasta el 2008 siendo la extensión de uso de suelo más grande de la microcuenca del río Cebadas; cabe recalcar que además el páramo tuvo cambio de uso de suelo a área sin cobertura, bosque nativo, natural, y mosaico agropecuario, destacando este último ya que de las 54449.78ha de páramo iniciales, 3353.2 ha cambiaron a mosaico. Aparecieron zonas de área poblada (3.51 ha) originarias de mosaico agropecuario y desaparecieron las 0.07 ha de pastizales registrados para el año 2008. En cuanto a los otros tipos de uso de suelo todos presentaron cambio hacia otros en mayor proporción a usos como mosaico agropecuario, plantación forestal o páramo, y área sin cobertura vegetal; en menor proporción se evidenciaron cambios a glaciar o bosque nativo. En la siguiente matriz de transición se puede apreciar con **negrita**, las hectáreas de uso de suelo que se mantuvieron de un año a otro:

**Tabla 2-3:** Matriz de transición de la microcuenca del río cebadas entre 1990 y 2008

Transición 1990-2008 (Microcuenca del río Cebadas)		AÑO 2008									
		AREA SIN COBERTURA VEGETAL	BOSQUE NATIVO	GLACIAR	MOSAICO AGROPECUARIO	NATURAL	PÁRAMO	PLANTACION FORESTAL	VEGETACION ARBUSTIVA	PASTIZAL	AREA POBLADA
AÑO 1990	AREA SIN COBERTURA VEGETAL	54.88	0	0	5.04	0	174.79		0	0	0
	BOSQUE NATIVO	0	16.85	0	56.52	1.8	965.38	68.94	0	0	0
	GLACIAR	0	0	17.09	0	0	24.58	37	0	0	0
	MOSAICO AGROPECUARIO	12.47	2.07	0	10982	26.19	1816.4	303.41	0	0	3.51
	NATURAL	0	0	0	54	1177.6	150.17	4.41	0	0	0
	PARAMO	30.81	25.03	18.17	3353.2	85.87	5019.41	744.84	0	0	0
	PLANTACION FORESTAL	0	0	0	57.87	0	2.16	12.15	0	0	0
	VEGETACION ARBUSTIVA	0	0	0	5.4	0	0	0	0	0	0
	PASTIZAL	0	0	0	0	0	0.07	0	0	0	0
	AREA POBLADA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaborado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

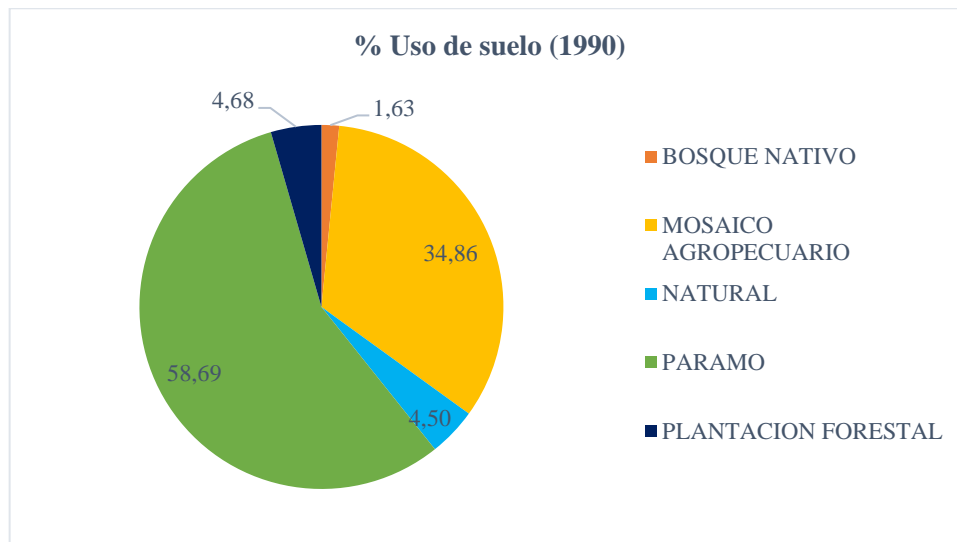
### 3.1.1.5. Uso de suelos en el bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas (1990)

La cobertura y uso de suelo en la microcuenca del río Cebadas en este año presenta las cifras siguientes:

- **Natural:** hace referencia a los cuerpos de agua y representa al sistema lacustre de la microcuenca, en este año tiene una extensión de 66 ha lo que corresponde al 4.5% del área total.
- **Bosque nativo:** hace referencia al porcentaje de bosque originario de la zona representando el 1.63% con un total de 23.96 ha.



- **Mosaico agropecuario:** representa las zonas de agricultura con un total de 511.68 ha, siendo el 34.86% de la microcuenca.
- **Páramo:** representa todos los tipos de ecosistemas de paramo que cubren la microcuenca con 861.43 ha, siendo la extensión más grande, de 58.69%.
- **Plantación forestal:** representa las plantaciones de árboles como pinos y eucaliptos de la zona, tiene una extensión de 4.68 ha, siendo correspondiente al 0.32% del total de la microcuenca.



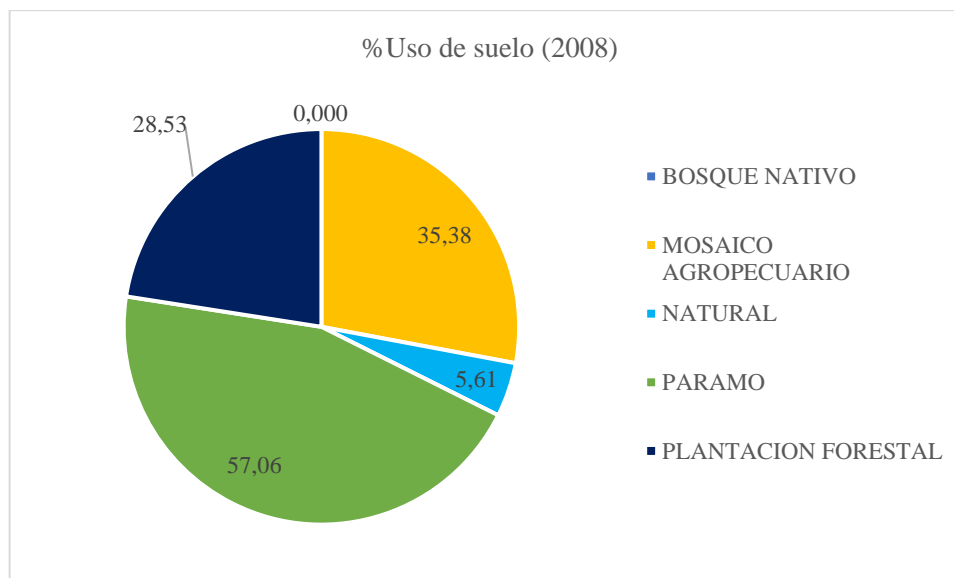
**Gráfico 4-3:** Bosque ribera de la microcuenca % uso de suelo (1990)

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

### 3.1.1.6. Uso de suelos en el bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas (2008)

La cobertura y uso de suelo en la microcuenca del río Cebadas en este año presenta las cifras siguientes:

- **Natural:** hace referencia a los cuerpos de agua y representa al sistema lacustre de la microcuenca, en este año tiene una extensión de 82.31 ha lo que corresponde al 5.61% del área total.
- **Mosaico agropecuario:** representa las zonas de Agricultura con un total de 519.34 ha, siendo el 35.38% de la microcuenca.
- **Páramo:** representa todos los tipos de ecosistemas de paramo que cubren la microcuenca con 837.56 ha, siendo la extensión más grande, de 57.06%.
- **Plantación forestal:** representa las plantaciones de árboles como pinos y eucaliptos de la zona, tiene una extensión de 28.53 ha, siendo correspondiente al 1.94% del total de la microcuenca.



**Gráfico 5-3:** Bosque ribera de la microcuenca % uso de suelo (2008)

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

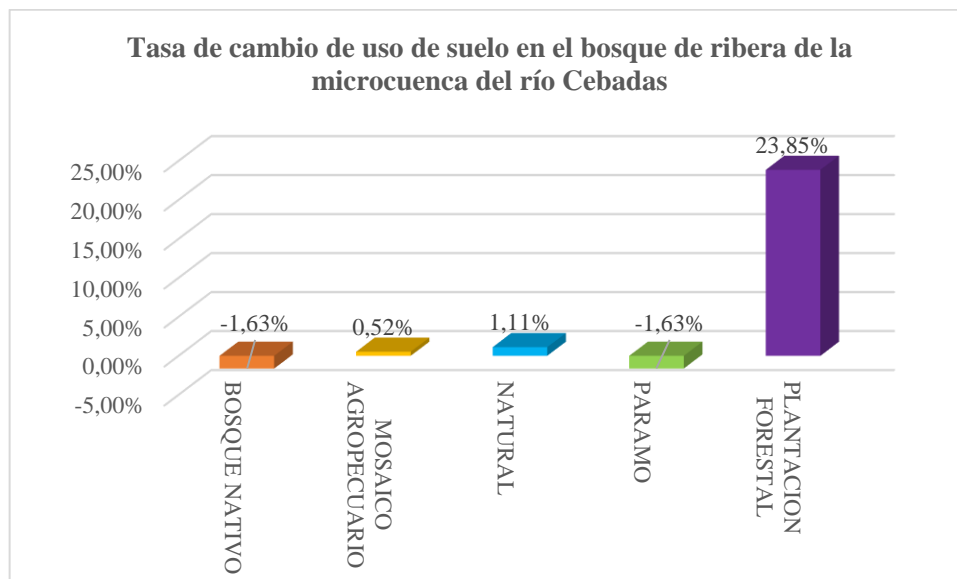
### 3.1.1.7. Cuantificación de la tasa de cambio de uso de suelos en el bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas (1990-2008)

**Tabla 3-3:** Cambios de uso de suelo del bosque de ribera de la microcuenca río cebadas entre 1990 y 2008

CAMBIOS DE USO DE SUELO DEL BOSQUE DE RIBERA DE LA MICROCUENCA RÍO CEBADAS ENTRE 1990 Y 2008				
DESCRIPCIÓN	% DE 1990	% DE 2008	% DE CAMBIO	OBSERVACIÓN
BOSQUE NATIVO	1.63	0.00	-1.63	DESAPARECE
MOSAICO AGROPECUARIO	34.86	35.38	0.52	AUMENTA
NATURAL	4.50	5.61	1.11	AUMENTA
PARAMO	58.69	57.06	-1.63	DISMINUYE
PLANTACION FORESTAL	4.68	28.53	23.85	AUMENTA

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

En los usos de suelo del bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas el 1.63% de bosque nativo registrado desaparece y el páramo se reduce en un 1.63%, por el contrario, aumenta el mosaico agrícola y plantaciones forestales en 0.52% y 23.85% respectivamente, esto se confirma por la presencia de sembríos cercanos a los ríos en Cebadas, y de plantaciones de pino (*pinus radiata*) en Yasepán principalmente, y en algunas zonas de Cebadas. En cuanto a la categoría natural que hace referencia a los espejos de agua, aumenta en un 1.11% lo que es provocado por la reducción del glaciar mencionado anteriormente.



**Gráfico 6-3:** Tasa de cambio de uso de suelo en el bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

### 3.1.1.8. Cuantificación de la transición de uso de suelo entre 1990 y 2008 en el bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas

En la siguiente matriz de transición correspondiente a la transición del uso de suelos entre los años 1990 y 2008 se puede apreciar que del área total de estudio correspondiente a 1467.75 ha, el 76.94% del bosque de ribera mantuvo su cobertura inicial mientras que el 23% restante representa áreas con cambio de uso de suelo. Las coberturas de suelo que presentaron cambio de uso fueron el bosque nativo, el cual cambió por completo a mosaico agropecuario, plantación forestal y páramo. El mosaico agropecuario mantuvo 371.23 ha en el mismo uso de suelo y transaccionó 120.83 ha a páramo, 9.32 a natural y 11.30 a plantación forestal; el Páramo se conservó intacto en un 80.76% y cambió a mosaico agropecuario 16.26% de su extensión, con transición además a natural de 9.91 ha y 15.66 ha cambiaron a plantación forestal; el área correspondiente a natural (cuerpo de agua) mantuvo su extensión casi intacta con 95.59% de conservación y solamente 4.40% cambió a páramo. En matriz de transición se puede apreciar con negrita las hectáreas de uso de suelo que se mantuvieron de un año a otro:

**Tabla 4-3:** Matriz de transición del bosque de ribera la microcuenca del río cebadas entre 1990 y 2008

Transición 1990-2008 (Bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas)		Año 2008				
		BOSQUE NATIVO	MOSAICO AGROPECUARIO	NATURAL	PARAMO	PLANTACION FORESTAL
Año 1990	BOSQUE NATIVO	<b>0.00</b>	4.90	0	17.75	1.33
	MOSAICO AGROPECUARIO	0	<b>371.23</b>	9.32	120.83	11.30
	NATURAL	0	0.00	<b>63.09</b>	2.91	0
	PARAMO	0	140.12	9.91	<b>695.74</b>	15.66
	PLANTACION FORESTAL	0	3.33	0	0	<b>0.26</b>

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

### 3.1.1.9. Interpretación del cambio de uso en la microcuenca y bosque de ribera del río Cebadas

Los resultados del análisis multitemporal permitieron evidenciar diferentes escenarios en cuanto al cambio de uso de suelos, en donde se destaca que la plantación forestal y el mosaico agropecuario fueron los principales actores en el cambio de uso de suelo para el 2008, ocupando espacios de los tipos de cobertura nativos como bosque nativo y páramo. El uso del suelo destinado a la producción agropecuaria en la parroquia Cebadas ha sufrido cambios significativos en los últimos 20 años. En la actualidad por la clasificación supervisada que se realizó en el área de estudio se puede apreciar corroborando lo obtenido en el análisis multitemporal, que en la zona de estudio se realiza la quema de coberturas para la disponibilidad de vegetación fresca para pastoreo frecuente en todas las zonas, además del sembrío de especies de ciclo corto en la ribera del río Cebadas principalmente, dando como resultado la posible afectación sobre las propiedades físicas del suelo y la pérdida de los horizontes de este recurso como sostiene Espinosa (2019, p.87). El mosaico agropecuario ocupa la segunda extensión predominante en el bosque de ribera con 34.86%, lo que es alarmante ya que la presencia de este significa la fragmentación de los bosques y ecosistemas de ribera (FAO, 2020). En la zona de Cebadas predomina el mosaico agrícola por cultivos de frutillas y forraje de pasturas firmes para el pastoreo de ganado, en el caso de Yasepán, Atillo y Ozogoche este último está presente en mayor medida en la ribera del río; lo que es alarmante porque Yasepán y Ozogoche tienen parte de zona de conservación que no se respeta, sumado a que la expansión del mosaico agropecuario es multidireccional superando el límite de los 3.500 msnm, avanzando hasta los 3.800 msnm (GAD Cebadas, 2015).

En la microcuenca y en el bosque de Ribera del río Cebadas la mayor extensión pertenece al páramo para ambos casos, representando el 77.35% para toda la microcuenca y el 58.69% para la extensión de bosque de ribera. Esta cobertura presenta un gran contenido de materia orgánica en los suelos que permiten la captación del agua gradual, lo que contribuye a un suministro más

estable de agua. Cuando el páramo cambia a plantación forestal en el caso del área de estudio como Pino o Eucalipto (GAD Cebadas, 2015), provocan unas grandes demandas de agua en los páramos, contribuyendo a una retención menor de agua, sequía de suelos y pérdida de materia orgánica (Cargua et al., 2014), lo que se traduce a la liberación del carbono orgánico retenido en el suelo siendo un proceso alarmante para el cambio climático (Houghton Woodwell, 1989,p.164) por la liberación de CO<sub>2</sub> creciente a la atmósfera al surgir estos cambios de uso de suelo en el páramo; por ello es necesario destacar que la conservación de páramo permite disponer de sumideros, reservorios de carbono estabilizado (Sánchez et al., 2011, p. 126).

En la microcuenca del río Cebadas se evidencia la presencia de glaciares siendo estos importantes en el ciclo hidrológico ya que el almacenamiento de agua también se produce en el glaciar en forma de nieve y hielo, los cuales están muy fuertemente condicionados por la radiación solar temperatura y cambio climático, asimismo cabe recalcar que el aporte hídrico que el glaciar representa en una Cuenca de ecosistemas altoandinos no es tan significativo porque este trabajo le compete al suelo (Llambí et al., 2012), sin embargo solamente el 21.73% de glaciar se conservó hasta 2008, tomando en cuenta que Ecuador ha perdido el 55,2% de su cobertura glaciar en los últimos 60 años (Alarcón, 2020) es importante destacar que hasta la actualidad, las hectáreas pertenecientes a este sean mucho menores, destacando así la importancia que tienen los glaciares en cuanto a la reducción del cambio climático (Llambí et al., 2012). En la zona de estudio se registraron cambios de uso de suelo que fueron desde un tipo de cobertura nativo o uso de suelo fuertemente alterado como mosaico agrícola a páramo, en el proceso conocido como "paramización" el cual se presenta cuando al abandonar zonas de cultivo o pastoreo, se regenera a páramos secundarios parcialmente degradados en donde predominan algunas especies del páramo mejor adaptadas (gramíneas, frailejones, arbustos esclerófilos, etc.) (Llambí et al., 2012).

### **3.2. Puntos de monitoreo**

En la zona de estudio según la formula establecida por Walpole, considerando un coeficiente de varianza, nivel de error distribuidos de forma aleatoria

Al evaluar los criterios preestablecidos para selección de los puntos de monitoreo en la zona de estudio, se obtuvo un total de 20 puntos a lo largo de la microcuenca del río Cebadas, los cuales se clasificaron con base a dos criterios: afluentes más cercanos y comunidades aledañas al punto. Obteniendo así la siguiente subdivisión.

**Tabla 5-3:** División de los puntos de monitoreo por zonas

PUNTO	COMUNIDAD	RÍO	ZONA
M1-O	Ozogoche Alto	Ozogoche	OZOGOCHÉ
M2-O			
M3-O	Ozogoche Bajo		
M4-O			
M19-O	Puca Totoras		
M5-A	Atillo	Atillo	ATILLO
M6-A			
M7-A			
M8-AO	Asomaná		
M10-Y	Yasepán	Yasepán	YASEPÁN
M11-Y			
M12-Y	Ichubamba		
M13-Y			
M20-Y			
M9-C	Yasepán	Cebadas	CEBADAS
M14-C	Tingo	Tingo	
M15-C		Cebadas	
M16-C			
M17-C		Cebadas	
M18-C			

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Para la descripción de cada uno de los puntos de monitoreo se generó una ficha de campo ([ANEXO L](#)), la cual cuenta con parámetros cualitativos y cuantitativos, basados en el libro de Darrigran et al. (2007) tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Coordenadas geográficas.
- Fecha y hora de las colectas.
- Condiciones climáticas.
- Descripción del punto de monitoreo.
- Cauce del río.
- Registro fotográfico del lecho del río y la vegetación ribereña.
- Tipo de vegetación ribereña.
- Tipos de impactos.

### 3.3. Calidad del suelo del bosque de ribera

**Tabla 6-3:** Calidad de suelo del QBR bosque ribereño (1)

ZONA	PROFUNDIDAD (cm)	HUMEDAD (%)	D.R (g/cm <sup>3</sup> )	D.A (g/cm <sup>3</sup> )	POROSIDAD (%)	pH	C.E (μS/cm)
OZOGOICHE	30	45,60	2,00	0,50	71,60	6,60	43,20
	60	45,20	1,80	0,50	73,00	6,60	43,50
ATILLO	30	43,70	2,20	0,60	74,30	6,20	50,10
	60	44,80	2,30	0,50	80,30	6,40	27,80
YASEPAN	30	25,60	2,20	0,90	59,00	6,80	38,40
	60	28,50	2,40	0,90	62,90	7,00	40,60
CEBADAS	30	16,60	2,50	1,00	58,60	7,40	120,50
	60	20,80	2,60	0,90	65,30	7,50	117,20

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

**Tabla 7-3:** Calidad de suelo del bosque ribereño (2)

ZONA	PROFUNDIDAD (cm)	ARENA (%)	ARCILLA (%)	LIMO (%)	M.O (%)	C.O (%)
OZOGOICHE	30	86,30	3,00	10,70	1,80	5,30
	60	87,40	3,00	9,60	1,00	3,60
ATILLO	30	89,00	3,10	7,90	1,30	5,60
	60	88,60	3,20	8,10	1,40	5,10
YASEPAN	30	83,30	3,60	13,20	0,40	1,40
	60	82,60	4,00	13,40	0,50	1,90
CEBADAS	30	72,60	6,20	21,10	0,30	1,40
	60	74,90	6,30	18,80	0,40	3,50

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

**En la zona de Ozogoiche** se registraron las mejores condiciones físicas y químicas del suelo por ejemplo en parámetros como la M.O se registró un valor del 1.8%, siendo el más alto. Ozogoiche al ser un área en su mayoría de parámo, cuenta con una distribución amplia de bofedales y pajonales que poseen una gran retención de materia orgánica ejerciendo un efecto favorable para la infiltración y permeabilidad, lo cual se relaciona directamente con otros parámetros como: estructura del suelo donde predominan los porcentajes de arena en un 86% y limo en un 10,7% ; la concentración de carbono registra dos valores en función a la profundidad siendo mayor a 30cm con 5.30% y a 60cm con 3,60% ; el porcentaje de humedad se mantiene en un rango de 45 para las dos profundidades. Por otra parte, los valores de densidad aparente y real guardan una estrecha correlación entre si con la M.O disponible en el suelo, registrando los más bajos en comparación al resto de zonas con un 0.50 g/cm<sup>3</sup> para las dos profundidades en D.A (densidad aparente) y un promedio de 1.9 g/cm<sup>3</sup> de las profundidades en D.R (densidad real).

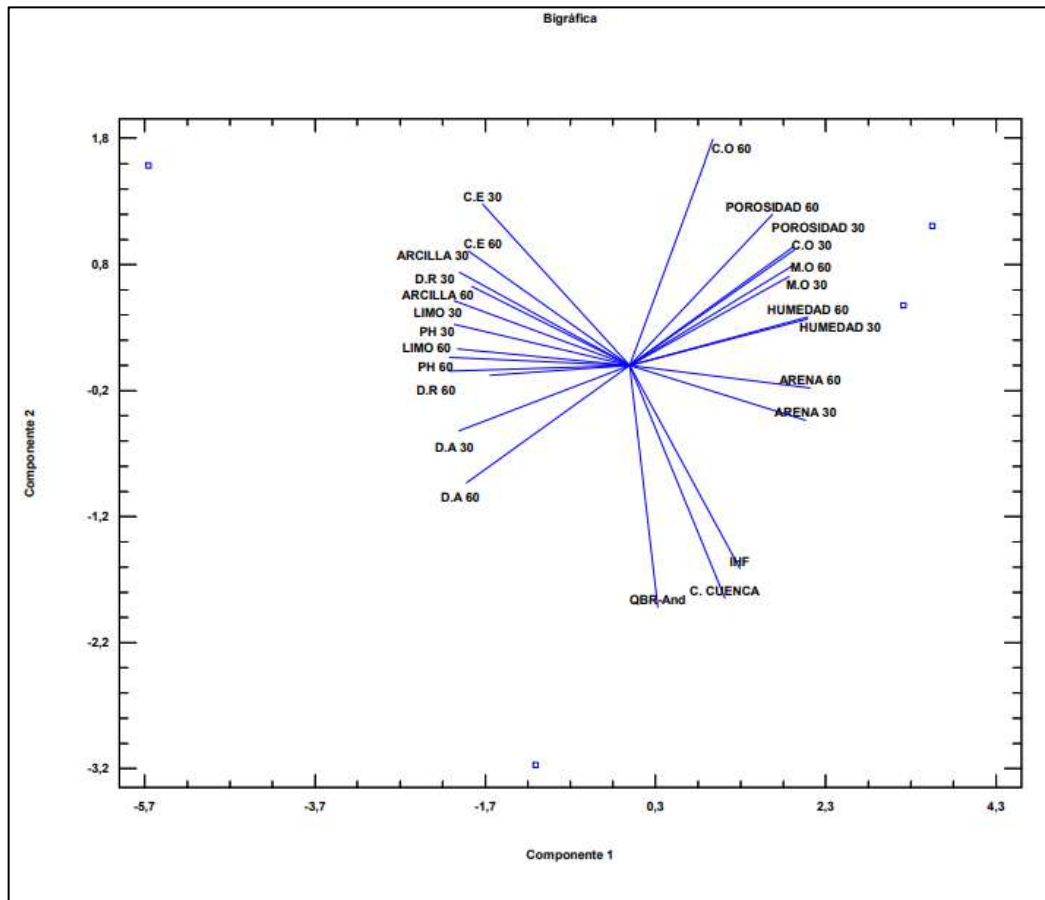
**En la zona de Atillo** el porcentaje mayor de agregado fue con un 89% en arenas para la profundidad de 30 cm, seguido de la arcilla y el limo. En cuanto a la materia orgánica de igual forma se encuentra en cantidades grandes por la presencia de cobertura de páramo siendo mayor a la profundidad de 60 cm con 1.4%, en cuanto al carbono orgánico fue la zona con más presencia de este en un 5.6%, lo que se relaciona una humedad representativa de 44.8% con el mayor porcentaje de porosidad de las 4 zonas de 80.30%. Para la densidad real y aparente registraron valores similares a los de las otras zonas de igual forma en el pH; por último, para la conductividad eléctrica hubo una diferencia significativa entre las dos profundidades de suelo siendo la mayor en la superficie con 50.10 y a 60 cm 27.80  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**En la zona de Yasepán** fue predominante también la arena, sobre todo en el Horizonte A con 83.3% sin embargo en capas inferiores tuvo similar presencia este agregado, seguido por el limo y arcilla. En cuanto a la materia orgánica y el carbono orgánico fueron menores en comparación a las otras zonas con 0.4% de M.O y 1.4% de C.O. Haciendo referencia a la densidad real y densidad aparente se registraron cifras similares a la zona de cebadas con 2.40% y 0.90% respectivamente, en cuanto a la humedad y porosidad del suelo de Yasepán la humedad y porosidad fueron relativamente inferiores al resto; en PH se aprecia un Rango similar de tendencia a la neutralidad y por último la conductividad eléctrica con 38.40  $\mu\text{S}/\text{cm}$  tiene la misma conducta que las otras zonas excluyendo a Cebadas.

**La zona de Cebadas** es la que presenta más variabilidad en cuanto al resto en las características físicas y químicas del suelo, como la humedad con 16.60% siendo la más baja, porosidad 58.60% de la misma forma, en relación con la materia orgánica y carbono orgánico también presentó valores bajos de 0.30% y 1.40% respectivamente. Por el contrario, en Cebadas se notó un incremento en el pH con 7.50 el más alto de todos y en tendencia creciente también la conductividad eléctrica en 117.20. Las características que se registran de forma similar son: la presencia de los agregados en el suelo siendo la mayor de Arenas con 74.90% a 60cm seguido igual forma por el limo (está en mayor cantidad que en las otras zonas) y arcilla; densidad real y densidad aparente.



### 3.4. Correlación de variables de suelo e Índices Ecológicos



**Gráfico 7-3:** Bigráfica de Análisis de Componentes Principales de Suelo e índices ecológicos

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Se puede observar en el gráfico 7-3 la correlación que existe entre las varianzas de los distintos parámetros de suelo e índices ecológicos. En cuanto a los índices se puede deducir que tanto QBR-And, las condiciones de la Cuenca y el IHF guardan una estrecha relación y son directamente proporcionales entre sí, no presentan alguna relación inversa, pero son dependientes con los parámetros de calidad del suelo. Se pueden apreciar 3 agrupaciones y por tanto se tienen 3 componentes principales para la explicación de la relación de variables:

*Componente principal 1:* los principales aportadores para este componente son los agregados del suelo como % de arenas, %arcilla y %limo, pH, D.A (densidad aparente).

*Componente principal 2:* conformado por sus principales aportadores los cuales son QBR-And. IHF y condiciones de la Cuenca como índices, se encuentran de forma complementaria a las variables de suelo analizadas porque estas se establecieron en rangos a diferencia de las otras variables que fueron analizadas por porcentaje y cantidades.

*Componente principal 3:* es representado principalmente por porosidad, humedad y % de arenas, como además incluye las variables de materia y carbono orgánico se puede relacionar este componente con la escorrentía o infiltración.

Con base en lo esclarecido en el gráfico cabe recalcar que las características del suelo en los páramos andinos son muy variables (Quichimbo et al., 2012), en su mayoría presentan una combinación de materia orgánica y ceniza volcánica, por lo cual los cambios en su composición se producen lentamente, de forma general suelen ser de origen glaciario y volcánico, mientras mayor es la altitud, los suelos tienden a ser más rocosos y menos profundos, con un alto porcentaje de arena (Llambí et al., 2012). El contenido de arena y arcilla en la estructura del suelo de estos ecosistemas, son factores que influyen en el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo, así como la temperatura y materia orgánica (USDA, 1999) como es el caso de la zona de estudio en el que se evidencia de forma gradual que la zona más alta (Ozogoche) tiene mayor porcentaje de arena que la zona más baja (Cebadas); en donde interviene la densidad aparente (D.A) ya que se ve afectada por las partículas sólidas y el espacio poroso, de modo que con el aumento de Materia Orgánica (M.O) del suelo tanto la densidad aparente como real disminuye, lo que se evidencia en las zonas de Ozogoche y Atillo en donde se registró el mayor porcentaje de materia orgánica, lo que facilita al suelo mecanismos de absorción de sustancias peligrosas como los plaguicidas (Julca et al., 2006) y por el contrario la densidad real y aparente son menores que en las otras dos zonas de Yasepán y Cebadas.

Los suelos ricos en materia orgánica tienen mayor porosidad y por lo tanto retienen un mayor volumen de agua (Martínez et al., 2008) en general los suelos de páramo poseen valores de porosidad altos entre 60 a 90% similares a los de la zona de estudio llevan desde 59% en la zona de Yasepán en una profundidad de 60 cm, hasta 80.3% en Atillo, los cuales están asociados directamente con su baja densidad aparente, debido a que a medida que la densidad aparente aumenta, se reduce la porosidad del suelo por ello en Cebadas y Yasepán que registran la menor porosidad, tienen la densidad aparente mayor y un contenido de carbono orgánico inferior al resto, lo que se traduce a una capacidad de retención menor de agua en estas dos zonas (Martínez et al., 2008), por lo que Ozogoche y Atillo al presentar menor densidad aparente y mayor M.O y C.O se los reconoce como un tipo de depósito que contiene más carbono y por lo tanto, mejor calidad del suelo (Lahuatte Recalde, 2015, p.82), tal que como menciona (Cargua et al., 2014, p.116) tienen mayor contenido de carbono que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera, sin embargo, la densidad aparente baja no indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas (FAO, 2021).

La calidad del suelo en pastos naturales altoandinos está influenciada por la gradiente altitudinal y la temperatura del suelo, de tal forma que, al incrementarse la altitud, el suelo presenta mejores cualidades tanto físicas como químicas, destacando la condición de suelo de la zona de Ozogoche.

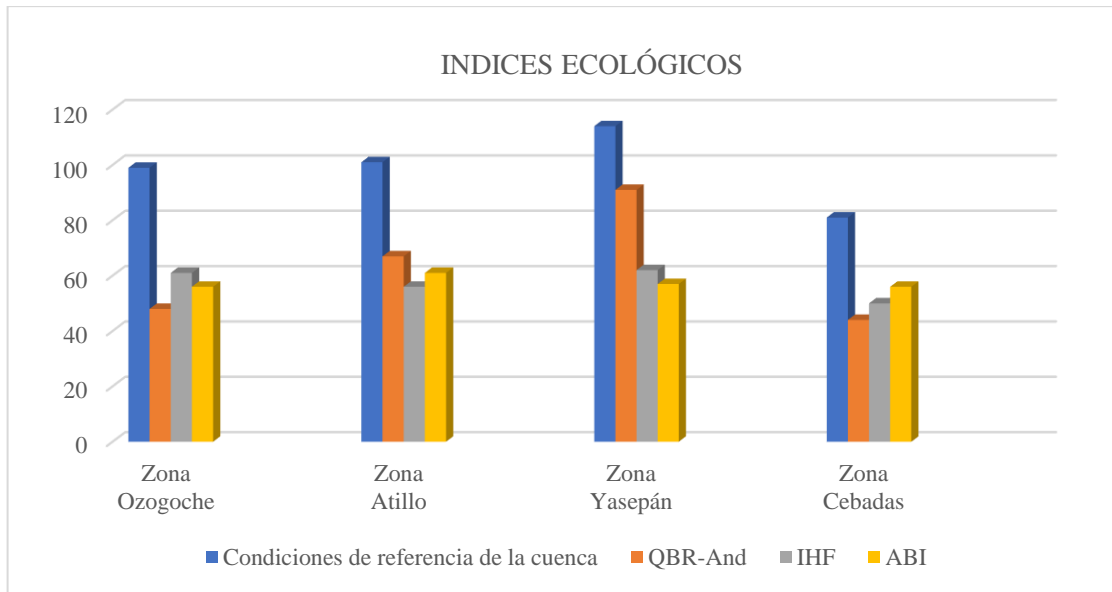
Los suelos en zonas andinas suelen ser relativamente húmedos, negros o cafés y ácidos, con una gran capacidad de retención de agua, sin embargo, se evidenciaron pH de suelo en rangos de ácidos tendiendo a neutros siendo el menor de 6.2 en una de las zonas con menor cambio de uso de suelo (Atillo) con los páramos más bajos en donde se registra una acidez moderada, bajos niveles de calcio y alto contenido de agua; y el mayor de 7.5 en Cebadas, la zona más intervenida; El suelo tiene carga variable en función del pH, al bajar el pH el suelo pierde su capacidad de retención de cationes y su capacidad de retención de aniones se incrementa (FAO, 2009). Los suelos con elevadas conductividades eléctricas impiden el buen desarrollo de las plantas, ya que contienen una elevada cantidad de sales, es importante considerar que todos los fertilizantes inorgánicos son sales y por lo mismo tienen un efecto directo sobre la CE desencadenando un esfuerzo mayor para la absorción de nutrientes en la raíz de la planta (Fuentes, 1971) los valores de conductividad eléctrica fueron similares en las zonas de Ozogoché, Atillo y Yasepán, pero en Cebadas que presenta la mayor intervención y avance de frontera agrícola, el rango de C.E es mayor confirmando la posible influencia por pesticidas en estos resultados; por lo que se denota la responsabilidad de actividades humanas como el arado o el sobrepastoreo en condiciones de erosión y disminución de la capacidad de retención de agua y nutrientes, reduciendo asimismo la fertilidad del suelo y el desarrollo de la vegetación natural (Llambí et al., 2012).

### 3.5. Índices ecológicos y biológicos

**Tabla 8-3:** Índice ecológicos y biológicos

ZONA	C.R.C	QBR-And	IHF	ABI	ECOSTRIAND
OZOGOCHÉ	99	48	61	56	Malo
ATILLO	101	67	56	61	Regular
YASEPAN	114	91	62	57	Bueno
CEBADAS	81	44	50	56	Malo

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 8-3** Índices ecológicos

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Se realizaron los análisis de cuatro índices ecológicos recomendados por Acosta (2009), en los que por cada zona se reportó lo siguiente:

- En la zona de Ozogoche se obtuvo el penúltimo rango de calidad de bosque de Ribera en las zonas estudiadas de 48, la cual presenta una alteración fuerte o mala calidad según el índice QBR-And, lo que se complementa con las fichas de condiciones de referencia de la Cuenca inmersas en el índice QBR-And en donde obtuvo un puntaje de 99; si bien es cierto que uno de los puntos pertenecientes a la zona de Ozogoche está dentro del Parque Nacional Sangay, los otros cuatro se encuentran en zonas de pequeños asentamientos en donde se aprecia cambio de uso de suelo, principalmente con forraje de pasturas firmes correspondiente a mosaico agropecuario para actividades ganaderas. En la zona de Ozogoche se obtuvo el penúltimo rango de calidad de bosque de Ribera de las zonas estudiadas con un valor de 48, la cual presenta una alteración fuerte o mala calidad según el índice QBR-And, lo que se complementa con las fichas de condiciones de referencia de la Cuenca inmersas en el índice QBR-And en donde obtuvo un puntaje de 99; si bien es cierto que uno de los puntos pertenecientes a la zona de Ozogoche está dentro del Parque Nacional Sangay, los otros cuatro se encuentran en zonas de pequeños asentamientos en donde se aprecia cambio de uso de suelo, principalmente con forraje de pasturas firmes correspondiente a mosaico agropecuario para actividades ganaderas. En cuanto al índice IHF presenta una diversidad de hábitats media, lo que indica que el hábitat fluvial en la zona es moderadamente apropiado para albergar una comunidad de macroinvertebrados, ya que tiene una calidad ecológica regular según el índice ABI, lo que de forma conjunta y por medio del índice Ecostriland, califica al

ecosistema fluvial de la zona como malo tomando en cuenta la zona que la ribera del río en todos los puntos monitoreados de la zona tenían alguna intervención de tipo ganadera o pastoril.

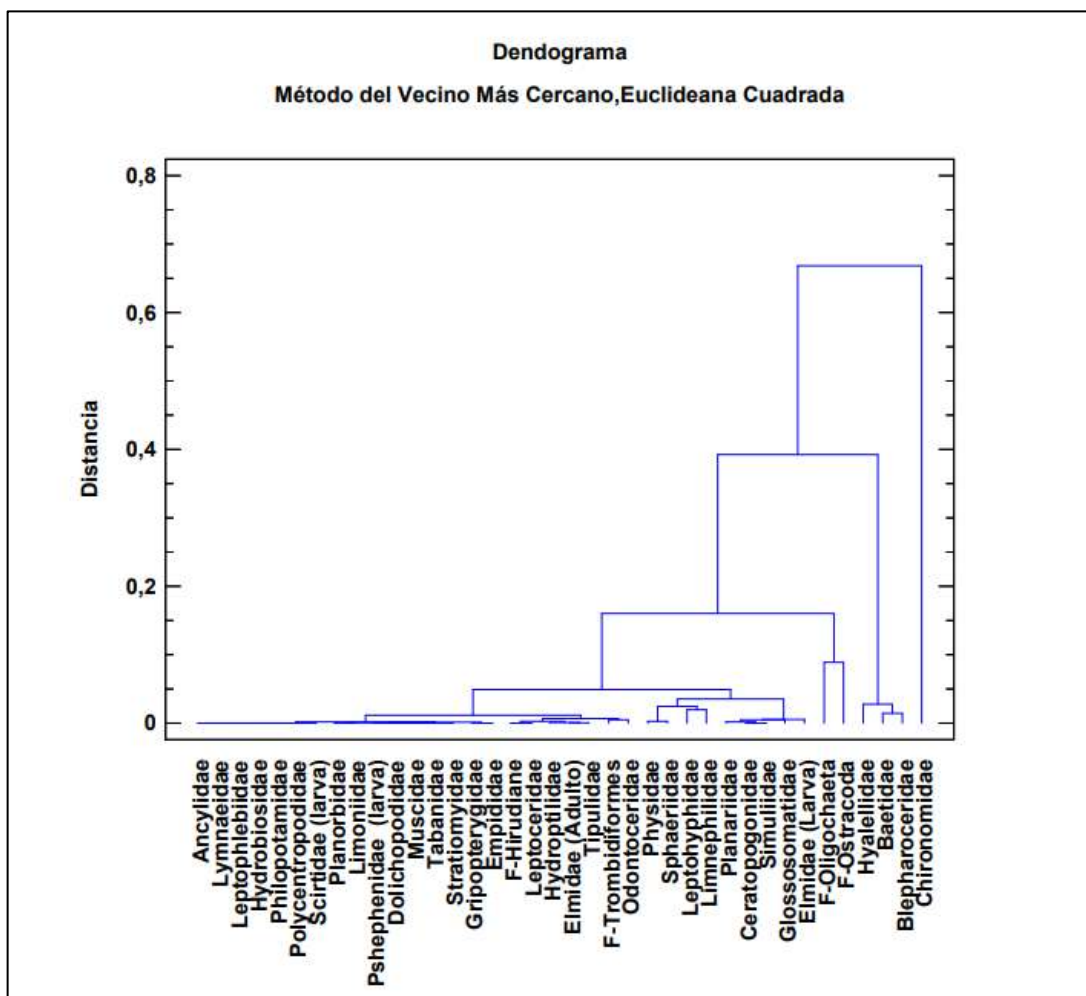
- En la zona de Atillo la calidad del bosque de Ribera según el índice QBR-And es de 67 lo que se traduce al inicio de alteración importante y calidad intermedia, dado que la zona tiene únicamente un punto en cobertura de suelo nativo correspondiente a páramo, y el resto de los puntos tomados en la zona Atillo corresponden a mosaico agropecuario, a pesar de que las condiciones de referencia con un valor de 101 son relativamente altas, el índice de hábitat fluvial con 56 muestra que existe una diversidad de hábitats media indicando que la zona es moderadamente apropiada para albergar un hábitat, lo que se contrapone en cierta forma con el índice ABI que en este caso indica una calidad ecológica buena para Atillo y finalmente el ecosistema fluvial es regular tomando en cuenta el bosque de ribera y sistema fluvial de Atillo.
- La zona de Yasepán presenta la mejor calidad de bosque de ribera de las 4 zonas analizadas dentro del área de estudio, con la característica de vegetación ligeramente perturbada y calidad buena, presenta la mejor condición de hábitat fluvial y referencia con 62 y 114 respectivamente por las condiciones de poca intervención que según la clasificación supervisada existían en los puntos de análisis de esta zona, en donde se pudo observar que solamente dos de los puntos tenía cambio de uso de suelo, sin embargo, una diversidad de hábitats media que se relaciona con la calidad ecológica regular por la presencia de ganado salvaje en las partes más inaccesibles de la zona y rastros de presencia de ganado de potrero, poco frecuente en algunos puntos; finalmente el ecosistema fluvial es bueno tomando en cuenta la alta presencia de rápidos en el curso del río lo que permite la oxigenación y el poco cambio de uso de suelo reflejado en los lugares de monitoreo en comparación a las otras zonas.
- La zona de Cebadas corresponde a la zona más baja de la microcuenca con 3000 a 3500 msnm, al ser la zona en donde se encuentra el río principal de la microcuenca y por lo tanto el que recoge todos los flujos de agua de las otras zonas, es el que presenta las cifras de índices menor, con 81 en condiciones de referencia que sumando a sus 44 en calidad del bosque de ribera, demuestra que la alteración es fuerte y se ha convertido en una zona de mala calidad, sin embargo no se encuentra en el peor rango de condición, la calidad de hábitat fluvial es media con un valor de 50, cabe recalcar que está en el mínimo de este rango al igual que en la calidad ecológica regular con 56 indicando que están próximos a presentar condiciones más hostiles e insostenibles para el ecosistema, por lo que el índice ECOSTRIAND califica al ecosistema fluvial como malo.

En las zonas andinas del Ecuador la estructura de la vegetación de ribera interfiere en la aplicación e interpretación de los índices ecológicos, debido a que en estos ecosistemas no son predominantes los bosques de troncos leñosos, pues sobre todo en zonas altoandinas mayoritariamente se encuentran pajonales de gramíneas, pequeños arbustos de puna, y en general especies de páramo que no producen mayor cantidad de sombra en los ríos, por lo que la interpretación de elementos como el porcentaje de sombra debería ser diferente ya que en muchos tramos del río es inexistente, lo que provoca gran accesibilidad de radiación solar y se esperaría una alta producción primaria (Vannote et al., 1980, p.108). En esta zona existe baja presencia de nichos ecológicos (Acosta et al., 2009), siendo la excepción los humedales alto andinos, puesto que hacen referencia a ambientes de alta micro-heterogeneidad ambiental, ya que los cambios en el micro-relieve y los patrones de drenaje del agua, pueden generar cambios en la vegetación y la distribución de las plantas en unos pocos metros (Llambí et al., 2012); Estas condiciones tienen una fuerte influencia en el índice ABI ya que en zonas de páramos altoandinos poco intervenidas como en el tramo analizado del nacimiento del río Ozogoché en la laguna Ozogoché, se encontró un bajo índice ABI y QBR-And a pesar de su buen estado de conservación lo que se puede deber a la falta de estos nichos y dificultad para encontrar diferentes tipos de sedimentos, tomando en cuenta además que ciertos parámetros en las fichas no se evaluaron, lo que podría explicar el bajo valor para los índices ABI y QBR-And, los cuales son bastante parecidos a los de la zona Cebadas que con la clasificación supervisada se determinó que es la zona con mayor deterioro al ser la más baja de todas en cuanto a la diferencia altitudinal, sin embargo el  $ABI > 56$  en la zona de estudio, establece que la condición más crítica denota una calidad ecológica regular. En zonas más bajas hasta los 3000 msnm donde se pueden encontrar ecosistemas con arbustales, se registraron valores aceptables de IHF y ABI por la variabilidad de vegetación que se puede encontrar y la disminución de condiciones extremas, siempre y cuando el ecosistema fluvial no esté directamente alterado de forma antropogénica (Vannote et al., 1980, p.108). es por esto que con el aumento de altitud en zonas de páramos la riqueza de familias disminuye y es un factor que se debe tomar en cuenta para plantear formas modificadas de analizar este tipo de índices, en añadidura es importante un análisis de forma histórica ya que los grandes cambios de temperatura que han existido pueden interferir en determinar si los macroinvertebrados de las zonas altoandinas se encuentran en un proceso de adaptación y colonización (Jacobsen, 1998). Tomando en cuenta esta y otras condiciones importantes como la radiación, disponibilidad de oxígeno y cambios bruscos de temperatura durante el día y la noche se reconoce la dificultad fisiológica para la existencia de grandes cantidades de familias en zonas altoandinas (Jacobsen et al., 2003). Por otra parte las zonas de Yasepán y Atillo registraron un grado de perturbación similar tomando en cuenta IHF y ABI, sin embargo Yasepán presentó la mejor calidad de bosque de ribera, ya que sus extensiones son menormente intervenidas, además tiene una dificultad de acceso mayor en

comparación con Atillo que se encuentra paralela a la carretera hacia Macas atravesándolo casi de forma vertical; por ello en cuanto al análisis de la calidad del ecosistema Fluvial con ECOSTRIAND la mejor calidad fue registrada en Yasepán tomando en cuenta también que dos de sus puntos se tomaron en zona protegida y los demás no presentaban alto grado de perturbación. En Ozogoche y Cebadas se registraron calidades malas del ecosistema fluvial, tomando en consideración con lo mencionado sobre el índice QBR-And anteriormente, se puede determinar las posibles causas de tener esta evaluación de calidad para Ozogoche; haciendo referencia a Cebadas, su calidad mala está complementada y justificada por todos los índices evaluados.

### 3.6. Índices de diversidad

A lo largo de la microcuenca del río Cebadas, se contabilizaron un total de 3 068 individuos durante la época de estiaje o sequía, distribuidos en 13 órdenes y 38 familias (Anexo K).



**Gráfico 9-3:** Dendrograma de distribución de familias y órdenes - Método del vecino más Lejano

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

En el resultado del método estadístico del vecino más lejano se puede diferenciar todas las familias y órdenes encontradas en la microcuenca del río Cebadas. Los conglomerados resultantes se agruparon con base en la abundancia relativa de las familias y órdenes encontrados; en donde se destacan las cuatro taxas más representativas que son *Chironomidae*, *Baetidae*, *Blepharoceridae* e *Hyaellidae*, las cuales se encuentran agrupadas en los tres primeros conglomerados de la derecha debido a que son los más abundantes con un 24.19% , 18,22%, 19,23 y 17,49 % respectivamente en toda la zona de estudio; el conglomerado de la izquierda corresponde a las familias y órdenes que se encontraron con menor abundancia con valores entre el 1.30% hasta el 7.73% y por último, en el conglomerado del medio se encuentran los individuos con valores de hasta 17.49% correspondiendo a una abundancia intermedia para este conglomerado.

La familia *Chironomidae* y *Blepharoceridae* corresponden al orden Díptera, la cual se caracteriza por poseer especies indicadoras tanto en ambientes limpios como contaminados, su hábitat es muy variado como: bentos, pleuston y perifiton y se los puede encontrar en: lagos, ríos, arroyos y quebradas. Tienen una alimentación muy variada ya que existen familias tanto herbívoras como carnívoras; en cuanto a su respiración es hidropneútica, es decir, la realizan por medio de una red densa de traqueolos, a través de una cutícula, sifones y con ayuda de pigmentos respiratorios como la hemoglobina que potencia su capacidad de respiración en lugares hostiles, por ejemplo, en aguas con altos niveles de turbidez y poco oxígeno. El tipo de movimiento que realizan se conoce como “burrowers” ya que cavan y se entierran en sedimentos blandos (Encalada et al., 2011). Por su parte la familia *Baetidae* corresponde al orden *Ephemeroptera*, el cual se caracteriza por tener una vida corta en su etapa adulta, durante su estadía en el medio acuático respiran a través de agallas abdominales que varían en función de la familia, habitan en aguas corrientes y limpias con alto niveles de oxigenación y existen pocos especímenes que toleran cantidades mínimas o bajas de contaminación por lo que son indicadores de buena calidad. Según los movimientos que realizan se caracterizan por ser: excavadores, nadadores y reptadores. Su alimentación se basa en algas y tejidos de plantas acuáticas, por lo que son herbívoros.

Finalmente, la familia *Hyaellidae* corresponde al orden *Amphipoda*, el cual se caracteriza por conocerse como los camarones de agua dulce. Poseen agallas en sus segmentos torácicos, su tamaño depende de la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua, se encuentran en la periferia bentónica de los cuerpos de agua y en su mayoría no son tolerantes a la contaminación. Su alimentación es de tipo detritívora.



### 3.6.1. Índice de SHANNON- WIENER y SIMPSON

En función de los resultados obtenidos en los Índices de Shannon y Simpson se tiene que, la zona de Yasepán es la que presenta una mayor abundancia y dominancia de macroinvertebrados con 0,78, lo que denota una diversidad alta. Seguido la zona de Atillo que presenta una diversidad mediana de 0,73 en dominancia y en cuanto a la abundancia un valor de 0,77 que corresponde a una alta diversidad. En la zona de Ozogoche se presenta una diversidad mediana en cuanto a la dominancia con un valor de 0,71 y una diversidad alta de 0,8 con respecto a la abundancia. Finalmente, la zona de Cebadas es la que menor diversidad presentó en los dos índices, con un valor de 0,68 en dominancia y 0,72 en abundancia, que corresponden a una diversidad mediana.

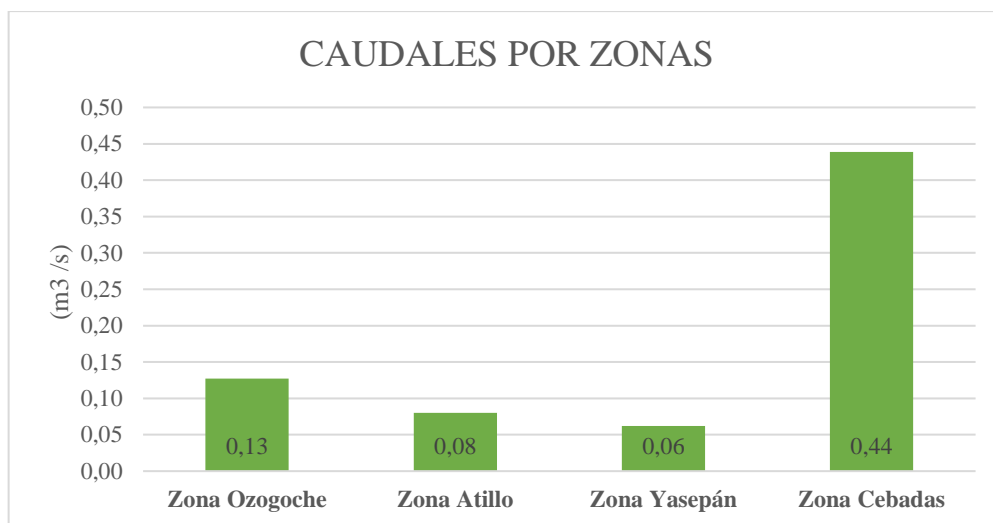
**Tabla 9-3:** Índices de Diversidad en la microcuenca del río Cebadas

Zona	Dominancia	Abundancia
Ozogoche	0.71	0.8
Atillo	0.73	0.77
Yasepán	0.78	0.78
Cebadas	0.68	0.72

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

### 3.7. Caudales

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de caudales durante el período de monitoreo establecido que corresponde a la época de estiaje o sequía en la microcuenca del río Cebadas.



**Gráfico 10-3:** Figura de caudal en cada uno de los puntos de monitoreo

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

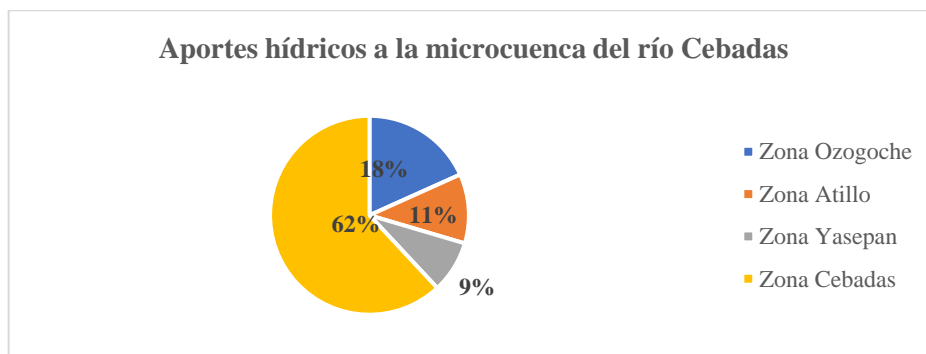
En el gráfico 10-3 se aprecia que la zona de Cebadas presenta el mayor valor de caudal respecto a las demás con 0.44 m<sup>3</sup>/s, esto guarda una estrecha relación a la confluencia que tiene el río Cebadas en este sector, el cual ya está constituido por sus afluentes: Atillo, Ozogoche, Ichubamba, Macalete, Tingo, Pancún. En uno de sus puntos de monitoreo el río Cebadas se une con el río Guamote, debido a esto el caudal aumenta considerablemente, además, de otros factores como: efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, asentamientos urbanos del centro poblado de Cebadas, vertidos domésticos, etc. Por otro lado, la zona de Ozogoche posee el segundo valor más alto de caudal con 0,13 m<sup>3</sup>/s, lo cual guarda concordancia con la hidro morfología de su cause donde existen pendientes muy pronunciadas, además, encontramos una alta frecuencia de rápidos profundos y poco profundos a pesar de no tener un cauce tan ancho. La zona de Atillo por su parte registró un valor de 0.08 m<sup>3</sup>/s, el reducido caudal frente a otras zonas se debe a la hidro morfología y presencia de meandros, además de contar con la menor superficie de estudio en comparación a las demás. Finalmente, la zona de Yasepán es la que cuenta con el menor caudal, registrando un valor de 0,06 m<sup>3</sup>/s, lo que guarda relación con base en su profundidad y velocidad que tienen los distintos ríos y arroyos en la zona.

Según los valores registrados de caudal el porcentaje de aportación de cada una de las zonas de la microcuenca del río Cebadas es:

**Tabla 10-3:** Aportación hídrica a la microcuenca del río Cebadas

Zona	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	% de Aportación
Ozogoche	0,13	18
Atillo	0,08	11
Yasepan	0,06	9
Cebadas	0,44	62
<b>Total</b>	<b>0,71</b>	<b>100</b>

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 11-3:** Aportación hídrica a la microcuenca del río Cebadas

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

En el gráfico 11-3 se puede observar que el mayor aportante a la microcuenca del río Cebadas corresponde a la zona de Cebadas con un 62% seguido la zona de Ozogoche con un 18%, la zona de Atillo con un 11% y finalmente la zona de Yasepan con un 9%. La sumatoria de los caudales en las diferentes zonas de monitoreo arrojan un valor de 0,71 m<sup>3</sup>/s para el caudal final de la microcuenca del río Cebadas en la época de estiaje. Existe una estrecha relación entre la afectación que tiene la regulación del caudal y las zonas de estudio en donde los ríos cercanos tienen un mayor impacto de origen antrópico.

### 3.8. Resultados de la valoración del análisis fisicoquímico y microbiológico

Según Roldán-Pérez, (2016, p.53) los factores que más influyen en la dinámica de los cuerpos hídricos superficiales, son los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales confieren características únicas y fundamentales al agua. Dichos parámetros tienen la capacidad de modificar la composición natural de algunas sustancias que se vierten o introducen al agua, lo que representa una potencial amenaza para la salud y los ecosistemas cercanos (Castro et al., 2014)

Uno de los objetivos del presente trabajo de investigación responde a valorar el comportamiento de las características abióticas de los afluentes en la microcuenca del río Cebadas, dentro de estas se encuentran las zonas de monitoreo: Ozogoche, Atillo, Yasepán y Cebadas, para lo cual, se analizaron los parámetros correspondientes a: temperatura, oxígeno disuelto, pH, sólidos totales disueltos, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, fosfatos, sulfatos, coliformes fecales, coliformes totales, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno y conductividad eléctrica.

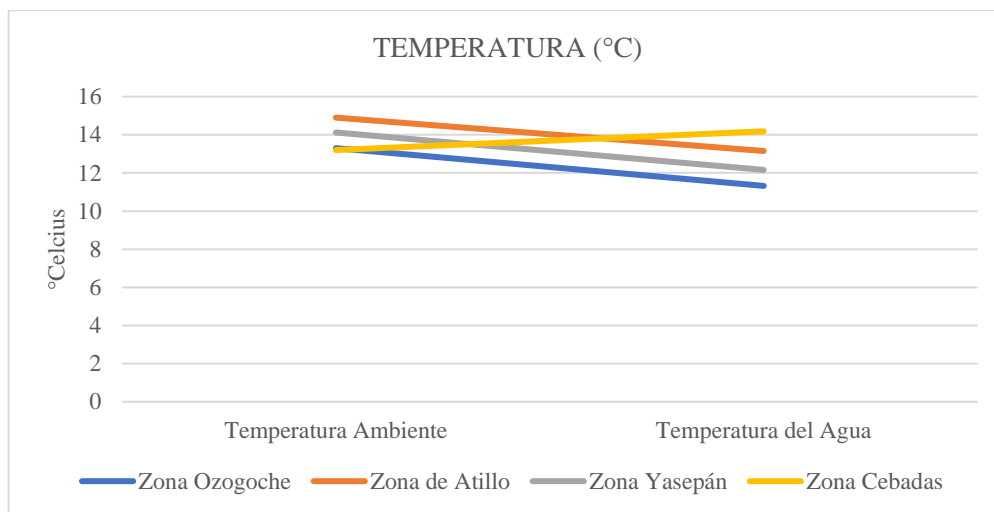
#### 3.8.1. Temperatura

La variación de temperatura en los cuerpos de agua es considerada como uno de los factores ambientales más importantes porque influyen en las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua. (Roldán, 2012).

**Tabla 11-3:** Diferencial de temperatura en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Agua (°C)	Δ°T
Ozogoche	13,3	11,32	1,98
Atillo	14,9	13,15	1,75
Yasepán	14,12	12,16	1,96
Cebadas	13,20	14,18	-0,98

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 12-3:** Variación de la temperatura en las zonas de estudio

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

La Grafica 12-3 muestra la variación de la temperatura en las zonas de estudio, siendo la zona de Ozogoche la que más fluctúa con un valor de 1,98 °C de diferencia entre la temperatura ambiente y la del agua, la zona de Atillo presenta una similitud en el valor con 1,96 °C, seguido la zona de Yasepán con 1,75 °C, es importante recalcar que la mayoría de los puntos de estas zonas se encuentran en rangos altitudinales sobre los 3 600 m.s.n.m. Por otra parte, la zona de Cebadas tiene un valor de -0,98 °C, los puntos de esta zona se encuentran en un rango altitudinal por debajo de los 3 000 m.s.n.m.

Durante los monitoreos, la temperatura de las 4 zonas a lo largo de la microcuenca del río Cebadas, presentaron variaciones poco significativas entre si (Grafico 12-3), uno de los factores que afecta a este parámetro son las actividades antropogénicas como: actividades ganaderas y agrícolas, vertido directo de efluentes domésticos e industriales , sin embargo, también se debe considerar que las condiciones climáticas son una variable influyente así como el rango altitudinal donde se encuentran (Romero, 2009).

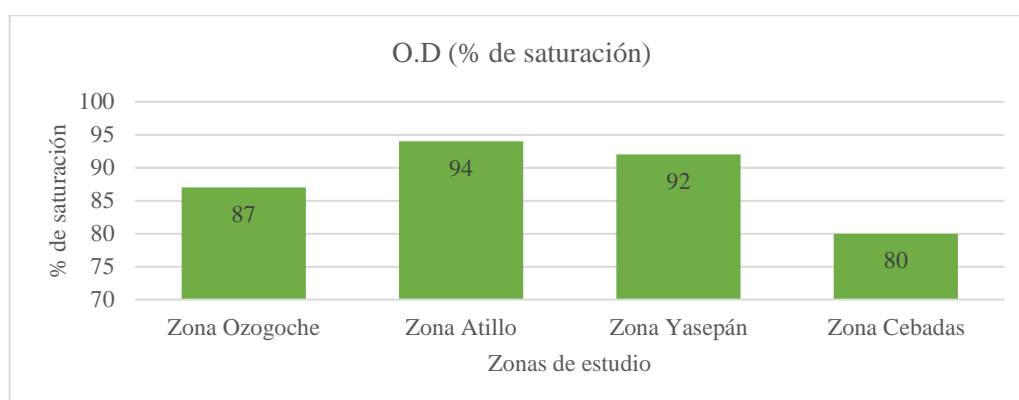
### 3.8.2. *Oxígeno disuelto (OD)*

Una leve disminución de este parámetro resulta letal para los macro y micro organismos de un cuerpo de agua (Roldán-Pérez, 2016b), por lo cual se considera como uno de los indicadores más importantes de la calidad ríos.

**Tabla 12-3:** Resultados del O.D en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	Oxígeno Disuelto (% Saturación)
Ozogoche	87
Atillo	94
Yasepán	92
Cebadas	80

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 13-3:** Variación del OD en las zonas de estudio

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

El oxígeno disuelto a lo largo de la microcuenca del río Cebadas presenta valores relativamente buenos para este parámetro, en la zona de Atillo y Yasepán se registró un 94% y 92% de saturación de O.D, esto se debe a que en los sectores aledaños a los puntos de monitoreo no se evidencia actividades antrópicas intensivas en comparación con otras zonas como Ozogoche que registra un valor del 87% debido a que dentro del área de estudio, el río Ozogoche atraviesa a más de tres comunidades rurales que se dedican principalmente a las actividades ganaderas y a su vez vierten aguas residuales domésticas directo al cuerpo de agua. Mientras que la zona correspondiente a Cebadas registra el valor más bajo de O.D con un 80% lo que guarda una estrecha correlación con las condiciones en las que se encuentra el río debido a los asentamientos urbanos y rurales del área, además, de la presencia de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en unos de los puntos.

El gráfico 13-3, se observan ligeras variaciones en el porcentaje de saturación de O.D de las distintas zonas; este comportamiento está relacionado con factores ambientales como: temperatura del agua, altitud, vegetación marginal y actividades antrópicas: materia orgánica disuelta de origen doméstico y descargas de agua residual (Chacón, 2016).

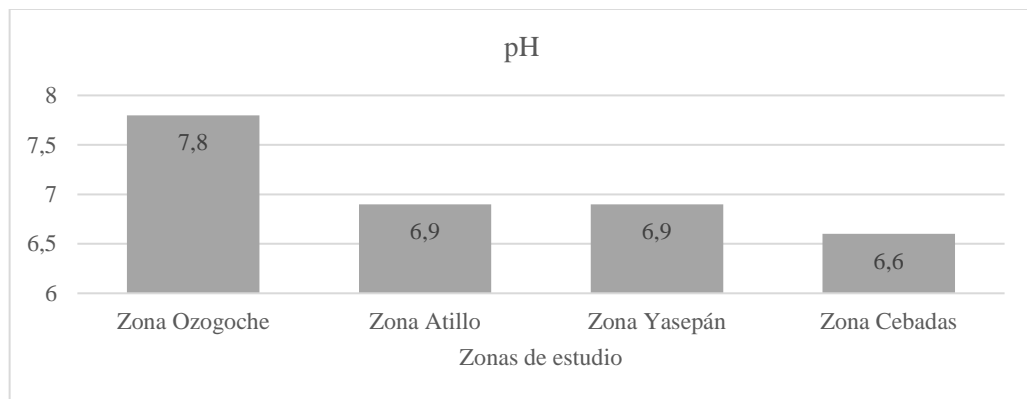
### 3.8.3. pH

Ejerce una influencia de forma negativa sobre la toxicidad de ciertos compuestos que son vertidos en el agua generando un cambio en la flora y fauna acuática (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008).

**Tabla 13-3:** Resultados del pH en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	pH
Ozogoche	7,8
Atillo	6,9
Yasepán	6,9
Cebadas	6,6

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 14-3:** Variación del pH en las zonas de estudio

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

En la tabla 12-3 se observa que la zona de Cebadas registra el valor más bajo de pH correspondiente a 6,6 seguido las zonas de Atillo y Ozogoche que registran el mismo valor de pH con un 6,9 teniendo a ser ligeramente neutro. Por otro parte, el pH más alto se encuentra en la zona de Ozogoche con un valor de 7,8 siendo ligeramente neutro y básico

En el gráfico 14-3, se refleja la variación del pH en las zonas de monitoreo, el cual registra una variación poco significativa. El comportamiento de este parámetro en cuerpos de aguas naturales, esta influenciado por la naturaleza del suelo en la zona, la cual presenta un carácter básico en los puntos menores a las 3 000 m.s.n.m.; sin embargo, en el sector de Ozogoche a pesar de tener un suelo ligeramente ácido, el pH del agua tiende a ser un tanto alcalino, lo cual está ligado a las actividades ganaderas y los procesos de lixiviación de fertilizantes en los suelos.

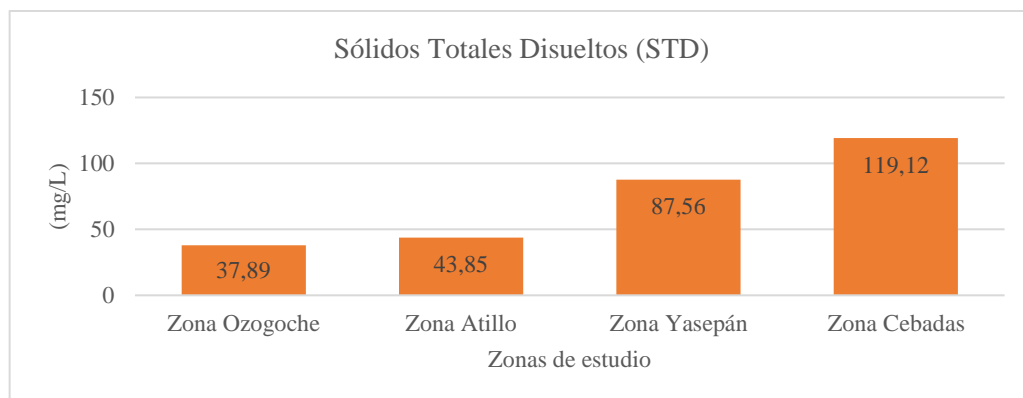
### 3.8.4. Sólidos Disueltos Totales

El aumento de la concentración de los STD en el agua representa un incremento en la salinidad de la misma, lo que genera cambios drásticos en los procesos de osmorregulación de los organismos acuáticos, provocando bajos niveles de diversidad en los sistemas fluviales (Roldán-Pérez, 2016a).

**Tabla 14-3:** Resultados de los sólidos totales disueltos en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	STD (mg/L)
Ozogoche	37,98
Atillo	43,85
Yasepán	87,56
Cebadas	119,12

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 15-3:** Variación de los STD en las zonas de estudio

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en la tabla 13-3, en donde la zona de Cebadas presenta la concentración más alta de sólidos totales disueltos con 119,12 mg/L, mientras que en la zona de Yasepan el valor es de 87,56 mg/L. Por otra parte, las zonas de Atillo y Ozogoche registraron los valores más bajos de STD con 43,85 y 37,89 mg/L respectivamente. En el gráfico 15-3, se puede observar la variación de la concentración de STD en las distintas zonas de estudio, lo que refleja mínimos cambios en zonas con poca intervención humana y máximas en zonas con asentamientos urbanos. La alta concentración de sólidos totales disueltos, en zonas como Cebadas, está relacionada a los procesos erosivos de su suelo (Calderón et al., 2018). Sin embargo, en zonas como Yasepán, que no presentan mayor influencia de actividades humanas en su área, los procesos de lixiviación y escorrentía serían la principal causa de los STD presentes (Quiroz et al., 2017).

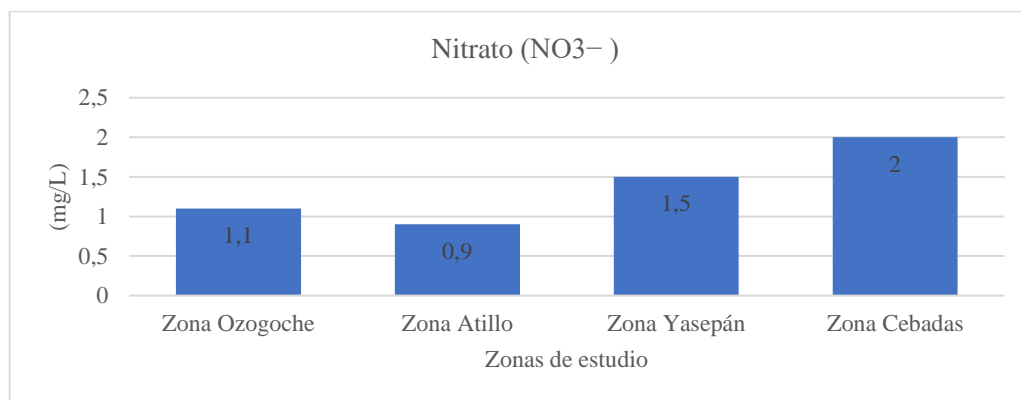
### 3.8.5. Nitratos

Tienen un impacto ambiental significativo en los recursos hídricos, debido a que el exceso de concentración de nitrato en el agua desencadena un proceso de eutrofización, el cual se manifiesta mediante el crecimiento masivo de algas y plantas acuáticas (Sánchez et al., 2018). Bajo estas condiciones, el ecosistema acuático sufre cambios drásticos en los ciclos día-noche, y se provoca una fuerte reducción en la diversidad de especies (Roldán-Pérez, 2016a).

**Tabla 15-3:** Resultados del ion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	Nitratos (mg/L)
Ozogoche	1,1
Atillo	0,9
Yasepán	1,5
Cebadas	2,0

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 16-3:** Variación del ion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en las zonas de estudio

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en la tabla 14-3, en donde la zona de Cebadas presenta la concentración más alta del ion nitrato con 2 mg/L, mientras que en la zona de Yasepan el valor es de 1,5 mg/L. Por otra parte, las zonas de Atillo y Ozogoche registraron los valores más bajos con respecto a este parámetro con 0,9 y 1,1 mg/L respectivamente.

En el gráfico 16-3, se puede observar la variación de la concentración del ion nitrato en las distintas zonas de estudio, evidenciando datos mínimos en zonas con poca intervención humana y máximos en zonas con asentamientos urbanos. La alta concentración de este nutriente en la zona



de Cebadas, está relacionada con la descarga de aguas residuales de origen doméstico e industrial no procesadas que se dan por la presencia de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que no funcionan al 100%, en uno de los puntos de monitoreo (Bolaños-Alfaro et al., 2017, p.96). Sin embargo, en zonas como Yasepán, que no presenta casi intervención humana dentro de su área, la presencia de nitratos se relaciona con los residuos de fertilizantes utilizados para los cultivos y actividades ganaderas intensivas. Por otro parte es importante destacar que la alta concentración de nitratos en el agua es un indicador de la presencia de heces fecales ya sean humanas o animales, las cuales son arrastradas al cuerpo de agua por procesos de lixiviación y escorrentía (Sierra Ramírez, 2011).

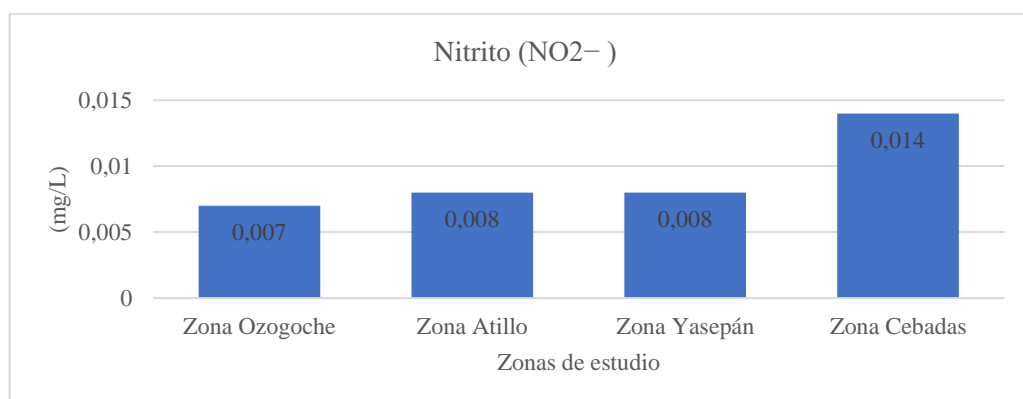
### 3.8.6. Nitritos

Se forman durante la biodegradación de nitratos, nitrógeno amoniacal u otros compuestos orgánicos nitrogenados y se utiliza como indicador de contaminación fecal en aguas naturales (Cabrera et al., 2003)

**Tabla 16-3:** Resultados del ion nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	Nitrito (mg/L)
Ozogoche	0,007
Atillo	0,008
Yasepán	0,008
Cebadas	0,014

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 17-3:** Variación del ion nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) en las zonas de estudio

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en la tabla 15-3, en donde la zona de Cebadas presenta una concentración del ion nitrito con 0,014 mg/L, mientras que en las zonas de Yasepan y Atillo el valor es el mismo con 0,008 mg/L. Por otra parte, la zona de Ozogoche registra el valor más bajo con respecto a este parámetro 0,007 mg/L.

En el gráfico 17-3, se puede observar la variación de la concentración del ion nitrito en las distintas zonas de estudio, la concentración más alta de este ion corresponde a la zona de Cebadas, lo que se relacionada con la presencia de efluente correspondiente a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales que se encuentra en uno de los puntos de monitoreo. Según Sierra Ramírez, (2011, p.64) los valores entre 0.1 y 0.9 mg/L representan problemas de toxicidad dependiendo del pH del agua, asimismo los valores por encima de 1.0 mg/L se consideran altamente tóxicos y originan problemas en el desarrollo de la vida acuática y los ecosistemas fluviales. De forma general la concentración de nitritos en agua superficiales es muy baja, pero pueden aparecer ocasionalmente concentraciones altas debido a contaminación de origen industrial y aguas residuales domésticas.

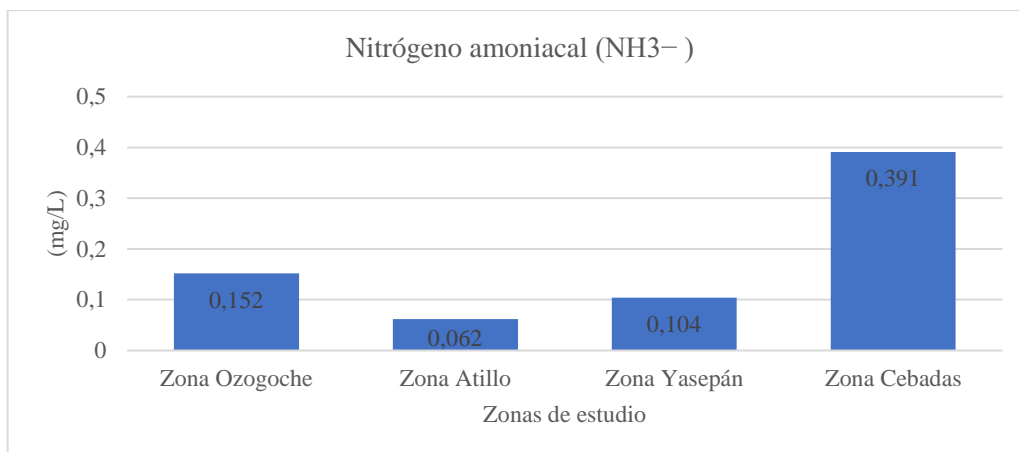
### 3.8.7. *Nitrógeno Amoniacal*

Un aporte excesivo de este nutriente, implica una alteración perjudicial al medio donde sea vertido, desencadenando otras consecuencias como la disminución de los niveles de oxígeno disuelto de los ríos, el cual es consumido en los procesos de degradación bacteriana de nitrógeno amoniacal (Sawyer et al., 2001).

**Tabla 17-3:** Resultados del nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3^-$ ) en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	Nitrógeno Amoniacal (mg/L)
Ozogoche	0,152
Atillo	0,062
Yasepán	0,104
Cebadas	0,391

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 18-3:** Variación del nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3^-$ ) en las zonas de estudio

**Realizado por:** (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en la tabla 16-3, en donde la zona de Cebadas presenta la concentración más alta de nitrógeno amoniacal con 0,391 mg/L, mientras que en la zona de Ozogoche y Yasepán el valor es de 0,152 y 0,104 mg/L respectivamente. Por otra parte, la zona de Atillo presento los valores más bajos en cuanto a este nutriente con 0,062 mg/L. En el gráfico 18-3, se puede observar la variación de la concentración de nitrógeno amoniacal en las distintas zonas de estudio, donde se evidencian datos mínimos de concentración en zonas con poca intervención humana o con nula presencia de actividades antrópicas, la mayor concentración se registra en la zona de Cebadas lo cual guarda una estrecha correlación con la presencia del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la zona y la presencia de materia orgánica en descomposición a lo largo del río, además, también se podría alegar que la elevada concentración de este nutriente se debe a la presencia de aguas residuales de origen industrial a pequeña escala.

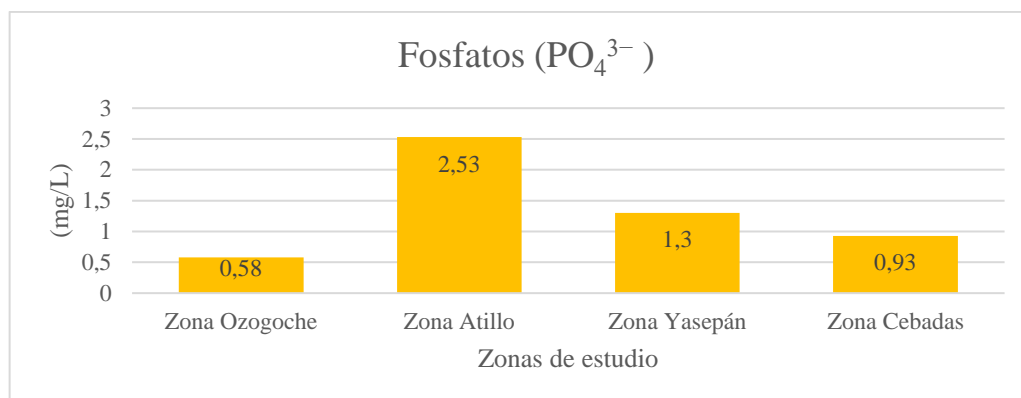
### 3.8.8. Fosfatos

Tienen un impacto ambiental importante en los recursos hídricos debido a que su vertido directamente en los cuerpos de agua o aplicado en dosis excesivas en el suelo, estimula el proceso de eutrofización el cual aumenta el crecimiento de plantas acuáticas, disminuye el oxígeno disuelto y varía el pH, afectando así la calidad del agua (Pinos-Rodríguez et al., 2012).

**Tabla 18-3:** Resultados del ion fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	Fosfatos (mg/L)
Ozogoche	0,58
Atillo	2,53
Yasepán	1,30
Cebadas	0,93

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 19-3:** Variación del ion fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en las zonas de estudio

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en la tabla 17-3, siendo la zona de Atillo la que presenta una mayor concentración del ion fosfato con 2,53 mg/L, mientras que la zona de Yasepán registra un valor de 1,3 mg/L. Por otra parte, en las zonas de Cebadas y Ozogoche se obtuvieron valores de 0,93 y 0,58 mg/L respectivamente.

En el gráfico 19-3, se puede observar la variación de la concentración del ion fosfato en las distintas zonas de estudio, evidenciando datos atípicos en zonas con poca intervención humana. La alta concentración del ion fosfato en las zonas de Atillo y Yasepán se debe a la presencia de actividades agrícolas y ganaderas intensivas a lo largo de los cuerpos de agua, sumado a que los monitoreos se realizaron en presencia de fuertes precipitaciones afectando a los procesos de escorrentía hacia el cuerpo de agua, generando un aumento en los niveles de nutrientes (Bolaños-Alfaro et al., 2017).

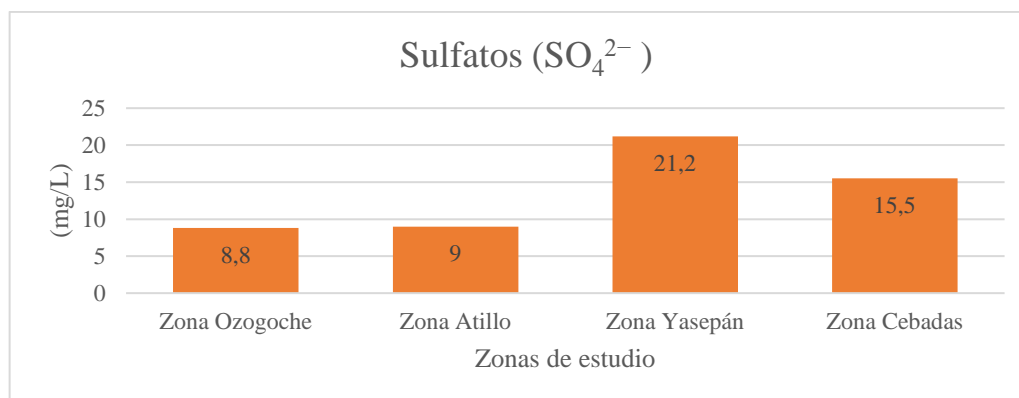
### 3.8.9. Sulfatos

Se encuentran en bajas concentraciones en vertientes de agua natural, su origen principalmente se da por la oxidación de minerales de sulfito o desechos industriales (Chacón, 2016).

**Tabla 19-3:** Resultados del ion sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	Sulfatos (mg/L)
Ozogoche	8,8
Atillo	9
Yasepán	21,2
Cebadas	15,5

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 20-3:** Variación del ion sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en las zonas de estudio

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en la tabla 18-3, siendo la zona de Yasepán la que presenta una mayor concentración del ion sulfato con 21,2 mg/L, mientras que la zona de Cebadas registra un valor de 15,5 mg/L. Por otra parte, en las zonas de Atillo y Ozogoche se obtuvieron valores mínimos de 8,8 y 9 mg/L respectivamente.

En el gráfico 20-3, se puede observar la variación de la concentración del ion sulfato en las distintas zonas de estudio, evidenciando datos atípicos en zonas con poca intervención humana. Según Bolaños-Alfaro et al., (2017, p.92) las concentraciones del ion sulfato por encima de 250 mg/L son consideradas como tóxicas para el ser humano, por lo cual los valores reportados en las zonas de estudio no son relevantes.

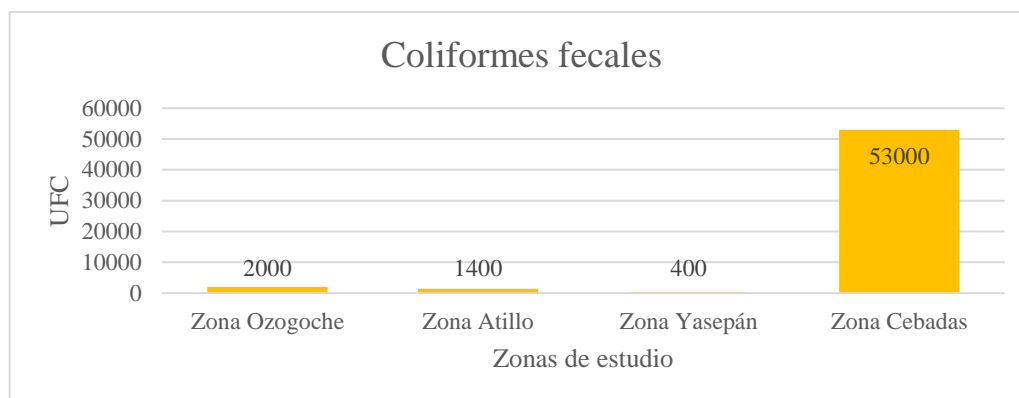
### 3.8.10. Coliforme fecales

Se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan mejor la presencia de contaminación fecal. La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc (Ramos-Ortega et al., 2010).

**Tabla 20-3:** Resultados de Coliformes fecales en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	Coliformes fecales
Ozogoche	2000
Atillo	1400
Yasepán	400
Cebadas	53000

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 21-3:** Variación de Coliformes fecales en las zonas de estudio

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en la tabla 19-3, siendo la zona de Cebadas la que presenta una mayor concentración de Coliformes fecales con 53000 UFC. La zona de Ozogoche y Atillo presentaron valores de 2000 y 1400 UFC respectivamente, por último, la zona de Yasepan es la que menor valor registro en este parámetro con 400 UFC.

En el gráfico 21-3, se puede observar la gran variabilidad de coliformes fecales en las distintas zonas, siendo Cebadas la que presenta un valor atípico y fuera de los rangos establecidos para aguas de consumo o aguas de riego, lo cual se puede atribuir a la presencia de poblados urbanos y rurales a lo largo de todos los puntos de monitoreo. La presencia de un efluente correspondiente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Cebadas es otro de los factores que contribuyen a este parámetro, por lo cual se puede asumir que esta planta no cuenta con un diseño óptimo para el tratamiento de aguas negras o aguas residuales domésticas. Por otro lado, en zonas como Ozogoche y Atillo que presentan un número considerable de coliformes fecales, se puede atribuir este fenómeno por la presencia de comunidades rurales a lo largo de los puntos de monitoreo, en estos sectores no existe un previo tratamiento para las aguas residuales que son vertidas directamente en los cuerpos de agua. Finalmente, la zona de Yasepan es la que presentó el número más bajo de UFC en este parámetro, lo cual se puede atribuir a la falta de actividades antropogénicas dentro del sector

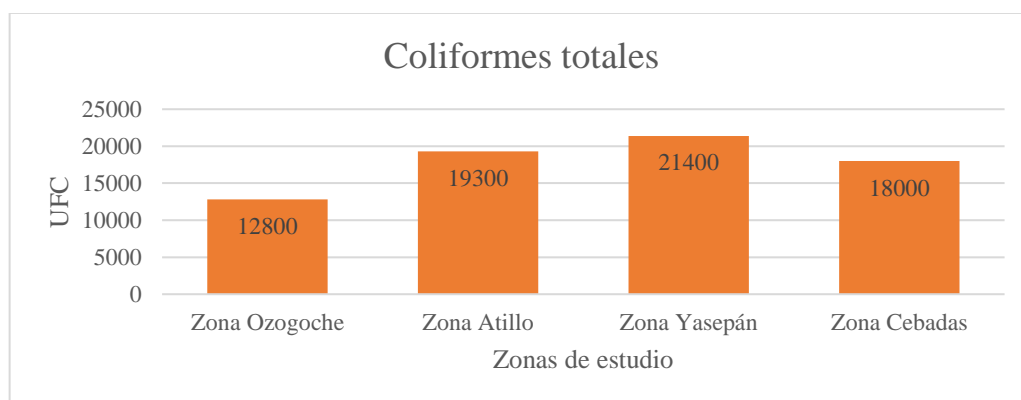
### 3.8.11. Coliformes totales

La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición (Díaz et al., 2003).

**Tabla 21-3:** Resultados de Coliformes totales en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	Coliformes fecales
Ozogoche	12 800
Atillo	19 300
Yasepán	21 400
Cebadas	18 000

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 22-3:** Variación de Coliformes totales en las zonas de estudio

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en la tabla 20-3, siendo la zona de Yasepan la que presenta una mayor concentración de Coliformes totales con 21 400 UFC. La zona de Atillo y Cebadas presentaron valores de 19 300 y 18 000 UFC respectivamente, por último, la zona de Ozogoche es la que menor valor registro en este parámetro con 12 800 UFC. En la gráfica 22-3, se puede observar la gran variabilidad de coliformes totales en las distintas zonas, siendo Yasepan la que presenta un valor alto en comparación de las demás, lo cual se puede atribuir a la presencia abundante de fauna silvestre y ganado suelto en el sector, sobre todo dentro del área de conservación. Por otro lado, en zonas como Atillo y Cebadas que presentan un número alto de coliformes totales, pueden atribuir este fenómeno por la presencia de actividades ganaderas a lo largo de los puntos de monitoreo, sin embargo, Ozogoche presenta la misma condición, pero no se encontró un número similar de UFC en comparación de las otras zonas.

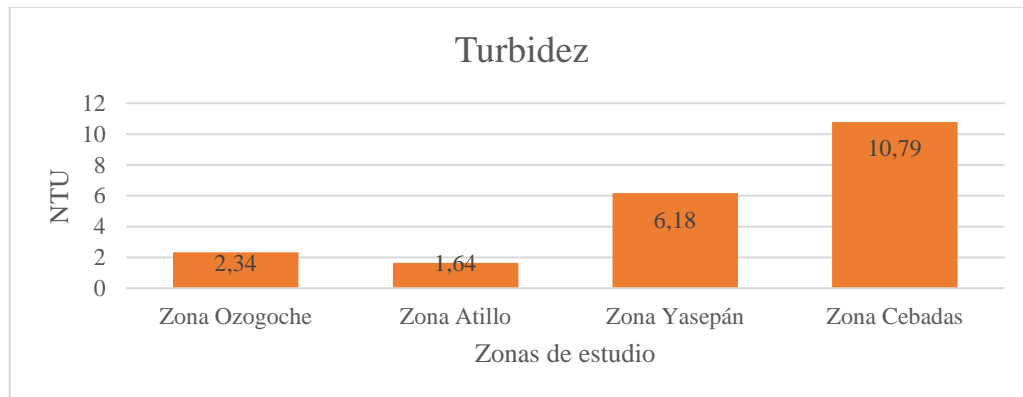
### 3.8.12. Turbidez

Un alto valor de turbidez en el agua representa una problemática en la producción de oxígeno para el proceso fotosintético que realizan las plantas acuáticas con normalidad (Chacón, 2016)

**Tabla 22-3:** Resultados de turbidez en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	Turbidez (NTU)
Ozogoche	2,34
Atillo	1,64
Yasepán	6,18
Cebadas	10,79

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 23-3:** Variación de la turbidez en las zonas de estudio

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en la tabla 21-3, siendo la zona de Cebadas la que presenta un mayor valor de turbidez con 10,79 NTU. La zona de Yasepan por su parte posee un valor de 6,18 NTU, finalmente las zonas de Ozogoche y Atillo poseen un valor de 2,34 y 1,64 NTU respectivamente.

En el gráfico 23-3, se puede observar la gran variabilidad de la turbidez en las distintas zonas debido a la presencia de material particulado que se encuentra suspendido en los cuerpos de agua, en zonas con poca intervención humana como: Atillo y Ozogoche se puede atribuir estos valores al arrastre de material por la lluvia y corriente del río y en zonas como Cebadas que presentan altos valores por alta intervención: humana, ganadera y agrícola del sector.



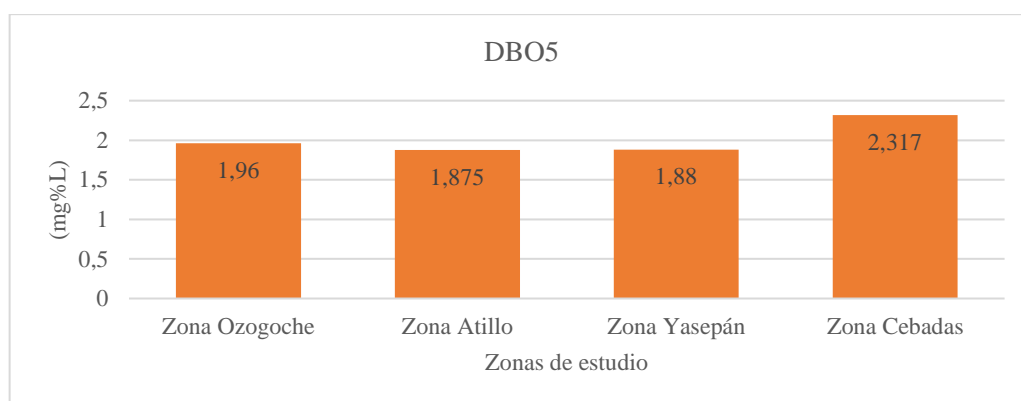
### 3.8.13. Demanda Bioquímica de oxígeno

Una elevada concentración de este parámetro demanda un alto consumo de oxígeno, lo que provoca una fuerte alteración dentro del ecosistema acuático. La DBO5 generalmente se utiliza como un índice de contaminación, cuanto mayor sea la concentración más contaminada está el agua (Romero, 2009).

**Tabla 23-3:** Resultados de DBO5 en las zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas

Zona	DBO5 (NTU)
Ozogoche	1,96
Atillo	1,875
Yasepán	1,88
Cebadas	2,317

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 24-3:** Variación de DBO5 en las zonas de estudio

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Los valores obtenidos durante el monitoreo se muestran en la tabla 22-3, siendo la zona de Cebadas la que presenta un mayor valor de DBO5 con 2,317 mg/L. La zona de: Ozogoche, Atillo y Yasepan por su parte posee un valor de 1,96, 1,875 y 1,88 mg/L respectivamente.

En el gráfico 24-3, se puede observar la poca variabilidad de DBO5 en las distintas zonas, este parámetro es atribuido a la presencia de actividades de agricultura y ganadería, en zonas como Cebadas se observa en mayor proporción que el resto, sin embargo, factores como la presencia de lluvias durante los monitoreos generan escorrentía lo que afecta al agua en cuanto a una mayor cantidad de materia orgánica concentrada.

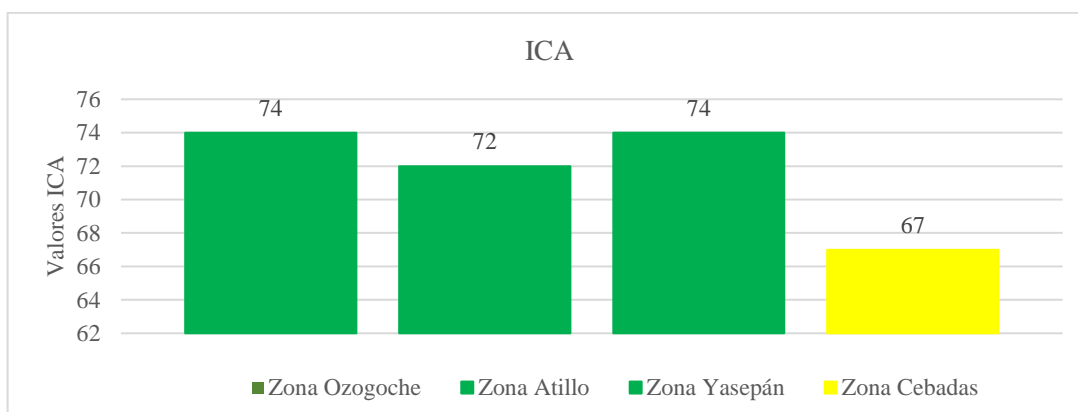
### 3.9. Índice de calidad del agua

En el índice ICA durante el período de monitoreo se obtuvo los siguientes resultados:

**Tabla 24-3:** Resultados de la calidad del agua de acuerdo al índice ICA en el período de estiaje

Parámetro	Zona Ozogoche	Zona Atillo	Zona Yasepán	Zona Cebadas
Oxígeno disuelto	93	97	97	87
Coliformes fecales	18	20	31	13
pH	89	86	86	77
DBO5	95	95	95	80
Diferencia de temperatura	89	89	89	93
Fosfatos	56	24	34	42
Nitratos	96	96	96	95
Turbidez	92	94	84	74
SDT	86	86	84	82
<b>Calidad del agua</b>	<b>74</b>	<b>72</b>	<b>74</b>	<b>67</b>

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).



**Gráfico 25-3:** ICA

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

**Tabla 25-3:** Resultado de ICA

Excelente	Buena	Regular	Malo	Pésimo
91 a 100	71 a 90	51 a 70	26 a 50	0 a 25

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

En la tabla 24-3 se indica la variación del Índice de calidad del agua (ICA) en las distintas zonas de monitoreo de la microcuenca del río Cebadas en la época de estiaje o sequía, mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Las zonas de: Ozogoche, Atillo y Yasepán poseen una calidad BUENA con un rango de puntuación entre 74 y 72, en comparación

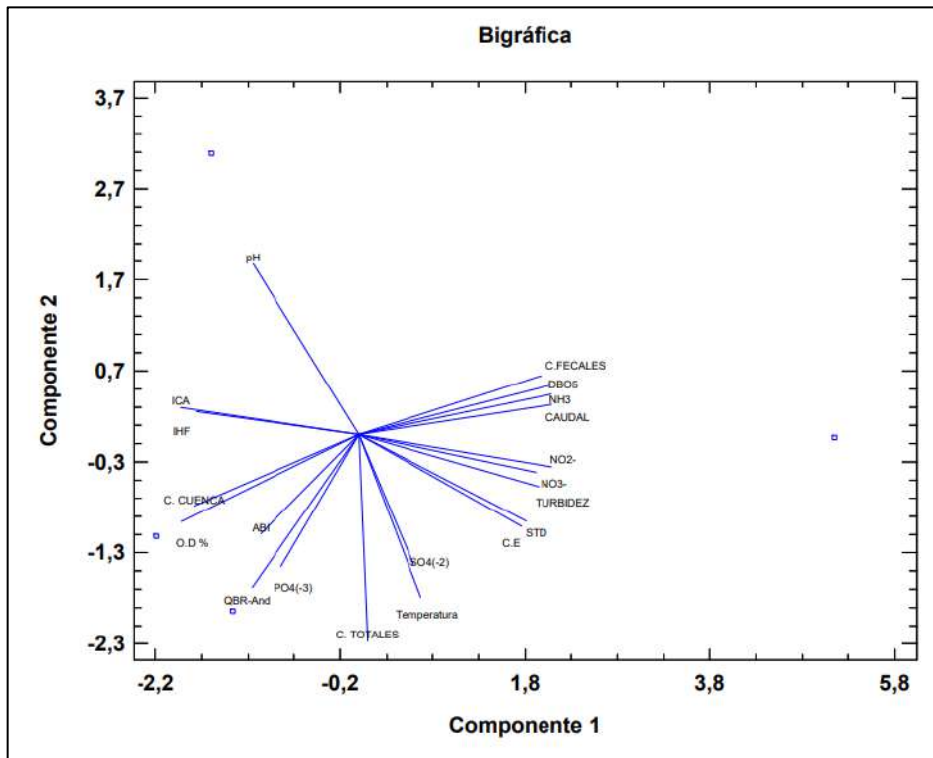
con la zona de Cebadas que cuenta con una calidad REGULAR de 67. Como se puede observar en el grafico 25-3, existe una variación poco significativa entre los valores de calidad promedio del agua, presentando una tendencia decreciente en la zona de Cebadas.

Las alteraciones de los parámetros fisicoquímicos generalmente están relacionadas a descargas puntuales de desechos momentos antes de recolectar las muestras (Castro et al., 2014). Por tal motivo, es importante recalcar que todos los parámetros medidos, reflejan únicamente la condición en la que se encuentra el día en cual se tomó la muestra, más no las perturbaciones que afectan directamente al medio acuático a lo largo del tiempo (OEA, 1978).

Los parámetros que alteran la calidad del agua de la microcuenca del río Cebadas son: la presencia de coliformes fecales, el pH, concentraciones de nitratos, concentraciones de fosfatos, la demanda bioquímica de oxígeno, la turbidez, el diferencial de temperaturas, los sólidos totales disueltos y el oxígeno disuelto.

En la zona de Yasepán estos parámetros se asocian a factores naturales como la deposición de excretas de animales silvestres, la composición fisicoquímica del suelo y del lecho fluvial, el arrastre de nutrientes desde la zona ribereña y la descomposición de materia orgánica. Algunos puntos de monitoreo dentro de esta zona se encuentran en la nueva Área protegida “Ichubamba-Yasepan” que no presenta mayor intervención humana, sin embargo, existe ganado salvaje distribuido por todo el sector. Por otro lado, existen otros puntos de monitoreo de la zona que están dentro la Cooperativa De Producción Agropecuaria Ichubamba-Yasepan donde se desarrollan actividades ganaderas intensivas a lo largo de la microcuenca del río Yasepan. En la zona de Atillo y Ozogoche estos parámetros están asociados a las actividades ganaderas intensivas en su gran mayoría y a las actividades antrópicas por la presencia de comunas rurales asentadas a los lados del río. Algunos de sus puntos de monitoreo se encuentran dentro del Parque Nacional Sangay, que no presenta mayor intervención humana, sin embargo, existe la presencia de ganado cerca del área. Por otro lado, en la zona de Cebadas los factores que están asociados a los parámetros de calidad del agua se ven afectados directamente por: descargas de agua residual y aguas lluvia, descargar puntuales de material fecal y residuos domésticos, la posible infiltración de aguas negras de fosas sépticas, actividad agrícola y ganadera y la descomposición de materia orgánica en las zonas de represamiento, etc. Esta zona es considerada altamente intervenida en comparación de las demás.

### 3.10. Correlación de variables de Agua e Índices Ecológicos



**Gráfico 26-3:** Bigráfica de Análisis de Componentes Principales de Agua e índices ecológicos.

Realizado por: (Duchicela K y Rivera I, 2022).

Se puede observar en el gráfico 26-3 la correlación de variables que existe entre los distintos parámetros de calidad del agua e índices ecológicos, en cuanto al ICA e IHF se puede deducir que estos dos índices guardan una estrecha relación entre sí y son directamente proporcionales, sin embargo, estos no se relacionan con la varianza de los parámetros inmersos para calidad del agua y son inversamente proporcionales entre sí. Se pueden apreciar 3 agrupaciones y por tanto se tienen 3 componentes principales para la explicación de la relación de variables:

*Componente principal 1:* Es representado principalmente por variables como: pH, ICA, IHF, condiciones de la Cuenca, O.D%, ABI, QBR-And y PO4. Aportan medianamente a la información recogida en la gráfica en comparación a las otras dos componentes de la calidad del agua.

*Componente principal 2:* Es representado principalmente por variables como coliformes totales, temperatura, SO4; es la componente que menos información aporta para la determinación de la calidad del agua según el gráfico.

*Componente principal 3:* las variables que representan este componente son: coliformes fecales, DBO5, NH3, caudal, NO2, NO3, turbidez, STD y conductividad eléctrica. Por la distribución y

agrupación de sus variables se considera como el componente principal del gráfico, siendo el que más peso tiene en la determinación de la calidad de agua de un río.

## CONCLUSIONES

- Se determinó una reducción del páramo en un 19,22% entre los años 1990-2008, situación suscitada por el reemplazo de actividades económicas como la producción maderera de *Pinus radiata* y Eucalipto, seguido de la expansión del mosaico agropecuario. Mediante la clasificación supervisada y recorridos por cada de los afluentes de la microcuenca del río Cebadas, se determinó una mayor alteración del bosque de ribera en la zona Cebadas y en aquellos puntos que se encuentran comunidades rurales, donde se registra un cambio de uso de suelo, fundamentado en los índices: IHF, ABI y QBR-And.
- Evaluados los parámetros físicos, fisicoquímicos y materia orgánica del suelo del bosque de ribera, la mayor parte de las zonas ribereñas de la microcuenca del río Cebadas mantienen una buena calidad del suelo con predominancia de la clase textural arenosa superior al 70%, así como de materia orgánica; de forma complementaria se determinó que las zonas con menor intervención antrópica como: Ozogoche y Atillo concentran mayores reservas de carbono orgánico, lo que otorga su importancia ecosistémica como mecanismo de mitigación al calentamiento global.
- Los Índices ecológicos que determinan la calidad del recurso hídrico de la microcuenca del río Cebadas de forma descendente en base a su relevancia corresponden a: QBR-And, Índice de hábitat fluvial y con menor relevancia: C.R.C y Ecostrand, por las restricciones y poca adaptabilidad al ecosistema de páramo estudiado. En lo correspondiente al componente biótico se puede concluir que las zonas de: Atillo, Ozogoche, Yasepan y Cebadas, mantienen una calidad entre: buena, regular y mala, con la predominancia de familias de macroinvertebrados como: *Chironomidae*, *Baetidae*, *Blepharoceridae* e *Hyaellidae*. Además, de presentar un alta heterogeneidad y diversidad en el sistema fluvial.
- Existe una predominancia de buena calidad del recurso hídrico, fundamentada en los parámetros estandarizados de calidad del agua (ICA); que de forma complementaria con los índices ecológicos: QBR-And, IHF, ABI, validan la calidad ecológica del bosque de ribera de la microcuenca del río Cebadas, en un estado de regular a bueno.

## RECOMENDACIONES

- Para la restauración ecológica del bosque de ribera, es recomendable la creación de zonas de amortiguamiento que integren las dos partes principales del bosque: sotobosque y mesobosque, incluyendo forraje nativo para este proceso con especies vegetativas endémicas.
- Integrando el estudio comparativo de cambio de uso de suelo y tomando en cuenta la importancia del suelo de páramo, se recomienda realizar investigaciones complementarias de comparación de calidad del suelo de páramo nativo y de suelo que ha sufrido procesos de paramización.
- Para un análisis integral de los índices evaluados en rangos de calidad (QBR-And, ABI y C.R.C) con las variables físicas y fisicoquímicas del suelo, es recomendable crear una tabla objetiva de la calidad, con el fin de obtener un índice de calidad del suelo para esta zona andina y altoandina del Ecuador.
- Realizar adaptaciones de los índices utilizados tomando en cuenta la geomorfología y las condiciones climáticas de la zona estudio, de ser necesario.
- Se recomienda realizar un estudio de la variabilidad climática a lo largo de la microcuenca del río Cebadas debido a que esto puede influir en los resultados del estudio de la calidad del agua.
- Es recomendable realizar tanto la toma de muestras de macroinvertebrados como de agua 48 horas después de una fuerte precipitación, debido a que la lluvia arrastra macroinvertebrados de otras zonas y sedimentos en los procesos de escorrentía, teniendo así resultados variados y poco certeros en este temporal.
- Crear un plan de manejo de conservación del recurso hídrico actualizado para la microcuenca del río Cebadas, donde se incluya la participación activa de todas las comunidades y poblaciones aledañas al sector.

## BIBLIOGRAFÍAS

**ACOSTA, R., RÍOS, B., RIERADEVALL, M., & PRAT, N. (2009).** 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*, 28(1).

**AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA. (2006).** HIDRI Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos. In *Agència Catalana de l'Aigua*. Recuperado de: [http://observatoriagua.uib.es/repositori/gf\\_indicadores\\_calidad.pdf](http://observatoriagua.uib.es/repositori/gf_indicadores_calidad.pdf)

**AGUIRRE, Z. (2018).** *BIODIVERSIDAD ECUATORIANA...ESTRATEGIAS, HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS PARA SU MANEJO Y CONSERVACIÓN* (Issue Primera Edición).

**ALARCÓN, I. (2020).** *Ecuador ha perdido más de la mitad de su cobertura glaciar - El Comercio.* El Comercio. Recuperado de: <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/ecuador-perdida-mitad-cobertura-glaciar.html>

**ALFAYATE, B., MARCOS, J., GONZALES, D., NIEVES, M., & OROZCO, B. (2008).** *Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química* (3rd ed.). Published by Paraninfo. Recuperado de: [https://books.google.com/books/about/Contaminaci%C3%B3n\\_ambiental\\_Una\\_visi%C3%B3n\\_des.html?hl=es&id=nUoOx-8knyUC](https://books.google.com/books/about/Contaminaci%C3%B3n_ambiental_Una_visi%C3%B3n_des.html?hl=es&id=nUoOx-8knyUC)

**ÁLVAREZ, X., SACO, I., ABILLEIRA, F., UCHA, M., & FERNANDEZ, L. B. (2014).** *Conservación y restauración del bosque de ribera.* Recuperado de: <file:///C:/Users/RICHI/Downloads/Conservacion-y-Restauracion-del-Bosque-de-Ribera-Un-caso-de-estudio-de-los-rios-de-Galicia-Pontevedra1.pdf>

**AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY. (N.D.).** *Cómo calcular un índice de biodiversidad* »Wiki Útil AMNH.

**AMOROS, C., & BORNETTE, G. (2002).** Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwater Biology*, 47.



**ARCOS, I. (2005).** *PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN ESCUELA DE POSGRADO.* CATIE

**BAUTISTA, A., ETCHEVERS, J., CASTILLO, R., & GUTIÉRREZ, C. (2004).** La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2).

**BOLAÑOS-ALFARO, J. D., CORDERO-CASTRO, G., & SEGURA-ARAYA, G. (2017).** 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*, 30(4). Recuperado de: <https://doi.org/10.18845/TM.V30I4.3408>

**BOMAN, B. J., WILSON, P. C., & ONTERMAA, E. A. (2015).** Understanding Water Quality Parameters for Citrus Irrigation and Drainage Systems 1. *IFAS*, 11. Recuperado de: <http://edis.ifas.ufl.edu>.

**BONELL, A. C. (2018).** Ecosistemas Altoandinos: su Importancia como Almacenes de Carbono en el Suelo bajo un Escenario de Cambio Climático. *Biodiversidad y Cambio Climático En Colombia: Avances, Perspectivas y Reflexiones, March*.

**BOSCH, J. R. (1999).** La calidad de las aguas. *Revista de Obras Publicas*, 146(3388).

**BUBB, P., ALMOND, R., STANWELL-SMITH, KAPOS, V., & JENKINS, M. (2011).** *Guía para el desarrollo y el uso de indicadores de biodiversidad nacional.* Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/meetings/ind/ahteg-sp-ind-01/other/ahteg-sp-ind-01-bipnational-es.pdf>

**CABRERA, E., GARCIA, L., GOMÉZ, H., & CAÑIZARES, M. DEL P. (2003).** Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Comunicación Técnica*, 47(1).

**CAHO-RODRÍGUEZ, C. A., & LÓPEZ-BARRERA, E. A. (2017).** Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia*, 12(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>

**CALDERÓN, C., BAUTISTA, G., & ROJAS, S. (2018).** Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del

departamento del Meta. *ORINOQUIA*, 22(2). Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v22n2/0121-3709-rori-22-02-00141.pdf>

**CAMACHO-RICO, F., TREJO, I., & BONFIL, C. (2017).** Estructura y composición de la vegetación ribereña de la barranca del río Tembembe, Morelos, México. *Botanical Sciences*, 31(78). Recuperado de: <https://doi.org/10.17129/botsci.1718>

**CARDONA, B. L. (2017).** *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*.

**CARGUA, F. E., RODRÍGUEZ, M. V, RECALDE, C. G., & VINUEZA, L. M. (2014).** Cuantificación del Contenido de Carbono en una Plantación de Pino Insigne (*Pinus radiata*) y en Estrato de Páramo de Ozogoché Bajo, Parque Nacional Sangay, Ecuador. *Información Tecnológica*, 25(3). Recuperado de: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000300011>

**CASTRO, M., ALMEIDA, J., FERRER, J., & DIAZ, D. (2014).** Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17). Recuperado de: <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>

**CHACÓN, M. (2016).** Análisis físico y químico de la calidad del agua. In Universidad Santo Tomás (Ed.), *instname: Universidad Santo Tomás*. Ediciones USTA.

**CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. (2013).** *Protocolos de muestreo y análisis para Indicadores Hidromorfológicos*.

**CUMMINS, K. W. (1971).** Hynes, H. B. N. 1970. The ecology of running waters. *Limnology and Oceanography*, 16(3). Recuperado de: <https://doi.org/10.4319/lo.1971.16.3.0593>

**DALE, V. H., & BEYELER, S. C. (2001).** Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1(1). Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00003-6)

**DARRIGRAN, G., VILCHEZ, A., LEGARRALDE, T., & DAMBORENA, C. (2007).** Guía para el estudio de macroinvertebrados I . - Métodos de colecta y técnicas de fijación . *Serie Técnica Didáctica*, May 2015.

**DE SOUZA, A. L. T., FONSECA, D. G., LIBÓRIO, R. A., & TANAKA, M. O. (2013).** *Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.022>

**DÍAZ, C., QUENTIN, E., JIMENÉZ, M. DEL C., ESTELLER, M. V., GARRIDO, S., LÓPEZ, C., & GARCÍA, D. (2003).** INDICADORES DE CONTAMINACION FECAL EN AGUAS. In *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas (RIPDA-CYTED)*.

**ELOSEGI, A., & SABATER, S. (2009).** *La vegetación terrestre asociada al río: el bosque de ribera* (1st ed.). Fundación BBVA.

**ENCALADA, A., & RIERADEVALL, M. (N.D.).** *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S)*.

**ENCALADA, A., RIERADEVALL, M., RÍOS, B., GARCÍA, N., & PRAT, N. (2011).** *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S)* (1st ed.). USFQ.

**ESPINOSA, K. (2019).** “CAMBIO DE USO DEL SUELO EN LAS COMUNIDADES: GAURÓN, ILLSHBUG, SAN VICENTE, UTUCÚN Y VÍA ORIENTE PERTENECIENTES A LA PARROQUIA RURAL CEBADAS, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO, AÑO 2013 – 2019, PARA EVALUAR LA PÉRDIDA DE PÁRAMO [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR ]. Recuperado: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17103/CAMBIO DE USO DEL SUELO EN ZONAS DE PÁRAMO\\_PARROQUIA CEBADAS\\_CANTÓN GUAMOTE\\_AÑO 2013-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17103/CAMBIO_DE_USO_DEL_SUELO_EN_ZONAS_DE_PÁRAMO_PARROQUIA_CEBADAS_CANTÓN_GUAMOTE_AÑO_2013-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**FAO. (2009).** *Glosario de agricultura orgánica*. Recuperado de: <http://www.fao.org/organicag/en/>

**FAO. (2019).** *Detengamos la erosión del suelo para garantizar la seguridad alimentaria en el futuro | Historias de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. Recuperado del: <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1193735/>

**FAO. (2009).** *Propiedades Químicas | Portal de Suelos de la FAO* . Recuperado de: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/sistemas-numericos/propiedades-quimicas/es/>

**FAO. (2020).** EL ESTADO DE LOS BOSQUES DEL MUNDO. *Programa Para El Medio Ambiente*, 56–83. Recuperado de: <https://doi.org/10.4060/ca8642es>

**FAO. (2021).** *Propiedades Físicas del Suelo* . Organización de Las Naciones Unidad Para La Alimentación y La Agricultura. Recuperado de: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

**FAUSTINO, J., & JIMENEZ, F. (2000).** *Manejo de Cuencas Hidrográficas* (p. 35). Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza. Recuperado de: [https://www.infocuenas.com/img/kcfinder/files/manejo de cuencas hidrograficas.PDF](https://www.infocuenas.com/img/kcfinder/files/manejo%20de%20cuencas%20hidrograficas.PDF)

**FERREIRO, P., AVALOS, M., & VÁZQUEZ, V. (2007).** *Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo.*

**FERRIOL, M., & MERLE, H. (2006).** *Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales.*

**FLORENCIA, A., TRAMA, A., ARELY, S., GUSTAVSON, S., DEMARCY, L., CARDOZO, L. E., ALBERTO, B., PALOMINO, J., ELVIRA, F., CCURO, M., RENATO, J., ALVARADO, R., RIZO, F. L. S., & VIALE, P. (2020).** Habitat quality indexes y macroinvertebrates in seven Basins of the Yanachaga Chemillén National Park and its Buffer Zone: conservation and management of the riparian forest in Peru. *Revista Peruana de Biología*, 27(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16730>

**FLORES, L., & ALCALÁ, J. (2010).** Manual de Procedimientos Analíticos: Laboratorio de Física de Suelos. *Instituto de Geología (UNAM)*, 56. Recuperado de: [https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL DEL LABORATORIO DE FISICA DE SUELOS1.pdf](https://www.geologia.unam.mx/igl/deptos/edafo/lfs/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1.pdf)

**FUENTES, L. (1971).** Interpretación y análisis de suelos. *Investigaciones Geográficas*, 1(4). Recuperado de: <https://doi.org/10.14350/rig.58865>

**GAD CEBADAS. (2015).** *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL.* Recuperado de: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0660818930001\\_Diagnóstico\\_Cebadas\\_15-05-2015\\_15-57-20.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0660818930001_Diagnóstico_Cebadas_15-05-2015_15-57-20.pdf)

**GAD DE CHIMBORAZO. (2013).** *PLAN DE MANEJO Y COGESTIÓN DEL TERRITORIO HÍDRICO DE CEBADAS (YASIPÁN, TINGO, ICHUBAMBA Y GUARGUALLÁ).*

**GALEANO RENDÓN, E., MONSALVE CORTES, L. M., & MANCERA RODRÍGUEZ, N. J. (2017).** Evaluación de la calidad ecológica de quebradas andinas en la cuenca del Río Magdalena, Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.398>

**GALOCHET, M. (2009).** El medio ambiente en el pensamiento geográfico francés: Fundamentos epistemológicos y posiciones científicas. *Cuadernos Geograficos*, 44. Recuperado de: <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v44i0.789>

**GAMARRA, O., BARRENA, M. Á., ORDINOLA, C., BARBOZA, E., LEIVA, D., RASCÓN, J., & CORROTO, F. (2018).** Quality of the riparian forest in the Utcubamba river basin. *Arnaldoa*, 25(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25218>

**GARCÍA, M., VERA, A., BENETTI, J., & BLANCO, L. (2016).** IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS MICROHÁBITATS DE AGUA DULCE. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(1). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57544858003>

**GASPARI, F., RODRÍGUEZ VAGARÍA, A. M., SENISTERRA, G. E., DENEGRI, G., DELGADO, M., & BESTEIRA, S. (2013A).** Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *Augmdomus*, 4(0).

**GASPARI, F., RODRÍGUEZ VAGARÍA, A. M., SENISTERRA, G. E., DENEGRI, G., DELGADO, M., & BESTEIRA, S. (2013B).** Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *Augmdomus*, 4(0).

**GIACOMETTI, J., & BERSOSA, F. (2006).** Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi . *IASA*, 2. Recuperado de: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica/article/viewFile/1394/985>

**GISBERT BLANQUER, J., ASENSIO, S., & MORENO, H. (2009).** *LA TEXTURA DE UN SUELO.*

Gómez, J. (2013). Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos. *Servicio Nacional de Aprendizaje*, 100. Recuperado de: [https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/2785/1/practicas\\_campo\\_laboratorio\\_suelos.pdf](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/2785/1/practicas_campo_laboratorio_suelos.pdf)

**GONZÁLEZ, J. (2014).** Bioindicadores como aliados en el monitoreo de condiciones ambientales. *CEGESTI*. Recuperado de: [http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion\\_252\\_240214\\_es.pdf](http://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_252_240214_es.pdf)

**GONZÁLEZ, L., & LOZANO, L. (2004).** BIOINDICADORES COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL EN LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA LAS DELICIAS RESUMEN. *Umbral Científico*, 1(5).

**GONZÁLEZ-VALDIVIA, N., OCHOA-GAONA, S., POZO, C., GORDON FERGUSON, B., RANGEL-RUIZ, L. J., ARRIAGA-WEISS, S. L., PONCE-MENDOZA, A., & KAMPICHLER, C. (2011).** Indicadores ecológicos de hábitat y biodiversidad en un paisaje neotropical: perspectiva multitaxonómica. *Revista de Biología Tropical*, 59(3). Recuperado de: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442011000300039&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000300039&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

**GRACE, J. B. (2002).** The Production Ecology of Wetlands. *Aquatic Botany*, 73(1). Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(02\)00003-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(02)00003-7)

**GREGORY, S. V., SWANSON, F. J., MCKEE, W. A., & CUMMINS, K. W. (1991).** An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. *BioScience*, 41(8). Recuperado de: <https://doi.org/10.2307/1311607>

**GUERRERO, E. (1998).** Una aproximación a los humedales en Colombia. *Fondo FEN*, 12.

**HANSON, P., SPRINGER, M., & RAMIREZ, A. (2010).** Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58. Recuperado de: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000800001&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

**HAUN, R. S., & FORTES, J. A. (2015A).** *UTILIZACIÓN DE LOS ÍNDICES DE HÁBITAT FLUVIAL, BOSQUE DE RIBERA Y MACRÓFITAS PARA LA DETERMINACIÓN DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DEL ESTERO CATAPILCO, REGIÓN DE VALPARAÍSO.*

**HAUN, R. S., & FORTES, J. A. (2015B).** *UTILIZACIÓN DE LOS ÍNDICES DE HÁBITAT FLUVIAL, BOSQUE DE RIBERA Y MACRÓFITAS PARA LA DETERMINACIÓN DE CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO DEL ESTERO CATAPILCO, REGIÓN DE VALPARAÍSO.*

**HERNÁNDEZ, N. (2018).** El río y su territorio. Espacio de libertad: un concepto de gestión. *Terra. Nueva Etapa*, 34(56).

**HOOGSTEEEN, M., LANTINGA, E., BAKKER, E., GROOT, J. C., & TITTONELL, P. (2015).** Estimating soil organic carbon through loss on ignition: effects of ignition conditions and structural water loss. *European Journal of Soil Science*, 66(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/ejss.12224>

**HOUGHTON, R. A., & WOODWELL, G. M. (1989).** Global Climatic Change. *Scientific American*, 260(4). Recuperado de: <http://www.jstor.org/stable/24987210>

**HUAMÁN, M. L., ESPINOZA, F., BARRIAL, A. I., & PONCE, Y. (2021).** Influence of altitude and soil characteristics on organic carbon storage capacity of high Andean natural pastures. *Scientia Agropecuaria*, 12(1). Recuperado de: <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2021.010>

**JACOBSEN, D., & ENCALADA, A. (1998).** The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams in the wet and dry season. *Archiv Fur Hydrobiologie*, 142(1). Recuperado de: <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/142/1998/53>

**JACOBSEN, D. (1998).** The effect of organic pollution on the macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams. *Archiv Fur Hydrobiologie*, 143(2). Recuperado de: <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/143/1998/179>

**JACOBSEN, D., & ENCALADA, A. (1998).** The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams in the wet and dry season. *Fundamental and Applied Limnology*, 142(1). Recuperado de: <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/142/1998/53>

**JACOBSEN, D., ROSTGAARD, S., & VÁSCONEZ, J. J. (2003).** Are macroinvertebrates in high altitude streams affected by oxygen deficiency? *Freshwater Biology*, 48(11). Recuperado de: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01140.x>

**JULCA, A., MENESES-FLORIÁN, L., BLAS-SEVILLANO, R., & BELLO-AMEZ, S. (2006).** LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA. *Idesia (Arica)*, 24(1). Recuperado de : <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>

**JARAMILLO, D. (2002).** *INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO*. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**LAHUATTE, B., & RECALDE, M. (2015).** *Propiedades físico - químicas del suelo como instrumento de evaluación a las estrategias de restauración implementadas en áreas degradadas de páramo, caso de estudio: Microcuencas Antisana y Pita.*

**LI, D., & LIU, S. (2019A).** Detection of River Water Quality. In *Water Quality Monitoring and Management* (pp. 211–220). Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811330-1.00007-7>

**LI, D., & LIU, S. (2019B).** Prediction of Water Quality. In *Water Quality Monitoring and Management* (pp. 161–197). Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811330-1.00005-3>

**LI, D., & LIU, S. (2019C).** Water Quality Evaluation. In *Water Quality Monitoring and Management* . Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811330-1.00004-1>

**LLAMBÍ, L., SOTO, A., BORJA, P., OCHOA, B., CELLERI, R., & BIEVRE, B. (2012).** Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos. In *Los suelos del Páramo*. Recuperado de: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56477.pdf>

**LEOPOLD, LUNA. B. (1997).** *Water, Rivers and Creeks* (R. Ishi, Ed.; 1st ed.). University Science Books.



**LÓPEZ, E., VÁSQUEZ, J., VILLA, F., & REINOSO, G. (2015).** Evaluación de la calidad del bosque de ribera, utilizando un método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical (Tolima, Colombia). *Tumbaga*, 1(10).

**MAE. (2012).** *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Recuperado de: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS\\_ECUADOR\\_2.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf)

**MAGAP. (2012).** *Mapa de cobertura y uso de la tierra Ecuador*.

**MARÍN, R. (2010).** Características Físicas, Químicas Y Biológicas de las aguas. In *Emacsa* (Vol. 1). Recuperado de: <https://www.google.com/search?q=Prof.+Dr.+Rafael+Marín+Galvín+Jefe&oq=Prof.+Dr.+Rafael+Marín+Galvín+Jefe&aqs=chrome.69i57j33i160.909j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

**MARTÍNEZ, C. (2009).** Dinámica de cambios de uso de suelo en zonas Altoandinas del Ecuador. *Paramundi*, 1–9.

**MARTÍNEZ H, E., FUENTES E, J. P., & ACEVEDO H, E. (2008).** CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(1), 68–96. Recuperado de: <https://doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>

**MENESES-CAMPO, Y., CASTRO-REBOLLEDO, M. I., & JARAMILLO-LONDOÑO, A. M. (2019).** Comparison of water quality between two andean rivers by using the BMWP/COL and ABI. Indices. *Acta Biologica Colombiana*, 24(2), 299–310. Recuperado de: <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>

**MILLER, S., & JUDSON, S. (2014).** Responses of macroinvertebrate drift, benthic assemblages, and trout foraging to hydropeaking. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(5), 675–687. Recuperado de: <https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0562>

**MINISTERIO DE AMBIENTE. (2008).** *Informe Final de la Evaluación de la Precisión del Mapa Histórico de Deforestación del Ecuador Continental 1990 , 2000 y 2008 Introducción*. Recuperado de: <http://suiadoc.ambiente.gob.ec/documents/10179/185860/MAE+2013a.+Informe+final+de+la+evaluación+de+la+precisión+del+mapa+histórico+de+deforestación+del+Ecuador.pdf/031a194c-0427-4a76-8975-53f7aa432615;jsessionid=lmhQ+uQNPfHVBHuSxNxxlmFS?version=1.0>

**MORALES, A. & CÁRDENAS, E. (2015).** Importancia y utilidad de los bioindicadores acuáticos. *Biodiversidad Colombia*, 5(July 2015).

**MOREIRA BRAZ, A., HELENA, P., GARCÍA, M., ANDRÉ, Δ, PINTO, L., SALINAS CHÁVEZ, ‡ EDUARDO, IVANILTON, ◇, & DE OLIVEIRA, J. (2020).** Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra1 \*. *Revista Colombiana de Geografía* . Recuperado de: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.76232>

**MORENO, C. E. (2001).** *Métodos para medir la biodiversidad* (M&T–Manuales y Tesis SEA, Ed.; 1st ed.).

**MOROCHO, F., SATIN, R., RUIZ, L., ALVARADO, V., & RENGEL, E. (2018).** Evaluación de la calidad de las riberas en cuencas prioritarias del cantón Loja, provincia de Loja, Ecuador Assessment. *Bosques Latitud Cero*, 8(2). Recuperado de: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/502/397>

**MUNNE, A., PRAT, N., SOLA, C., BONADA, N., & RIERADEVALL, M. (2003).** A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13. Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/aqc.529>

**NAG, O. (2017).** What Is A River System? In *World Atlas* (1st ed.). Lead. Recuperado de: <https://www.worldatlas.com/articles/what-is-a-river-delta.html>

**NAIMAN, R. J., BILBY, R. E., & BISSON, P. A. (2000).** Riparian ecology and management in the Pacific Coastal Rain Forest. *BioScience*, 50(11). Recuperado de: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0996:REAMIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0996:REAMIT]2.0.CO;2)

**NAVAS CUENCA, E. (2017).** *Calidad de aguas : usos y aprovechamiento* (1" edición, Vol. 1). ICB. S.L. Recuperado de: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/113231>

**Noe, G. (2013).** Interactions among Hydrogeomorphology, Vegetation, and Nutrient Biogeochemistry in Floodplain Ecosystems. In *Treatise on Geomorphology* (pp. 307–321). Elsevier. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00338-9>

**OEA. (1978).** *Calidad Ambiental y Desarrollo de Cuencas Hidrográficas: un Modelo para Planificación y Análisis Integrados.* Recuperado de: <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea69s/ch001.htm>

**OLLERO, A. (2007).** Algunos apuntes sobre la dinámica fluvial: los ríos actuales como resultado de su propialibertad y de la intervención humana en sus riberas. *Fundación Nueva Cultura Del Agua. Documentos Delprofesorado.*, 22. Recuperado de: <https://doi.org/http://10.13140/RG.2.1.2414.1843>.

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. (2009).** Guía para la descripción de suelos. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación*, 3(4), 100. Recuperado de: [file:///C:/Users/Alina Belen Ortiz/Downloads/a0541s00 \(1\).pdf](file:///C:/Users/Alina/Belen%20Ortiz/Downloads/a0541s00%20(1).pdf)

**ORTIZ, L. (2005).** La Bioindicación De La Calidad Del Agua: : importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogota. *Umbral Científico*, 7. Recuperado de: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/html/304/30400702/30400702.html>

**PARDO, I., ÁLVAREZ, M., CASAS, J., LUIS MORENO, J., VIVAS, S., BONADA, N., ALBA-TERCEDOR, J., JÁIMEZ-CUÉLLAR, P., MOYÀ, G., PRAT, N., ROBLES, S., LUISA SUÁREZ, M., TORO, M., & ROSARIO VIDAL-ABARCA, M. (2002).** El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21(4).

**PINOS-RODRÍGUEZ, J., GARCÍA-LOPEZ, J., PEÑA-AVELINO, L., RENDÓN-HUERTA, J., GONZÁLES-GONZÁLES, C., & TRISTÁN-PATIÑO, F. (2012).** IMPACTOS Y REGULACIONES AMBIENTALES DEL ESTIÉRCOL GENERADO POR LOS SISTEMAS GANADEROS DE ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA. *Agrociencia*, 46(4). Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n4/v46n4a4.pdf>

**PLA, L. (2006).** Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8). Recuperado de: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&tlng=es).

**PORTA, J., LOPEZ-ACEVEDO, M., & POCH, R. (2000).** *Introducción a la edafología : uso y protección del suelo.* (Mundi-Prensa, Vol. 1). Mundi-Prensa.

**POSADA, M. I., & ARROYAVE, M. DEL P. (2015).** ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL RETIRO RIBEREÑO PARA EL DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL RÍO LA MIEL, CALDAS, COLOMBIA. *EIA*, 12. Recuperado de: <https://doi.org/10.14508/reia.2015.12.23.117-128>

**RAMIREZ, A., & PRINGLE, C. (2001).** Spatial and temporal patterns of invertebrate drift in streams draining a Neotropical landscape. *Freshwater Biology*, 46. Recuperado de: <https://pringlelab.ecology.uga.edu/wp-content/uploads/2013/12/Ramirez-and-Pringle-2001-Freshwater-Biology.pdf>

**QUICHIMBO, P., TENORIO, G., BORJA, P., CÁRDENAS, I., CRESPO, P., & CÉLLERI, R. (2012).** Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. *Suelos Ecuatoriales*, 42(2).

**QUIROZ, L. S., IZQUIERDO, E., & MENÉNDEZ, C. (2017).** Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *La Habana* , 38(3). Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382017000300004](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300004)

**RAMOS-ORTEGA, L. M., VIDAL, L. A., SANDRA, V. Q., & SAAVEDRA-DÍAZ, L. (2010).** Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Acta Biologica Colombiana*, 13(3).

**RAFFO, E., & RUIZ, E. (2014).** Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>

**RAMOS-ORTEGA, L. M., VIDAL, L. A., SANDRA, V. Q., & SAAVEDRA-DÍAZ, L. (2010).** Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe Colombiano. *Acta Biologica Colombiana*, 13(3).

**RAMSAR. (2010).** *Directrices para la evaluación ecológica rápida de la biodiversidad de las zonas costeras, marinas y de aguas continentales.*

**REYNOLDSON, T. B., NORRIS, R. H., RESH, V. H., DAY, K. E., & ROSENBERG, D. M. (1997).** The Reference Condition: A Comparison of Multimetric and Multivariate Approaches to

Assess Water-Quality Impairment Using Benthic Macroinvertebrates. *Journal of the North American Benthological Society*, 16(4). Recuperado de: <https://doi.org/10.2307/1468175>

**RODRÍGUEZ, E., DOMÍNGUEZ, P. A., POMPA, M., QUIROZARRATIA, J. A., & LÓPEZ, M. E. P. (2012).** Calidad del bosque de ribera del río El Tunal, Durango, México; mediante la aplicación del índice QBR. *Gayana - Botanica*, 69(1). Recuperado de: <https://doi.org/10.4067/S0717-66432012000100014>

**RODRÍGUEZ-TÉLLEZ, E., GARCÍA-DE-JALÓN, D., PÉREZ-LÓPEZ, M. E., TORRES-HERRERA, S. I., ORTIZ-CARRASCO, R., POMPA-GARCÍA, M., MORALES-MONTES, M., GARCÍA-GARCÍA, D. A., ZAMUDIO-CASTILLO, E., & VÁZQUEZ VÁZQUEZ, L. (2016).** Characterization of the ecological quality of the gallery forest of the river La Saucedá, Durango, Mexico. *Hidrobiológica*, 26(1). Recuperado de: [scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-88972016000100006#:~:text=Respecto al total de sitios,30.7%25 resultaron clasificados como sitios](https://scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972016000100006#:~:text=Respecto al total de sitios,30.7%25 resultaron clasificados como sitios)

**ROLDÁN-PÉREZ, G. (2016A).** Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155). Recuperado de: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>

**ROLDÁN-PÉREZ, G. (2016B).** Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155). Recuperado de: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>

**ROLDÁN, G. (2012).** *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua* (A. Ballesteros (ed.); 1st ed.). CAR. Recuperado de: <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp12.pdf>

**ROLDAN PEREZ, G., & RAMIREZ RESTREPO, J. (2008).** La contaminación del agua. In *Fundamentos de limnología neotropical* (2a ed). Universidad de Antioquia. Recuperado de: <https://www.untumbes.edu.pe/vcs/biblioteca/document/varioslibros/0742>. Fundamentos de limnología neotropical.pdf

**ROMERO, J. (2009).** Análisis físico del agua. In *Calidad del Agua* (Tercera).

**RUIZ, F. (2009).** *Urkukuna, los páramos*. 36.

**ROLDÁN, G. (2012).** *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua Los Macroinvertebrados omo Bioindicadores de la* (A. Ballesteros, Ed.; 1st ed.). CAR. Recuperado de: <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp12.pdf>

**ROLDÁN, G., & RAMÍREZ, J. (2008).** *Fundamentos de limnología neotropical* (L. Bernal, Ed.; 2nd ed.). Editorial Universidad de Antioquia.

**ROLDÁN-PÉREZ, G. (2016).** Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155). Recuperado de: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>

**ROMERO, J. (2009).** Análisis físico del agua. In *Calidad del Agua* (Tercera).

**RUCKS, L., GARCÍ, A., KAPLÁN, A., PONCE DE LEÓN, J., & HILL, M. (2004).** Propiedades Físicas del Suelo. In *Dpto. Suelos y Aguas*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1039/TF9686403358>

**SALMERÓN, A., GEADA LÓPEZ, G., DEL CARMEN, M., & ESPINOZA, F. (2017).** Propuesta de un índice de diversidad funcional. Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental Proposal of an index for functional diversity. Application to a microphyll semi-deciduous forest in eastern Cuba. *BOSQUE*, 38(3). Recuperado de: <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300003>

**SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, R., RAMOS-REYES, R., GEISSEN, V., MENDOZA-PALACIOS, J. DE D., CRUZ-LÁZARO, E. DE LA, SALCEDO-PÉREZ, E., PALMA-LÓPEZ, D. J., SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, R., RAMOS-REYES, R., GEISSEN, V., MENDOZA-PALACIOS, J. DE D., CRUZ-LÁZARO, E. DE LA, SALCEDO-PÉREZ, E., & PALMA-LÓPEZ, D. J. (2011).** CONTENIDO DE CARBONO EN SUELOS CON DIFERENTES USOS AGROPECUARIOS EN EL TRÓPICO MEXICANO. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 211–219. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792011000200211&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000200211&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

**SÁNCHEZ, E., RUIZ, J. M., ROMERO, L., PRECIADO-RANGEL, P., FLORES-CÓRDOVA, M. A., & MÁRQUEZ-QUIROZ, C. (2018).** ¿Son los pigmentos fotosintéticos buenos indicadores de la relación del nitrógeno, fósforo y potasio en frijol ejotero? *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(15), 387. Recuperado de :<https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1757>

**SEMARNAT. (2013).** *Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. XXXIV.* Recuperado de: <file:///C:/Users/USER/Downloads/05-crono-equino.pdf>

**SIDLE, R., & ONDA, Y. (2004).** Hydrogeomorphology: overview of an emerging science. *Hydrological Processes*, 18(4). Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/hyp.1360>

**SIERRA RAMÍREZ, C. A. (2011).** *Calidad del agua : evaluación y diagnóstico* (L. D. López Escobar, Ed.; Primera). Ediciones de la U.

**SAWYER, C., PERRY, L., & MACCARTY, G. (2001).** *Química para Ingeniería ambiental* (McGRAW-HIL).

**SIERRA RAMÍREZ, C. A. (2011).** *Calidad del agua : evaluación y diagnóstico* (L. D. López Escobar (ed.); Primera). Ediciones de la U.

**SNET. (2015).** *ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL "ICA"* .

**SILVA, R., & ARANCIBIA, J. (2015).** Utilización de los índices de habitat fluvial, bosque de ribera y macrófitas para la determinación de calidad del recurso hídrico del estero Catapilco, región de Valparaíso. *Anales Museo de Historia Natural de Valparaíso*. Recuperado de: [https://issuu.com/museodevalparaiso/docs/mhmv\\_028](https://issuu.com/museodevalparaiso/docs/mhmv_028)

**SMITH, R., & SMITH, T. (2000).** *Elements of Ecology*. Addison Wesley Longman.

**SNYDER, G., & CAIN, J. (2003).** The past and present condition of the Marsh Creek watershed. *Natural Heritage Institute*, 3, 71. Recuperado de:[www.n-h-i.org](http://www.n-h-i.org)

**SUATUNCE, J. (2009).** Composición Florística y Estructura del Remanente de Bosque de Galería de la Corporación Agrícola San Juan, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 22(1). Recuperado de:<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/89/52>

**U.N.L.P. (2019).** *POROSIDAD Y AIREACIÓN DENSIDAD REAL Y APARENTE*. Recuperado de: [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42969/mod\\_resource/content/1/POROSIDAD Y AIREACION 26-3-19.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42969/mod_resource/content/1/POROSIDAD Y AIREACION 26-3-19.pdf)

**USDA. (1999a).** *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*. Recuperado de: <http://agroecologiar.com/wp-content/uploads/2019/08/Guia-eval-calidad-y-salud-del-suelo.pdf>

**USDA. (1999b).** *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*.

**VALLARINO, A., VELARDE, A. J., MELING, A., ORTEGA, A., & RUIZ, A. C. (2014).** BIOINDICADORES: guardianes de nuestro futuro ambiental. In A. González, A. Vallarino, J. C. Pérez, & A. Antonio Low Pfeng (Eds.), *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)* (1st ed.).

**VANNOTE, R. L., MINSHALL, G. W., CUMMINS, K. W., CUSHING, C. ., & SEDELL, J. R. (1980).** The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37.

**VILLAMARÍN, C., PRAT, N., & RIERADEVALL, M. (2014).** Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 42(5). Recuperado de: <https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-12>.

**WALPOLE, MAYERS, & MAYERS. (2012).** *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias* (Pearson, Ed.; 9th ed.).

**WALTEROS, J., & PAIBA, J. (2010).** Estudio Preliminar De La Comunidad De Macroinvertebrados Acuáticos En La Reserva Forestal Torre Cuatro. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 14(1).

**WARD, J. V., TOCKNER, K., ARSCOTT, D. B., & CLARET, C. (2002).** Riverine landscape diversity. *Freshwater Biology*, 47(4), Recuperado de: <https://doi.org/10.1046/J.1365-2427.2002.00893.X>


**ZARATE, J. (2008).** *PROYECTO DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES DE CHIMBORAZO*.



**ZARATE, J. (2008).** *PROYECTO DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES DE CHIMBORAZO.*

## ANEXOS

### ANEXO A: HOJA DE CAMPO PARA EVALUAR EL PUNTO DE REFERENCIA EN RÍOS ANDINOS

CONDICIONES DE REFERENCIA EN RÍOS ANDINOS			
			
Apartado		Poco	Medio Mucho
<b>CUENCA</b>			
1.1	Cobertura de especies introducidas (Eucaliptos y Pinos especialmente)	5	3 1
1.2	Porcentaje de cobertura en pastos artificiales	5	3 1
1.3	Porcentaje de cobertura en usos urbanos	5	3 1
1.4	Ausencia de vegetación autóctona	5	3 1
1.5	Explotaciones mineras	5	3 1
1.6	Explotaciones ganaderas intensivas (intensivas)	5	3 1
<b>HIDROLOGÍA</b>			
2.1	Presencia de grandes presas aguas arriba del lugar	5	3 1
2.2	Derivaciones de agua para hidroeléctricas azudes < 10m	5	3 1
2.3	Trasvases a otras cuencas o desde otras cuencas	5	3 1
2.4	Derivaciones para usos en agricultura y ganadería	5	3 1
2.5	Derivaciones para uso en minería	5	3 1
2.6	Derivaciones para uso urbano (usos domésticos e industriales)	5	3 1
<b>TRAMO (Incluye ribera y zona inundación)</b>			
3.1	Canalización del río por infraestructuras rígidas (escolleras, etc...)	5	3 1
3.2	Canalización del río por terraplenes	5	3 1
3.3	Presencia de cultivos i/ovacas y pasto en la llanura de inundación	5	3 1
3.4	Infraestructuras laterales (carreteras, construcciones...)	5	3 1
3.5	Falta de cubierta de la zona de ribera (árboles o arbustos)	5	3 1
3.6	% Cubierta vegetal por especies introducidas (árboles o arbustos)	5	3 1
<b>LECHO</b>			
4.1	Sustrato del lecho totalmente artificial (p.e. cemento, escollera....)	5	3 1
4.2	Infraestructuras transversales (p.e. azudes, vados)	5	3 1
4.3	Presencia de efluentes directos al río	5	3 1
4.4	Contaminación orgánica evidente	5	3 1
4.5	Contaminación minera evidente	5	3 1
4.6	Presencia de basuras y escombros (sea en la ribera o en el mismo lecho)	5	3 1
<p>El valor máximo del índice es de 120, el mínimo de 24.</p> <p>Se considera que valores superiores a 100 son necesarios para poder considerar un punto como de referencia.</p> <p>De todas formas un punto de referencia debe obtener como mínimo 20 puntos en cada apartado.</p>			

## ANEXO B: HOJA DE CAMPO PARA EVALUAR EL ÍNDICE QBR-AND

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



La puntuación de cada uno de los 3 apartados  
no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos

Estación \_\_\_\_\_  
Observador \_\_\_\_\_  
Fecha \_\_\_\_\_

### Grado de cubierta de la zona de ribera

Puntuación bloque 1

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%

### Calidad de la cubierta

Puntuación bloque 2

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

### Grado de naturalidad del canal fluvial

Puntuación bloque 3

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 final** (suma de las anteriores puntuaciones)

\_\_\_\_\_



**ANEXO D: HOJA DE REGISTRO DE LABORATORIO PARA EL ÍNDICE ABI**

**Matriz del Laboratorio**

Fecha:	Site:
Observador (a):	

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

Observaciones:

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

**ANEXO E: REGISTROS FOTOGRÁFICOS MEDICIÓN DE CAUDALES**



Toma de pH y O.D insitu- Zona de Cebadas



Medición de las profundidades del cauce del río- Zona de Atillo



Medición de la velocidad del cauce – Zona de Ozogoche



Toma de velocidades a distintas profundidades- Zona de Cebadas



Medición de la profundidad del río- Zona de Yasepán.

**ANEXO F: TOMA DE MUESTRAS DE SUELO**



Toma de muestras de suelo- Zona de Atillo.



Toma de muestras de suelo- Zona de Yasepán.



Preparación de muestras de suelo para densidad real- Zona de Cebadas.



Toma de muestras de suelo – Zona de Ozogoche.



**ANEXO G:: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA**



Toma de muestras de agua- Zona de Yasepán



Toma de muestras de agua en botellas de  
ambar de 1L – Zona de Cebadas








Siembra in situ en cajas compact dry de  
coliformes fecales y coliformes totales - Zona  
de Atillo



Toma de muestras de agua y coliformes- Zona  
de Ozogoche.

**ANEXO H: RECOLECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS**

 A close-up photograph showing two individuals, one in a red shirt, examining a large, dark, rounded rock sample. One person is using a blue-handled tool to work on the surface of the rock. A small white dish containing a dark substance is visible in the foreground.	 A photograph of two people sitting on the ground outdoors, engaged in field work. They are surrounded by various pieces of equipment, including a large blue bucket, a white tray, and a purple bag. One person is using a tool to collect samples from a white tray.
<p>Recolección de macroinvertebrados de rocas- Zona de Atillo</p>	<p>Recolección de macroinvertebrados del sedimento - Zona de Cebadas</p>
 A photograph showing two people wading in a shallow river. They are using nets to collect samples from the riverbed. The background shows a rocky riverbank with some vegetation.	 A photograph of a clear glass petri dish containing several small, dark, preserved macroinvertebrate specimens. The specimens are scattered across the surface of the dish.
<p>Recolección de macroinvertebrados con la red tipo D – Zona de Yasepán</p>	<p>Macroinvertebrados en caja petri con alcohol al 95% para identificación- Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH</p>
 A close-up photograph of a petri dish held by a hand. The dish contains a small, dark, preserved macroinvertebrate specimen. The background is blurred, showing a blue object and a white circular object.	
<p>Muestra de macroinvertebrados en eppendorf con alcohol al 95%</p>	

## ANEXO I: ANÁLISIS DE ÁGUA Y SUELO EN LABORATORIO



Determinación de nitrógeno amoniacal - Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH



Determinación de la DBO5 - Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH



Identificación de macroinvertebrados- Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH




Determinación de la materia orgánica en las muestras de suelo- Laboratorio GIDAC



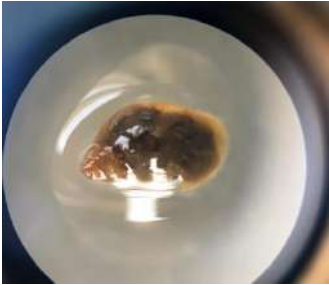





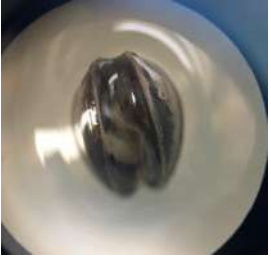


Siembra de coliformes totales - Laboratorio de Calidad del Agua ESPOCH

ANEXO J: FICHA DE CAMPO PARA EVALUAR EL ÍNDICE IHF

<b>Medición del Índice Hábitat Fluvial (IHF)</b>			
			
<b>Inclusión de rápidos - sedimentación de charcos</b>			
Puntuación			Total
10	Piedras, cantos rodeados y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0-30 %		
5	Piedras, cantos rodeados y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30-50 %		
0	Piedras, cantos rodeados y gravas medianamente fijadas por el sedimento fino. Inclusión > 60 %		
<b>Frecuencia de rápidos</b>			
Puntuación			Total
10	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7		
8	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15		
6	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos y anchura del río 15		
4	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos del río > 25		
2	Sólo pozas		
<b>Regímenes de velocidad / profundidad</b>			
Puntuación			Total
10	4 categorías : Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero		
8	Solo 3 de las 4 categorías		
6	Solo 2 de las 4		
4	solo 1 de las 4		
<b>Composición del sustrato</b>			
	Puntuación	Total	
2	1-10 %	% Bloques y piedras	
5	> 10 %		
2	1-10 %	% Cantos y gravas	
5	> 10 %		
2	1-10 %	% Arena	
5	> 10 %		
2	1-10 %	% Limo y arcilla	
5	> 10 %		
<b>Cobertura de vegetación acuática</b>			
Puntuación		Total	
10	Algas + briofitas (líquenes y musgos) material flotante	10 - 50 %	
5		< 10 % > 50 %	
0		Ausencia Total	
10	Vegetación pegada a las rocas	10 - 50 %	
5		< 10 % > 50 %	
0		Ausencia Total	
10	Plantas acuáticas / sema acuáticas	10 - 50 %	
5		< 10 % > 50 %	
0		Ausencia Total	
Puntuación		Total	
<b>Elementos de heterogeneidad</b>			
Puntuación		Total	
4	Hojarasca > 10 % o < 75 %		
2	< 10 % o > 75 %		
2	Presencia de troncos y ramas		
2	Raíces expuestas		
2	Diques naturales		
<b>Porcentaje de sombra en el cauce</b>			
Puntuación		Total	
10	Sombreado con ventanas		
7	Totalmente en sombra		
5	Grandes claros		
4	Expuesto		
<b>Rangos de calidad según el índice de hábitat fluvial</b>			
Muy alta diversidad de hábitats		> 90	
Alta diversidad de hábitats		71 - 90	
Diversidad de hábitats media		50 - 70	
Baja diversidad de hábitats		31 - 49	
Muy baja diversidad de hábitats		< 30	

**ANEXO K: MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO CEBADAS**

		
<p><b>Familia:</b> Planariidae</p>	<p><b>Clase:</b> Hirudinea</p>	<p><b>Familia:</b> Lymnaeidae</p>
		
<p><b>Clase:</b> Oligochaeta</p>	<p><b>Familia:</b> Ancyliidae</p>	<p><b>Familia:</b> Planorbidae</p>
		
<p><b>Familia:</b> Physidae</p>	<p><b>Familia:</b> Hydrobiidae</p>	<p><b>Familia:</b> Sphaeriidae</p>



**Familia:** Hyalellidae



**Familia:** Baetidae



**Familia:** Leptophlebiidae



**Clase:** Ostracoda



**Suborden:** Hydracarina



**Familia:** Gripopterygidae



**Familia:** Leptoxyphidae



**Familia:** Hydroptilidae



**Familia:** Hydrobiosidae



**Familia:** Glossosomatidae



**Familia:** Philopotamidae



**Familia:** Polycentropodidae



**Familia:** Limnephilidae



**Familia:** Leptoceridae



**Familia:** Elmidae (Adulto)



**Familia:** Elmidae (Larva)



**Familia:** Scirtidae (larva)



**Familia:** Blepharoceridae





**Familia:** Ceratopogonidae



**Familia:** Dolichopodidae



**Familia:** Muscidae



**Familia:** Empididae



**Familia:** Chironomidae



**Familia:** Simuliidae



**Familia:** Tipulidae


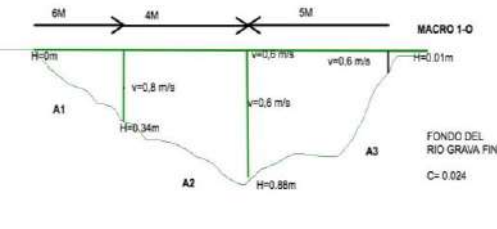



**Familia:** Tabanidae


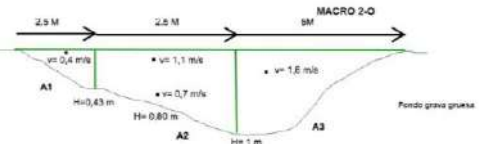



**Familia:** Stratiomyidae


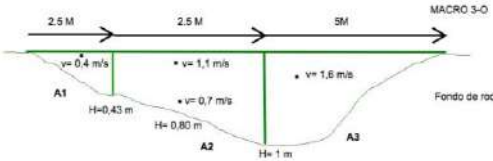

**ANEXO L: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 1**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
<b>Monitoreado por</b>	Ivonne Rivera		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
<b>Fecha</b>	7/11/2021		<b>Coordenadas</b>	2°15'24.76" S			
<b>Hora de inicio</b>	13:27	<b>Hora fin</b>		78°35'01.53" O			
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3755 mmsm			
<b>Cantón</b>	Alausí		<b>Ecosistema</b>	Herbazal inundable montano alto y montano alto superior de páramo			
<b>Parroquia</b>	Achupallas		<b>Coletores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
<b>Comunidad</b>	Ozogoche Alto		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		
<b>Nombre del Río</b>	Ozogoche				<b>nublado</b>		
<b>Código del punto</b>	Macro 1-O				x		
<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>DATOS DE CAUDAL</b>				<b>DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO</b>
Se encuentra en la zona de Ozogoche Alto ubicado el río Ozogoche, dentro del parque Nacional Sangay, en este punto se desarrollan actividades turísticas. El terreno es de forraje nativo, es un área poco erosionada por actividades de pastoreo (alpacas). El curso de agua es somero en su mayoría, tiene márgenes estables y socavadas.			<b>Tipo de sustrato</b>	grava fina			
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>		sección velocidad
			<b>Profundidad (m)</b>	0,88	<b>Ancho (m)</b>		15
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,09			
<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>			<b>IMPACTOS (Afectación antropogénica)</b>			<b>FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO</b>	
Presencia de páramo herbáceo y mixto, además de bofedales (O. obtusangulus). La vegetación está predominada por gramíneas del género: Calamagrostis effusa y otras especies vegetativas como : Clinopodium nubigenum, Polytrichum formosum, Aulacomnium palustre y pajonales pluviestacionales,			<b>Tipo</b>	Actividades turísticas			
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>		<b>excretas</b>
							x
			<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>				
<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>	<b>Ecostriand</b>				
Regular	Bosque de ribera sin alteraciones	diversidad media	Regular				



## ANEXO M: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 2

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO										
<b>Monitoreado por</b>	Katty Duchicela		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 				
<b>Fecha</b>	7/11/2021		<b>Coordenadas</b>	2° 15'03.09" S						
<b>Hora de inicio</b>	15:32	<b>Hora fin</b>		14:30	78°36'03.98" O					
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3738 mmsm						
<b>Cantón</b>	Alausí		<b>Ecosistema</b>	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo						
<b>Parroquia</b>	Achupallas		<b>Colectores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles						
<b>Comunidad</b>	Ozogoche Alto		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>			
<b>Nombre del Río</b>	Ozogoche			x						
<b>Código del punto</b>	Macro 2-O									
<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>DATOS DE CAUDAL</b>			<b>DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO</b>				
Se encuentra ubicado en el río Ozogoche, Ozogoche Alto y zona de amortiguamiento del parque nacional Sangay, en este punto se desarrollan actividades domésticas y de ganadería por la presencia de la comunidad de Ozogoche Alto, por lo que se evidencia una notable intervención antropogénica y <b>cambio de uso de suelo</b> . El curso de agua tiene márgenes moderadamente inestables y socavadas en algunas partes, y en cuanto a su morfología pertenece a rápidos de poca altura			<b>Tipo de sustrato</b>	grava gruesa						
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>		sección velocidad			
			<b>Profundidad (m)</b>	0,88	<b>Ancho (m)</b>		15			
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,154						
<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>			<b>IMPACTOS (Afectación antropogénica)</b>			<b>FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO</b>				
El forraje del terreno es de pasturas firmes, sin embargo se evidencia muy poca presencia de pino ( <i>Pinus radiata</i> ) y de páramo herbáceo (género <i>Calamagrostis effusa</i> ). En la orilla del río se encuentra la especie cortadeira nítida ( <i>sigse</i> ),			<b>Tipo</b>	Actividades ganaderas						
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>		<b>excretas</b>			
							x			
			<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>				<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>	<b>Ecostrand</b>
							bueno	Inicio de alteración	diversidad media	Regular


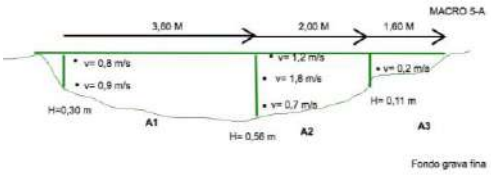

ANEXO N: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 3

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
Monitoreado por	Ivonne Rivera		Sistema	Geográfico		FOTOGRAFÍA DEL PUNTO	
Fecha	7/11/2021		Coordenadas	2°13'25.73" S			
Hora de inicio	16:10	Hora fin		17:00	78°36'54.37" O		
Provincia	Chimborazo		Altitud (m)	3653 mmsm			
Cantón	Alausí		Ecosistema	Herbazal inundable montano alto y montano alto superior de páramo			
Parroquia	Achupallas		Colectores	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
Comunidad	Ozogoche Bajo		Condición climática	lluvia	soleado		nublado
Nombre del Río	Ozogoche						x
Código del punto	Macro 3-O						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
<p>Se encuentra ubicado en el río Ozogoche, zona de Ozogoche Bajo cerca de la zona de amortiguamiento del parque Nacional Sangay, en este punto se desarrollan actividades ganaderas intensivas. El curso de agua es rápido en mayoría, tiene cantos rodados con márgenes moderadamente inestables. El terreno presenta un notable cambio de uso de suelo ya que su forraje es totalmente de pastizal y existen zonas con presencia de quema de pajonal, es un área con suelos altamente erosionados por actividades de pastoreo (caballos, vacas, ovejas, etc.).</p>			Tipo de sustrato	fondo de roca			
			Equipo	velocímetro	Método		sección velocidad
			Profundidad (m)	1	Ancho (m)		10
			Caudal (m3/s)	0,2199			
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO	
<p>La vegetación ribereña corresponde a una zona de páramo degradado con hierbas cortas y pisoteadas por ganadería.</p>			Tipo	Actividades ganaderas			
			Residuos dentro del cauce	escombros	basura		excretas
							x
			INDICES ECOLÓGICOS				
			ABI	QBR-And	IHF		Ecostrand
Regular	Alteración fuerte, mala calidad	alta diversidad de hábitats	Pésimo				


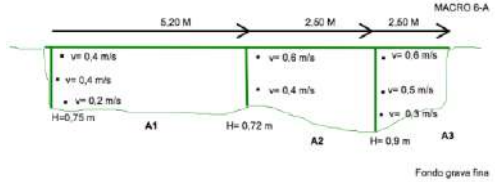

**ANEXO O: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 4**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
<b>Monitoreado por</b>	Katty Duchicela		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
<b>Fecha</b>	7/11/2021		<b>Coordenadas</b>	2°11'45.00"S			
<b>Hora de inicio</b>	17:20	<b>Hora fin</b>		18:10	78°37'4.21"O		
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3552 mmsm			
<b>Cantón</b>	Alausí		<b>Ecosistema</b>	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo			
<b>Parroquia</b>	Achupallas		<b>Colectores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
<b>Comunidad</b>	Ozogoche Bajo		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>
<b>Nombre del Río</b>	Ozogoche						x
<b>Código del punto</b>	Macro 4-O						
<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>DATOS DE CAUDAL</b>			<b>DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO</b>	
Se encuentra ubicado en el río Ozogoche, zona de Ozogoche Bajo, en este punto se encuentra la comunidad que lleva el mismo nombre, por lo que se desarrollan actividades tipo:domésticas, agrícolas y ganaderas , es un área erosionada en donde se puede observar en las orillas del río contacto directo por el ganado, así como influencia en este de basuras y lavandería. El curso de agua es remanso, tiene márgenes socavados con una constancia de flujo laminar.			<b>Tipo de sustrato</b>	arenoso			
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>	sección velocidad	
			<b>Profundidad (m)</b>	1	<b>Ancho (m)</b>	12	
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,0532			
<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>			<b>IMPACTOS (Afectación antropogénica)</b>			<b>FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO</b>	
El forraje del terreno es de pasturas firmes, en la orilla del río se encuentra la especie cortadeira nitida (sigse).			<b>Tipo</b>	Actividades ganaderas			
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>	<b>excretas</b>	
						x	
			<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>				
			<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>	<b>Ecostriand</b>	
Regular	Degradación extrema, calidad pésima	diversidad media	Pésimo				
							

**ANEXO P: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 5**



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
<b>Monitoreado por</b>	Ivonne Rivera		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
<b>Fecha</b>	6/11/2021		<b>Coordenadas</b>	2°11'30.40"S			
<b>Hora de inicio</b>	10:20	<b>Hora fin</b>		11:40	78°32'20.21"O		
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3442 mnsnm			
<b>Cantón</b>	Guamote		<b>Ecosistema</b>	Herbazal inundable montano alto y montano alto superior de páramo			
<b>Parroquia</b>	Cebadas		<b>Colectores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
<b>Comunidad</b>	Azamaná		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>
<b>Nombre del Río</b>	Atillo				x		
<b>Código del punto</b>	Macro 5-A						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
Se encuentra ubicado en el río Atillo, en la zona de Azamaná cerca a los límites del Parque nacional Sangay, en este punto se desarrollan actividades turísticas y ganaderas. El curso de agua presenta rápidos de poca altura en su mayoría y ciertas zonas con lénticos, tiene márgenes moderadamente inestables y socavadas con presencia de cantos rodados. El terreno no presenta cambio de uso de suelo ya que su forraje es totalmente de natural, es un área con suelos en procesos de erosión por actividades de pastoreo (ganado).			<b>Tipo de sustrato</b>	grava fina			
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>		sección velocidad
			<b>Profundidad (m)</b>	0,56	<b>Ancho (m)</b>		7,2
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,039			
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO	
Presencia de páramo herbáceo y mixto, además de bofedales (O. obtusangulus). La vegetación está predominada por gramíneas del género: Calamagrostis effusa y otras especies vegetativas como : Clinopodium nubigenum, Polytrichum formosum, Aulacomnium palustre y pajonales pluviestacionales,			<b>Tipo</b>	Actividades ganaderas			
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>		<b>excretas</b>
							x
			<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>				
			<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>		<b>Ecostrand</b>
Regular	Bosque de ribera sin alteraciones	Diversidad media	Regular				

ANEXO Q: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 6



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
Monitoreado por	Katty Duchicela		Sistema	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
Fecha	6/11/2021		Coordenadas	2°10'42.03"S			
Hora de inicio	13:27	Hora fin	14:30	Coordenadas	78°32'57.62"O		
Provincia	Chimborazo		Altitud (m)	3433 mnsnm			
Cantón	Guamote		Ecosistema	Herbazal inundable montano alto y montano alto superior de páramo			
Parroquia	Cebadas		Colectores	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
Comunidad	Azamaná		Condición climática	lluvia	soleado		nublado
Nombre del Río	Atillo				x		
Código del punto	Macro 6-A						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
Se encuentra ubicado en la zona de Atillo, en este punto se desarrollan actividades turísticas, es un área poco erosionada por actividades ganaderas, por ello <b>no se presenta un cambio de uso de suelo evidente</b> . El curso de agua es remanso con ciertas zonas de rápidos de poca altura, tiene márgenes moderadamente inestables y socavados.			Tipo de sustrato	grava fina			
			Equipo	velocímetro	Método	sección velocidad	
			Profundidad (m)	0,9	Ancho (m)	10,2	
			Caudal (m3/s)	0,07797			
							
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO	
Presencia de páramo herbáceo y mixto, además de bofedales (O. obtusangulus). La vegetación está predominada por gramíneas del género: Calamagrostis effusa y otras especies vegetativas como : Clinopodium nubigenum, Polytrichum formosum, Aulacomnium palustre y pajonales pluviestacionales,			Tipo	Actividades ganaderas			
			Residuos dentro del cauce	escombros	basura	excretas	
						x	
						INDICES ECOLÓGICOS	
ABI	QBR-And	IHF	Ecostrand				
Bueno	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	diversidad media	Malo				
							




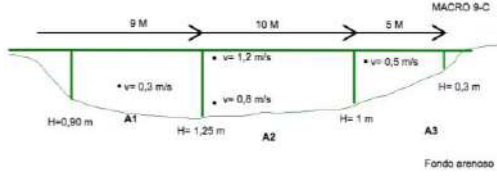

**ANEXO R: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 7**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
<b>Monitoreado por</b>	Ivonne Rivera		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 		
<b>Fecha</b>	7/11/2021		<b>Coordenadas</b>	2° 9'14.93"S				
<b>Hora de inicio</b>	12:00	<b>Hora fin</b>		13:10				
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3422 mmsm				
<b>Cantón</b>	Guamote		<b>Ecosistema</b>	Herbazal inundable montano alto y montano alto superior de páramo				
<b>Parroquia</b>	Cebadas		<b>Coletores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles				
<b>Comunidad</b>	Asomaná		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>	
<b>Nombre del Río</b>	Atillo				x			
<b>Código del punto</b>	Macro 7-A							
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
Se encuentra ubicado en el río Atillo, en la zona de Asomaná cerca a los límites del Parque Nacional Sangay en la comunidad de Atillo, en este punto se desarrollan actividades turísticas, ganaderas y presencia de poblados rurales. La morfología del curso de agua es similar a un remanso con zonas profundas, tiene márgenes moderadamente inestables y socavadas con presencia de cantos rodados. El terreno presenta un cambio de uso de suelo notable, existen zonas sin cobertura vegetal cercanas al lecho del río.			<b>Tipo de sustrato</b>	grava fina				
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>	sección velocidad		
			<b>Profundidad (m)</b>	1,2	<b>Ancho (m)</b>	10,7		
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,0453				
<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>			<b>IMPACTOS (Afectación antropogénica)</b>			<b>FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO</b> 		
			<b>Tipo</b>	Actividades ganaderas				
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>		<b>excretas</b>	
					x		x	
La vegetación de ribera corresponde a una zona de páramo degradado de pastizales cortos y pisoteados por ganado. El lecho del río y sus márgenes son de cangahua.			<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>					
			<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>	<b>Ecostrand</b>		
			Bueno	Alteración fuerte, mala calidad	Baja diversidad de hábitats	Malo		


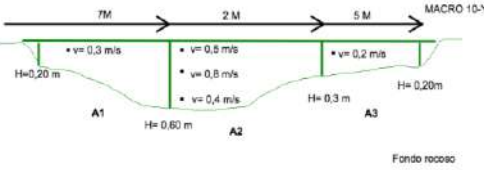

**ANEXO S: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 8**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
Monitoreado por	Katty Duchicela		Sistema	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
Fecha	6/11/2021		Coordenadas	2° 6'56.89"S			
Hora de inicio	13:27	Hora fin		14:30	78°35'8.04"O		
Provincia	Chimborazo		Altitud (m)	3331 mnsnm			
Cantón	Guamote		Ecosistema	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo			
Parroquia	Cebadas		Colectores	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
Comunidad	Asomaná		Condición climática	lluvia	soleado		nublado
Nombre del Río	Cebadas				x		
Código del punto	Macro 8-AO						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
<p>Está en la zona de Atillo, es la unión de los ríos Atillo y Ozogoché, este punto es de paso, sin embargo cerca se desarrollan actividades de pastoreo, por lo que es un área erosionada. <b>Se presenta un cambio de uso de suelo</b> y el curso de agua es rápido en su mayoría con rápidos de poca altura, tiene márgenes moderadamente inestables.</p>			Tipo de sustrato	ROCOSO			
			Equipo	velocímetro	Método	sección velocidad	
			Profundidad (m)	1,7	Ancho (m)	15	
			Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,156			
<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>			<b>IMPACTOS (Afectación antropogénica)</b>			<b>FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO</b> 	
<p>No se evidencia zona boscosa, sin embargo, existe presencia de páramo herbáceo y pajonal. La vegetación está predominada por gramíneas del género Calamagrostis effusa y por pajonales pluviestacionales.</p>			Tipo	Actividades ganaderas			
			Residuos dentro del cauce	escombros	basura	excretas	
						x	
			<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>			ABI	QBR-And
			Bueno	Bosque de ribera sin alteraciones	diversidad media	Bueno	


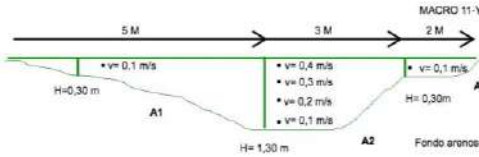

**ANEXO T: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 9**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
<b>Monitoreado por</b>	Ivonne Rivera		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 		
<b>Fecha</b>	6/11/2021		<b>Coordenadas</b>	2° 5'25.92"S				
<b>Hora de inicio</b>	15:00	<b>Hora fin</b>		16:00			78°35'44.19"O	
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3256 mnsn				
<b>Cantón</b>	Guamote		<b>Ecosistema</b>	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo				
<b>Parroquia</b>	Cebadas		<b>Colectores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles				
<b>Comunidad</b>	Yasepán		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>	
<b>Nombre del Río</b>	Cebadas				x			
<b>Código del punto</b>	Macro 9-C							
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL				DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
Se encuentra ubicado en el río Cebadas, en la zona de Yasepán a un lado de la carretera Riobamba-Macas, en este punto se desarrollan actividades turísticas y ganaderas. La morfología del curso de agua presenta rápidos de poca altura y márgenes estables con zonas de cantos rodados. Presenta un cambio de uso de suelo notable			<b>Tipo de sustrato</b>	arenoso				
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>	sección velocidad		
			<b>Profundidad (m)</b>	1,25	<b>Ancho (m)</b>	24		
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,4733				
			 <p>MACRO 9-C 9 M      10 M      5 M v=0,3 m/s      v=1,2 m/s      v=0,5 m/s H=0,90 m      H=1,25 m      H=1 m      H=0,3 m Fondo arenoso</p>					
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO		
La vegetación de ribera corresponde a una zona de páramo degradado de pastizales cortos y pisoteados por ganado. A un lado del río no existe vegetación, mientras que su otro bordeillo presenta plantaciones forestales de especies vegetativas introducidas como lo son Eucaliptus spp.			<b>Tipo</b>	Actividades ganaderas y turísticas				
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>	<b>excretas</b>		
					x	x		
			<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>					
			<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>	<b>Ecostrand</b>		
Bueno	Alteración fuerte, mala calidad	diversidad media	Malo					
								


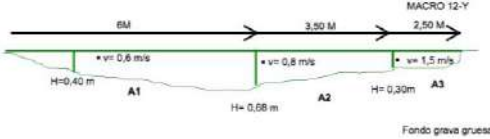

ANEXO U: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 10

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
Monitoreado por	Ivonne Rivera		Sistema	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
Fecha	28/11/2021		Coordenadas	2° 5'36.69"S			
Hora de inicio	16:27	Hora fin		16:50	78°35'45.30"O		
Provincia	Chimborazo		Altitud (m)	3251 mmsm			
Cantón	Guamote		Ecosistema	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo			
Parroquia	Cebadas		Colectores	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
Comunidad	Yasepán		Condición climática	lluvia	soleado		nublado
Nombre del Río	Yasipan						x
Código del punto	Macro 10-Y						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
<p>Está en la zona baja de Yasepán, en el río Yasepán justo antes de la unión con el río Cebadas, este punto se encuentra en un área erosionada con el ecosistema fuertemente intervenido, en las orillas que están conformadas por roca, se realizan actividades de pastoreo, por lo que <b>Se presenta un cambio de uso de suelo</b>. El curso de agua es rápido en su mayoría con rápidos de poca altura.</p>			Tipo de sustrato	rocoso			
			Equipo	velocímetro	Método		sección velocidad
			Profundidad (m)	0,6	Ancho (m)		14
			Caudal (m3/s)	0,04			
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO	
<p>No existe gran presencia de cobertura vegetal de ribera además de sigse ( cortadeira nitida ) y algunas especies como Calamagrostis effusa presentes en la parte del río que no pertenece a la llanura aluvial.</p>			Tipo	Actividades ganaderas			
			Residuos dentro del cauce	escombros	basura		excretas
			INDICES ECOLÓGICOS				
			ABI	QBR-And	IHF		Ecos triand
Regular	Bosque de ribera sin alteraciones	Baja diversidad de hábitats	Regular				


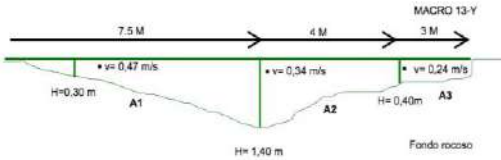

**ANEXO V: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 11**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
<b>Monitoreado por</b>	Ivonne Rivera		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
<b>Fecha</b>	6/11/2021		<b>Coordenadas</b>	2° 5'44.85"S			
<b>Hora de inicio</b>	17:15	<b>Hora fin</b>		17:45	78° 33'22.36"O		
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3363 mmsm			
<b>Cantón</b>	Guamote		<b>Ecosistema</b>	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo			
<b>Parroquia</b>	Cebadas		<b>Colectores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
<b>Comunidad</b>	Yasepán			<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>
<b>Nombre del Río</b>	Yasepán						x
<b>Código del punto</b>	Macro 11-C						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
Se encuentra ubicado dentro la cooperativa Ichumbamba-Yasepán, en este punto se desarrollan actividades ganaderas y agrícolas, se considera como un área poco erosionada, sin embargo, existe indicios de actividades ganaderas en las llanuras del río. El curso de agua tiene rápidos de grandes profundidades, posee márgenes moderadamente inestables y socavados. Presenta un cambio de uso de suelo evidente en las zonas altas junto al camino.			<b>Tipo de sustrato</b>	grava fina			
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>		sección velocidad
			<b>Profundidad (m)</b>	1,3	<b>Ancho (m)</b>		10
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,0309			
			<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>	<b>IMPACTOS (Afectación antropogénica)</b>			<b>FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO</b>
Presencia de zonas boscosas de la especie introducida Pinus radiata, además, se observó vegetación de páramo herbáceo y arbustivo. Donde predominan las gramíneas del género Calamagrostis effusa (pajonales pluviestacionales). A los lados del camino se evidencian pasturas firmes.	<b>Tipo</b>	Actividades ganaderas					
	<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>	<b>excretas</b>			
				x			
	<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>						
	<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>	<b>Ecostrand</b>			
Bueno	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	diversidad media	Bueno				


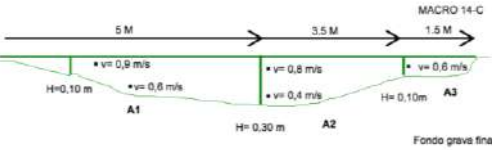

**ANEXO W: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 12**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
Monitoreado por	Katty Duchicela		Sistema	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
Fecha	7/11/2021		Coordenadas	2°15'24.76" S			
Hora de inicio	11:12	Hora fin		11:30	78°35'01.53" O		
Provincia	Chimborazo		Altitud (m)	3755 mnsn			
Cantón	Guamote		Ecosistema	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo			
Parroquia	Cebadas		Colectores	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
Comunidad	Yasepán		Condición climática	lluvia	soleado		nublado
Nombre del Río	Yasepán					x	
Código del punto	Macro 12-C						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
Se encuentra ubicada en la cooperativa Ichubamba Yasepán, en el río Yasepán, este punto es intervenido en la llanura aluvial por lo que se presenta un cambio de uso de suelo. El curso de agua es rápido en su mayoría con rápidos de poca altura.			Tipo de sustrato	grava gruesa			
			Equipo	velocímetro	Método	sección velocidad	
			Profundidad (m)	0,68	Ancho (m)	12	
			Caudal (m3/s)	0,1085			
							
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO	
No se evidencia zona boscosa, sin embargo, existe presencia de páramo herbáceo, el forraje del suelo es de tipo pasturas firmes y no hay especie predominante notoriamente.			Tipo	Actividades turísticas			
			Residuos dentro del cauce	escombros	basura	excretas	
						x	
						INDICES ECOLÓGICOS	
ABI	QBR-And	IHF	Ecostrand				
Regular	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	diversidad media	Regular				
							

**ANEXO X: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 13**


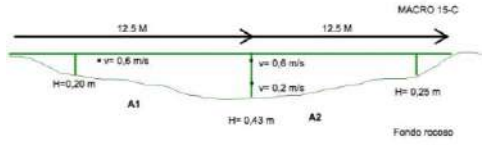

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
<b>Monitoreado por</b>	Ivonne Rivera		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
<b>Fecha</b>	9/10/2021		<b>Coordenadas</b>	2° 4'17.33"S			
<b>Hora de inicio</b>	11:30	<b>Hora fin</b>		12:30	78°28'28.12"O		
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3532 mmsm			
<b>Cantón</b>	Guamote		<b>Ecosistema</b>	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo			
<b>Parroquia</b>	Cebadas		<b>Coletores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
<b>Comunidad</b>	Ichubamba		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>
<b>Nombre del Río</b>	Yasepán				x		
<b>Código del punto</b>	Macro 13-C						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
Se encuentra en el río Yasepán. Este punto está ubicado dentro de la nueva Área protegida "Yasipan" la cual es considerada zona de conservación donde solo se desarrollan actividades turísticas, sin embargo, existe la presencia de ganado salvaje. La morfología del curso del agua tiene similitud al de una llanura, con márgenes moderadamente inestables. El punto de monitoreo no presenta un cambio de uso de suelo.			<b>Tipo de sustrato</b>	rocoso			
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>		sección velocidad
			<b>Profundidad (m)</b>	1,4	<b>Ancho (m)</b>		14,5
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,1091			
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO	
Presencia de páramo herbáceo y mixto, además de bofedales (O. obtusangulus). La vegetación está predominada por gramíneas del género: Calamagrostis effusa y otras especies vegetativas como : Clinopodium nubigenum, Polytrichum formosum, Aulacomnium palustre y pajonales pluviestacionales,			<b>Tipo</b>	Conservación			
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	escombros	basura		excretas
							x
			INDICES ECOLÓGICOS				
			<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>		<b>Ecostrand</b>
Bueno	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	diversidad media	Bueno				

**ANEXO Y: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 14**



FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
Monitoreado por	Katty Duchicela		Sistema	Geográfico		FOTOGRAFÍA DEL PUNTO	
Fecha	7/11/2021		Coordenadas	2° 4'40.54"S			
Hora de inicio	12:00	Hora fin		12:33	78°35'51.25"O		
Provincia	Chimborazo		Altitud (m)	3247 mnsn			
Cantón	Guamote		Ecosistema	Herbazal y arbustal montano alto y montano alto superior de páramo			
Parroquia	Cebadas		Coletores	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
Comunidad	El Tingo		Condición climática	lluvia	soleado	nublado	
Nombre del Río	Cebadas					x	
Código del punto	Macro 14-C						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
<p>Se encuentra ubicado en la zona de Cebadas, en el río Tingo. Este punto es de paso y está al margen de la carretera, su estado de conservación es aceptable, sin embargo existe una pequeña zona poco erosionada por actividades de pastoreo, por lo que presenta cambio de uso de suelo. El curso de agua es curso de llanura en su mayoría, con partes de rápidos de poca altura.</p>			Tipo de sustrato	grava fina			
			Equipo	velocímetro	Método		sección velocidad
			Profundidad (m)	0,3	Ancho (m)		10
			Caudal (m3/s)	0,02916			
			VEGETACIÓN DE RIBERA	IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO
<p>El terreno es de forraje nativo, se evidencia presencia de páramo herbáceo y arbustivo así como algunas zonas con pastizal y herbazal.</p>	Tipo	Actividades ganaderas					
	Residuos dentro del cauce	escombros	basura	excretas			
				x			
	INDICES ECOLÓGICOS						
	ABI	QBR-And	IHF	Ecostrand			
Muy bueno	Alteración fuerte, mala calidad	diversidad media	Bueno				





**ANEXO Z: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 15**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
<b>Monitoreado por</b>	Ivonne Rivera		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
<b>Fecha</b>	7/11/2021		<b>Coordenadas</b>	2° 3'27.24"S			
<b>Hora de inicio</b>	12:55	<b>Hora fin</b>		13:28	78°37'2.33"O		
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3190 mnsn			
<b>Cantón</b>	Guamote		<b>Ecosistema</b>	Herbazal bambusoide montano alto y montano alto superior de páramo			
<b>Parroquia</b>	Cebadas		<b>Colectores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
<b>Comunidad</b>	El Tingo		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>
<b>Nombre del Río</b>	Cebadas					x	
<b>Código del punto</b>	Macro 15-C						
<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>DATOS DE CAUDAL</b>			<b>DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO</b> 	
Se encuentra ubicado en la zona del Tingo, en el río Cebadas. Existen partes del terreno erosionadas por la presencia de cultivos y actividades ganaderas intensivas, lo que representa un cambio de uso de suelo notable. El curso de agua cuenta con rápidos de altas y leves profundidades, sus márgenes son moderadamente inestables con cantos rodados en el centro.			<b>Tipo de sustrato</b>	rocoso			
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>		sección velocidad
			<b>Profundidad (m)</b>	0,43	<b>Ancho (m)</b>		25
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,10156			
<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>			<b>IMPACTOS (Afectación antropogénica)</b>			<b>FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO</b> 	
No se evidencia zona boscosa, sin embargo, existe presencia de páramo herbáceo y arbustivo, además de bofedales. La vegetación está predominada por gramíneas del género Calamagrostis effusa y en los pajonales pluviestacionales.			<b>Tipo</b>	Actividades ganaderas y agropecuarias			
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>		<b>excretas</b>
							x
							<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>
<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>	<b>Ecostrand</b>				
Regular	Alteración fuerte, mala calidad	Baja diversidad de hábitats	Pésimo				



**ANEXO AA: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 16**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
<b>Monitoreado por</b>	Katty Duchicela		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
<b>Fecha</b>	28/10/2021		<b>Coordenadas</b>	1°59'25.35"S			
<b>Hora de inicio</b>	13:49	<b>Hora fin</b>		14:20	78°37'45.72"O		
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3068 mmsm			
<b>Cantón</b>	Guamote		<b>Ecosistema</b>	Herbazal bambusoide montano alto y montano alto superior de páramo			
<b>Parroquia</b>	Cebadas		<b>Colectores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
<b>Comunidad</b>	El Tingo		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>
<b>Nombre del Río</b>	Cebadas				x		
<b>Código del punto</b>	Macro 16-C						
<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>DATOS DE CAUDAL</b>			<b>DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO</b>	
Se encuentra ubicado en la zona del Tingo, en el río Cebadas. Existen partes del terreno erosionadas por la presencia de cultivos y actividades ganaderas intensivas, lo que representa un cambio de uso de suelo notable. El curso de agua cuenta con rápidos de altas y leves profundidades, sus márgenes son moderadamente inestables con cantos rodados			<b>Tipo de sustrato</b>	fondo rocoso			
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>	sección velocidad	
			<b>Profundidad (m)</b>	1	<b>Ancho (m)</b>	28,5	
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,40044			
<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>			<b>IMPACTOS (Afectación antropogénica)</b>			<b>FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO</b>	
			<b>Tipo</b>	Actividades ganaderas			
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>	<b>excretas</b>	
						x	
En las zonas cercanas cuenta con una franja de plantaciones forestales correspondientes pino (Pinus radata) sin embargo, en la llanura aluvial existe forraje de pasturas firmes y pastizal con pequeñas zonas de páramo herbáceo.			<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>				
			<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>	<b>Ecostrand</b>	
			Regular	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	diversidad media	Regular	


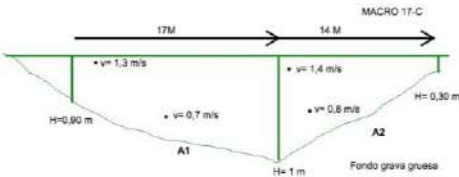

**ANEXO BB: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 17**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
<b>Monitoreado por</b>	Katty Duchicela		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
<b>Fecha</b>	28/10/2021		<b>Coordenadas</b>	1°54'17.55"S			
<b>Hora de inicio</b>	14:55	<b>Hora fin</b>		15:30	78°38'41.80"O		
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	2897 mnsnm			
<b>Cantón</b>	Alausí		<b>Ecosistema</b>	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo			
<b>Parroquia</b>	Achupallas		<b>Colectores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
<b>Comunidad</b>	Cebadas		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>
<b>Nombre del Río</b>	Cebadas					x	
<b>Código del punto</b>	Macro 17-C						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
El punto de monitoreo se ubicada en el centro poblado de Cebadas, junto a la PTAR de Cebadas , es una zona totalmente erosionada con un ecosistema fragmentado por las actividades: urbanas, ganaderas y agrícolas, que se realizan de forma intensiva. El curso de agua tiene márgenes altamente inestables, la morfología del agua presenta rápidos de leves y profundas alturas con cantos rodados.			<b>Tipo de sustrato</b>	grava gruesa			
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>	sección velocidad	
			<b>Profundidad (m)</b>	1	<b>Ancho (m)</b>	31	
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,74248			
<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>			<b>IMPACTOS (Afectación antropogénica)</b>			<b>FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO</b>	
Existen pequeñas zonas boscosas de la especie Eucalyptus globulus. La vegetación está predominada por forrajes de pasturas firmes y pequeños arbustos con presencia de cangahuas.			<b>Tipo</b>	Actividades urbanas, agropecuarias, ganaderas y efluentes de PTAR			
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>	<b>excretas</b>	
				x	x	x	
			<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>				
<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>	<b>Ecostrand</b>				
Regular	Alteración fuerte	Baja diversidad de hábitats	Pésimo				
							


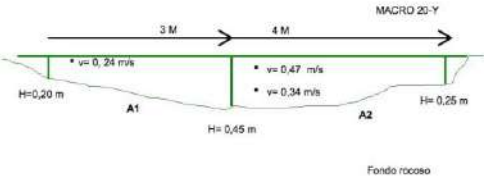

ANEXO CC: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 18

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
Monitoreado por	Katty Duchicela		Sistema	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 		
Fecha	28/10/2021		Coordenadas	1°52'37.62"S				
Hora de inicio	15:57	Hora fin		16:10	78°37'52.64"O			
Provincia	Chimborazo		Altitud (m)	2863 mnsnm				
Cantón	Alausí		Ecosistema	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo				
Parroquia	Achupallas		Colectores	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles				
Comunidad	Cebadas		Condición climática	lluvia	soleado		nublado	
Nombre del Río	Cebadas				x			
Código del punto	Macro 18-C							
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
Se encuentra ubicado en Cebadas, el punto es en la unión del río Cebadas y el Giúamote, es una zona totalmente erosionada con un ecosistema modificado de forma antropogénica por alta presencia de frontera agrícola, actividades de pastoreo, aguas negras de zonas pobladas y basura, <b>presenta cambio de uso de suelo</b> . El curso de agua tiene márgenes moderadamente inestables, en la morfología de agua presenta rápidos con partes de rápidos de poca altura.			Tipo de sustrato	arenoso				
			Equipo	velocímetro	Método	sección velocidad		
			Profundidad (m)	1,4	Ancho (m)	32		
			Caudal (m3/s)	0,8952				
<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>  No se evidencia zona boscosa, pero existen pequeñas plantaciones de pino. Predominada es el forraje de pasturas firmes y pequeños arbustos.			<b>IMPACTOS (Afectación antropogénica)</b>			<b>FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO</b> 		
			Tipo	Actividades urbanas, agropecuarias y ganaderas				
			Residuos dentro del cauce	escombros	basura		excretas	
					x		x	
			<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>					
ABI	QBR-And	IHF	Ecostriand					
Malo	Degradación extrema	Baja diversidad de hábitats	Pésimo					

**ANEXO DD: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 19**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO							
<b>Monitoreado por</b>	Ivonne Rivera		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 	
<b>Fecha</b>	28/10/2021		<b>Coordenadas</b>	2°10'23.18"S			
<b>Hora de inicio</b>	9:27	<b>Hora fin</b>		10:05	78°36'16.14"O		
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3491 mmsm			
<b>Cantón</b>	Guamote		<b>Ecosistema</b>	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo			
<b>Parroquia</b>	Cebadas		<b>Coletores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles			
<b>Comunidad</b>	Puca Totoras		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>
<b>Nombre del Río</b>	Ozogoche					x	
<b>Código del punto</b>	Macro 19-O						
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO	
Se encuentra ubicado en el río Ozogoche, en la comunidad de Puca Totoras, se desarrollan actividades agrícolas y ganaderas, es un área altamente erosionada en las llanuras del río donde se puede observar sobrepastoreo. Presenta un cambio de uso de suelo evidente. El curso de agua posee rápidos de pocas profundidades con márgenes socavados.			<b>Tipo de sustrato</b>	grava fina			
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>		sección velocidad
			<b>Profundidad (m)</b>	0,88	<b>Ancho (m)</b>		15
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,11756			
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO	
La vegetación de ribera corresponde a una zona de páramo degradado de pastizales cortos y pisoteados por ganado.			<b>Tipo</b>	Actividades ganaderas			
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>		<b>excretas</b>
							x
			INDICES ECOLÓGICOS				
			<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>		<b>Ecostrand</b>
Bueno	Degradación extrema, calidad pésima	diversidad media	Regular				

**ANEXO EE: FICHA DE DESCRIPCIÓN POR PUNTOS-MACRO 20**

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
<b>Monitoreado por</b>	Katty Duchicela		<b>Sistema</b>	Geográfico		<b>FOTOGRAFÍA DEL PUNTO</b> 		
<b>Fecha</b>	9/10/2021		<b>Coordenadas</b>	2° 2'26.80"S				
<b>Hora de inicio</b>	13:27	<b>Hora fin</b>		14:42	78°28'46.81"O			
<b>Provincia</b>	Chimborazo		<b>Altitud (m)</b>	3654 mnsn				
<b>Cantón</b>	Guamote		<b>Ecosistema</b>	Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo				
<b>Parroquia</b>	Cebadas		<b>Colectores</b>	red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles				
<b>Comunidad</b>	Ichubamba		<b>Condición climática</b>	<b>lluvia</b>	<b>soleado</b>		<b>nublado</b>	
<b>Nombre del Río</b>	Yasepán						x	
<b>Código del punto</b>	Macro 20-Y							
<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>DATOS DE CAUDAL</b>			<b>DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO</b>		
Se encuentra en el río Yasepán. Este punto está ubicado dentro de la nueva Área protegida "Yasipan" la cual es considerada zona de conservación donde solo se desarrollan actividades turísticas, sin embargo, existe la presencia de ganado bravo. La morfología del curso del agua tiene similitud al de una llanura, con margenes moderadamente inestables. El punto de monitoreo no presenta un cambio de uso de suelo.			<b>Tipo de sustrato</b>	grava fina				
			<b>Equipo</b>	velocímetro	<b>Método</b>	sección velocidad		
			<b>Profundidad (m)</b>	0,88	<b>Ancho (m)</b>	15		
			<b>Caudal (m3/s)</b>	0,020025				
								
<b>VEGETACIÓN DE RIBERA</b>			<b>IMPACTOS (Afectación antropogénica)</b>			<b>FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO</b>		
Presencia de páramo herbáceo y mixto, además de bofedales (O. obtusangulus). La vegetación está predominada por gramíneas del género: Calamagrostis effusa y otras especies vegetativas como : Clinopodium nubigenum, Polytrichum formosum, Aulacomnium palustre y pajonales pluviestacionales,			<b>Tipo</b>	Conservación				
			<b>Residuos dentro del cauce</b>	<b>escombros</b>	<b>basura</b>	<b>excretas</b>		
						x		
			<b>INDICES ECOLÓGICOS</b>					
			<b>ABI</b>	<b>QBR-And</b>	<b>IHF</b>	<b>Ecostriand</b>		
Regular	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	diversidad media	Regular					
								



*ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*

*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: 04 / 02 / 2022*

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Katty Lucia Duchicela Moreira</i>  <i>Ivonne Noemi Rivera Manosalvas</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería Ambiental</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniera Ambiental</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>



*0203-DBRA-UTP-2022*